

CLIMATE CHANGE

23/2016

# Berichterstattung unter der Klimarahmen- konvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016

Nationaler Inventarbericht zum Deutschen  
Treibhausgasinventar 1990 - 2014



CLIMATE CHANGE 23/2016

**Berichterstattung unter der  
Klimarahmenkonvention der Vereinten  
Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2016**

**Nationaler Inventarbericht zu Deutschen  
Treibhausgasinventar 1990 - 2014**

Umweltbundesamt

## Impressum

### Herausgeber:

Umweltbundesamt

Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau-Roßlau

Tel: +49 340-2103-0

Fax: +49 340-2103-2285

info@umweltbundesamt.de

Internet: www.umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt.de

 /umweltbundesamt

### Redaktion:

Fachgebiet I 2.6 Emissionssituation

Patrick Gniffke

Publikationen als pdf:

<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/berichterstattung-unter-der-klimarahmenkonvention-1>

ISSN 1862-4359

Dessau-Roßlau, Mai 2016

According to Decision 13/CP.20 of the Conference of the Parties to the UNFCCC, the CRF Reporter version 5.0.0 was not functioning in order to enable Annex I Parties to submit their CRF tables. In the same Decision, the Conference of the Parties reiterated that Annex I Parties may submit their CRF tables after April 15 2015, but no longer than the corresponding delay in the CRF Reporter availability.

Decisions 20/CP.21 and 10/CMP.11 further noted that the CRF reporter was still not functioning.

"Functioning" software means that the data on the greenhouse emissions/removals are reported accurately both in terms of reporting format tables and XML format. The CRF reporter version 5.12.0, released on 27th November 2015, as well as its subsequent hotfixes, still contain issues in the reporting format tables and XML formats, in particular in relation to Kyoto Protocol requirements, and cannot therefore be considered yet as functioning to allow submission of all the information required under Kyoto Protocol.

Recalling the invitation of the Conference of Parties for Parties to submit as soon as practically possible, and considering that CRF reporter 5.12.5 allows sufficiently accurate reporting under the UNFCCC Convention, the present report is the official submission of Germany for the year 2016 under the UNFCCC.

The present report is not an official submission under the Kyoto Protocol, even though some of the information included may relate to the requirements under the Kyoto Protocol.

**Kontakt**

Dieser Bericht entstand im Rahmen der Arbeiten der Nationalen Koordinierungsstelle für das *Nationale System Emissionsinventare* (NaSE) am Umweltbundesamt (UBA). Die Beiträge zu den Kapiteln Landwirtschaft bzw. Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft wurden vom Thünen-Institut (TI) erarbeitet.

Die elektronische Fassung dieses Berichts sowie die entsprechenden zugehörigen Emissionsdaten im Common Reporting Format (CRF) (Version 1.0 auf Basis der Datenbank ZSE mit Stand Trendtabellen vom 25.11.2015) sind nach Abschluss auf der Internetseite des Umweltbundesamtes bereitgestellt:

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>

**Autoren**

**Federführung Gesamtbericht:** Michael Strogies, Patrick Gniffke (UBA I 2.6)

**Für die einzelnen Kapitel:**Teil I: Jährliche Inventarlieferung:

Kapitel 1.1	Dirk Günther (UBA I 2.6)
Kapitel 1.2.1s	Dirk Günther (UBA I 2.6)
Kapitel 1.2.1.6, 1.2.2, 1.3.2, 1.3.3, 1.6tw	Stephan Schiller (UBA I 2.6)
Kapitel 1.3.3.1.7, 1.6.2tw	Robert Kludt (UBA I 2.6)
Kapitel 1.3.2.4, 1.5, 2, 3.2.1, 3.2.3-5, 3.2.13	Michael Strogies (UBA I 2.6)
Kapitel 1.4	Dirk Günther (UBA I 2.6) und die Fachlichen Ansprechpartner (FAP)
Kapitel 1.7., 1.8	Detlef Rimkus (UBA I 2.6)
Kapitel 3.2	Petra Icha, Jens Langenfeld (UBA I 2.5), Marion Dreher (UBA I 2.5), Kristina Jührich (UBA I 2.6)
Kapitel 3.2.2.2	Sabine Gores (Öko-Institut Berlin), Michael Kotzulla (UBA I 2.6), Frank Wetzell (UBA I 3.2)
Kapitel 3.2.2.3	Katharina Koppe (UBA I 3.2), Michael Kotzulla (UBA I 2.6)
Kapitel 3.2.6 – 3.2.8, 3.2.9.11	Petra Icha, Jens Langenfeld (UBA I 2.5), Rolf Beckers (UBA III 2.1), Kristina Jührich (UBA I 2.6)
Kapitel 3.2.9.1	Petra Icha (UBA I 2.5), Sebastian Plickert (UBA III 2.2)
Kapitel 3.2.9.2 - 3.2.9.3, 3.2.9.5, 3.2.9.7 - 3.2.9.11	Petra Icha (UBA I 2.5)
Kapitel 3.2.9.4	Petra Icha (UBA I 2.5), Almut Reichart (UBA III 2.1)
Kapitel 3.2.10.1	Sabine Gores (Öko-Institut Berlin), Michael Kotzulla (UBA I 2.6), Frank Wetzell (UBA I 3.2)
Kapitel 3.2.10.2 - 3.2.10.4	Gunnar Gohlisch (UBA I 3.2), Nadja Richter (UBA I 3.1), Michael Kotzulla (UBA I 2.6)
Kapitel 3.2.10.5	Kristina Jührich (UBA I 2.6)
Kapitel 3.2.11 + 3.2.13	Anja Behnke, Anja Nowack (UBA III 2.1), Detlef Drosihn (UBA I 2.5)
Kapitel 3.2.12 + 3.2.14	Michael Kotzulla (UBA I 2.6)
Kapitel 3.3.1	Christian Böttcher (UBA I.2.6); Jürgen Ilse (Gesamtverband Steinkohle), Sebastian Plickert (UBA III 2.2)
Kapitel 3.3.2	Christian Böttcher (UBA I.2.6), Edda Hoffmann (UBA III 2.1), Karen Pannier (UBA III 2.1); Andreas Bertram (UBA I 2.3)
Kapitel 4.2.1 - 4.2.2	Maja Bernicke (UBA III 2.2)
Kapitel 4.2.3	Sandra Leuthold (UBA III 2.2)
Kapitel 4.2.4	Maja Bernicke (UBA III 2.2)
Kapitel 4.2.5	Robert Kludt (UBA I 2.6)
Kapitel 4.2.6	Robert Kludt (UBA I 2.6)
Kapitel 4.2.7	Robert Kludt (UBA I 2.6)
Kapitel 4.3.1 & 4.3.2	Birgit Brahner (UBA III 2.1)
Kapitel 4.3.3	Jens Reichel (UBA I 2.6)

Kapitel 4.3.4	Jens Reichel (UBA I 2.6)
Kapitel 4.3.5	
Kapitel 4.3.6 & 4.3.7	Birgit Brahner (UBA III 2.1)
Kapitel 4.3.8 & 4.3.10	Jens Reichel (UBA I 2.6)
Kapitel 4.3.9	
Kapitel 4.4.1	Sebastian Plickert (UBA III 2.2)
Kapitel 4.4.2	Christian Lehmann (UBA III 2.2)
Kapitel 4.4.3	Christian Lehmann (UBA III 2.2), Cornelia Elsner (UBA III 1.4)
Kapitel 4.4.4	Cornelia Elsner (UBA III 1.4), David Kuntze (UBA I 2.6)
Kapitel 4.5	Almut Reichart (UBA III 2.1)
Kapitel 4.5.1 & 4.5.2	Jens Reichel (UBA I 2.6)
Kapitel 4.5.3	Conrad Dorer (UBA III 1.4), David Kuntze (UBA I 2.6)
Kapitel 4.6	Cornelia Elsner (UBA III 1.4), David Kuntze (UBA I 2.6)
Kapitel 4.7	Kerstin Martens (UBA III 1.4), Cornelia Elsner (UBA III 1.4), David Kuntze (UBA I 2.6)
Kapitel 4.8.1, 4.8.2 & 4.8.4	Cornelia Elsner (UBA III 1.4), Kerstin Martens (UBA III 1.4), David Kuntze (UBA I 2.6)
Kapitel 4.8.5	Jens Reichel (UBA I 2.6)
Kapitel 4.9.3	Cornelia Elsner (UBA III 1.4), Kerstin Martens (UBA III 1.4), David Kuntze (UBA I 2.6)
Kapitel 5	Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI AK): Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann
Kapitel 6.1	Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI): Annette Freibauer, Andreas Gensior, Karsten Dunger, Wolfgang Stümer
Kapitel 6.2 bis 6.3	Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI): Annette Freibauer, Andreas Gensior, Andreas Laggner, Birgit Laggner, Thomas Riedel, Wolfgang Stümer, Johannes Brötz, Karsten Dunger
Kapitel 6.4	Johann Heinrich von Thünen-Institut für Waldökosysteme (TI-WO): Karsten Dunger, Wolfgang Stümer, Thomas Riedel, Johannes Brötz, Daniel Ziche, Erik Grüneberg, Nicole Wellbrock, Katja Oehmichen
Kapitel 6.5 bis 6.9 und 6.11	Johann Heinrich von Thünen-Institut für Agrarklimaschutz (TI-AK): Annette Freibauer, Andreas Gensior, Andreas Laggner
Kapitel 6.10	Johann Heinrich von Thünen-Institut für Holzforschung (TI-HF): Sebastian Rüter
Kapitel 7.2	Wolfgang Butz (UBA III 2.4)
Kapitel 7.3	Christine Winde, Dietmar Wunderlich (UBA III 2.5), Stephan Schiller (UBA I 2.6)
Kapitel 7.5	Tim Hermann, Wolfgang Butz (UBA III 2.4), Ulrich Gromke (UBA III 2.1)
Kapitel 9	Michael Strogies (UBA I 2.6)
Kapitel 10	Michael Kotzulla (UBA I 2.6)
<u>Teil II: Ergänzende Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert:</u>	
Kapitel 11	Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI): Wolfgang Stümer, Annette Freibauer, Sebastian Rüter, Karsten Dunger, Johanna Steuk, Johannes Brötz
Kapitel 11.7, 12, 14	Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt):
Kapitel 12.1	Dirk Günther (UBA I 2.6)
Kapitel 15	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), Referat KI 1.1

Anhänge:

Anhang 1	David Kuntze (UBA I 2.6)
Anhang 2	Marion Dreher (UBA I 2.6), Kristina Juhrich (UBA I 2.6)
Anhang 2, Kapitel 18.7	Kristina Juhrich (UBA I 2.6)
Anhang 2, 18.8	David Kuntze (UBA I 2.6)
Anhang 3	Autoren entsprechend der fachlichen Zuständigkeit in Kapitel 3-15
Anhang 3, Kapitel 19.1.1	Marcus Machat (UBA E 1.1), Frank Zander (Institut für Energetik und Umwelt: IE gGmbH), Dr. Dieter Merten (IE gGmbH)
Anhang 3, Kapitel 19.3	Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI): Annette Freibauer, Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann
Anhang 3, Kapitel 19.4	Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI): Annette Freibauer, Karsten Dunger, Andreas Gensior, Thomas Riedel, Wolfgang Stümer
Anhang 4	Michael Strogies
Anhang 5	Detlef Rimkus (UBA I 2.6)
Anhang 6	Dirk Günther (UBA I 2.6), Autoren entsprechend der fachlichen Zuständigkeit
Anhang 6, Kapitel 22.1.2	Stephan Schiller (UBA I 2.6)
Anhang 6, Kapitel 22.1.3	Kevin Hausmann (UBA I 2.6)
Anhang 7	Detlef Rimkus (UBA I 2.6)

Impressum

Herausgeber: Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau, Deutschland

Angaben aus diesem Bericht können unter Benennung der Quelle weiter verwendet werden.

## Inhaltsverzeichnis

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>33</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>37</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>56</b>
<b>EINHEITEN UND GRÖßEN</b>	<b>62</b>
<b>ERKLÄRUNG DER EINLEITENDEN INFORMATIONSTABELLEN</b>	<b>63</b>
<b>0 ZUSAMMENFASSUNG (ES)</b>	<b>64</b>
<b>0.1 HINTERGRUNDINFORMATIONEN ZU TREIBHAUSGAS-INVENTAREN UND KLIMAWANDEL (ES.1)</b>	<b>66</b>
0.1.1 Hintergrundinformationen zum Klimawandel (ES1.1)	66
0.1.2 Hintergrundinformationen zu den Treibhausgas-Inventaren (ES1.2)	66
0.1.3 Hintergrundinformationen zu ergänzenden Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert (ES.1.3)	67
<b>0.2 ZUSAMMENGEFASSTE EMISSIONEN VON TREIBHAUSGASEN SOWIE DEREN EINBINDUNG IN SENKEN UND EMISSIONEN UND EINBINDUNGEN AUS KP-LULUCF-AKTIVITÄTEN (ES.2)</b>	<b>67</b>
0.2.1 Treibhausgas-Inventar (ES.2.1)	67
0.2.2 KP-LULUCF-Aktivitäten (ES.2.2)	71
<b>0.3 ZUSAMMENGEFASSTE EMISSIONSSCHÄTZUNGEN UND TRENDS DER QUELL- UND SENKENGROUPE, INKLUSIVE KP-LULUCF-AKTIVITÄTEN (ES.3)</b>	<b>71</b>
0.3.1 Treibhausgas-Inventar (ES.3.1)	71
0.3.2 KP-LULUCF-Aktivitäten (ES.3.2)	73
<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>74</b>
<b>1.1 HINTERGRUNDINFORMATIONEN ZU TREIBHAUSGAS-INVENTAREN, KLIMAWANDEL UND ERGÄNZENDE INFORMATIONEN WIE NACH ARTIKEL 7, ABSATZ 1 DES KYOTO-PROTOKOLLS GEFORDERT</b>	<b>74</b>
1.1.1 Hintergrundinformationen zum Klimawandel	74
1.1.2 Hintergrundinformationen zu den Treibhausgas-Inventaren	76
1.1.3 Hintergrundinformationen zu ergänzenden Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert (KP NIR 1.1.3.)	77
<b>1.2 BESCHREIBUNG DER INSTITUTIONALISIERUNG DER INVENTARERSTELLUNG, INKLUSIVE DER RECHTLICHEN UND PROZEDURALEN FESTLEGUNGEN ZUR PLANUNG, ERSTELLUNG UND MANAGEMENT DES INVENTARS</b>	<b>78</b>
<b>1.2.1 Übersicht über die institutionellen, rechtlichen und prozeduralen Festlegungen zur Erstellung der Treibhausgas-Inventare und ergänzende Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert</b>	<b>79</b>
1.2.1.1 Der Nationale Koordinierungsausschuss	80
1.2.1.2 Koordinierungsstelle des Nationalen Systems	80
1.2.1.3 Arbeitskreis Emissionsinventare im Umweltbundesamt	82
1.2.1.4 Zusammenarbeit der Nationalen Koordinierungsstelle mit anderen Bundesinstitutionen und Nichtregierungsorganisationen im Rahmen des Nationalen Systems	83
1.2.1.5 Verbindlicher Terminplan im Rahmen des Nationalen Systems	85
<b>1.2.2 Übersicht über die Inventarplanung</b>	<b>86</b>
<b>1.2.3 Übersicht der Inventarerstellung und –management, inklusive der ergänzenden Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert</b>	<b>86</b>
<b>1.3 INVENTARERSTELLUNG</b>	<b>87</b>
<b>1.3.1 Treibhausgas- und KP-LULUCF-Inventar</b>	<b>88</b>
1.3.1.1 Vorgelagerte Abläufe	88
1.3.1.1.1 Verbesserung des Nationalen Systems	88
1.3.1.1.2 Umsetzung von Verbesserungen in der Inventarplanung und Inventarerstellung	89
1.3.1.1.3 Bestimmung der Hauptkategorien (gemäß Tier 1-Verfahren)	89
1.3.1.1.4 Berechnung und Aggregation der Unsicherheiten der Emissionen	90
1.3.1.1.5 Erweiterte Bestimmung der Hauptkategorien	90
<b>1.3.2 Sammlung, Verarbeitung und Speicherung der Daten, inklusive KP-LULUCF-Inventare</b>	<b>90</b>
1.3.2.1 Festlegung der Berechnungsgrundlagen	90
1.3.2.2 Datengewinnung	91
1.3.2.3 Datenaufbereitung und Emissionsberechnung	92
1.3.2.4 Berichterstellung	93

<b>1.3.3</b>	<b>Prozeduren zur Qualitätskontrolle und -sicherung (QK/QS) und ausführliche Überprüfung der Treibhausgas- und KP-LULUCF-Inventare</b>	<b>96</b>
1.3.3.1	Das Qualitätssystem Emissionsinventare	96
1.3.3.1.1	<i>Hausanordnung 11/2005 des UBA</i>	96
1.3.3.1.2	<i>Mindestanforderungen an ein System zur Qualitätskontrolle und -sicherung</i>	96
1.3.3.1.3	<i>Aufbauorganisation des Qualitätssystems Emissionsinventare</i>	97
1.3.3.1.4	<i>Ablauforganisation des Qualitätssystems Emissionsinventare</i>	99
1.3.3.1.5	<i>Dokumentation im Qualitätssystem Emissionsinventare</i>	99
1.3.3.1.6	<i>Das QSE-Handbuch</i>	102
1.3.3.1.7	<i>Unterstützung UNFCCC-Review</i>	102
1.3.3.1.8	<i>Nutzung der Monitoring-Daten des Europäischen Emissionshandels zur Verbesserung der THG-Emissionsinventare</i>	102
<b>1.4</b>	<b>KURZE, ALLGEMEINE BESCHREIBUNG DER ANGEWANDTEN METHODIK UND DATENQUELLEN</b>	<b>104</b>
<b>1.4.1</b>	<b>Treibhausgas-Inventar</b>	<b>104</b>
1.4.1.1	Datenquellen	104
1.4.1.1.1	<i>Energie</i>	104
1.4.1.1.2	<i>Industrieprozesse</i>	107
1.4.1.1.3	<i>Landwirtschaft</i>	110
1.4.1.1.4	<i>Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft</i>	111
1.4.1.1.5	<i>Abfall und Abwasser</i>	112
1.4.1.2	Methoden	113
<b>1.4.2</b>	<b>KP-LULUCF-Aktivitäten</b>	<b>113</b>
<b>1.5</b>	<b>KURZBESCHREIBUNG DER HAUPTKATEGORIEN</b>	<b>114</b>
<b>1.5.1</b>	<b>Treibhausgas-Inventar (mit und ohne LULUCF)</b>	<b>114</b>
<b>1.5.2</b>	<b>Inventar einschließlich der KP-LULUCF Berichterstattung</b>	<b>115</b>
<b>1.6</b>	<b>INFORMATIONEN ZUM QUALITÄTSSICHERUNGS- UND -KONTROLLPLAN SOWIE ZUM INVENTARPLAN INKLUSIVE VERIFIZIERUNG UND ZUM UMGANG MIT VERTRAULICHEN INFORMATIONEN</b>	<b>120</b>
<b>1.6.1</b>	<b>Prozeduren zu Qualitätssicherung- und -kontrolle</b>	<b>120</b>
1.6.1.1	QK/QS-Plan	120
1.6.1.2	Checklisten	121
1.6.1.3	Inventarplan	121
1.6.1.4	Workshops zum Nationalen System (Peer Review)	128
1.6.1.5	Ländervergleich zu fluorierten Gasen (Cross-Country-Review)	128
<b>1.6.2</b>	<b>Aktivitäten zur Verifizierung</b>	<b>129</b>
1.6.2.1	Verifizierung ausgewählter Kategorien	129
1.6.2.2	Verfahren zur Nutzung der Monitoring-Daten des Europäischen Emissionshandels	129
<b>1.6.3</b>	<b>Umgang mit vertraulichen Informationen</b>	<b>130</b>
<b>1.7</b>	<b>GENERELLE UNSICHERHEITENSCHÄTZUNG</b>	<b>131</b>
<b>1.7.1</b>	<b>Treibhausgas-Inventar</b>	<b>131</b>
1.7.1.1	In Deutschland werden die Unsicherheiten nach der Tier 2 Methode alle 3 Jahre ermittelt. Vorgehen zur Unsicherheitsbestimmung nach Tier 1	132
1.7.1.2	Ergebnisse der Unsicherheitschätzung	132
<b>1.7.2</b>	<b>KP-LULUCF-Inventar</b>	<b>134</b>
<b>1.8</b>	<b>GENERELLE PRÜFUNG DER VOLLSTÄNDIGKEIT</b>	<b>134</b>
<b>1.8.1</b>	<b>Treibhausgas-Inventar</b>	<b>134</b>
<b>1.8.2</b>	<b>KP-LULUCF-Inventar</b>	<b>135</b>
<b>2</b>	<b>TRENDS DER TREIBHAUSGASE</b>	<b>135</b>
<b>2.1</b>	<b>BESCHREIBUNG UND INTERPRETATION DES EMISSIONSVERLAUFS FÜR AGGREGIERTE TREIBHAUSGASEMISSIONEN</b>	<b>137</b>
<b>2.2</b>	<b>BESCHREIBUNG UND INTERPRETATION DES EMISSIONSVERLAUFS NACH TREIBHAUSGASEN</b>	<b>138</b>
2.2.1	Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	138
2.2.2	Lachgas (N <sub>2</sub> O)	139
2.2.3	Methan (CH <sub>4</sub> )	139
2.2.4	F-Gase	140
<b>2.3</b>	<b>BESCHREIBUNG UND INTERPRETATION DES EMISSIONSVERLAUFS NACH KATEGORIEN</b>	<b>141</b>
<b>2.4</b>	<b>BESCHREIBUNG UND INTERPRETATION DES EMISSIONSVERLAUFS FÜR INDIREKTE TREIBHAUSGASE UND SO<sub>2</sub></b>	<b>143</b>

<b>2.5</b>	<b>BESCHREIBUNG UND INTERPRETATION DES EMISSIONSVERLAUFS FÜR DAS KP-LULUCF-INVENTAR, FÜR AGGREGIERTE EMISSIONEN, NACH AKTIVITÄT UND TREIBHAUSGAS</b>	<b>144</b>
<b>3</b>	<b>ENERGIE (CRF SEKTOR 1)</b>	<b>146</b>
<b>3.1</b>	<b>ÜBERSICHT (CRF SEKTOR 1)</b>	<b>146</b>
<b>3.2</b>	<b>VERBRENNUNG VON BRENNSTOFFEN (1.A)</b>	<b>146</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Verifikation des sektoralen Ansatzes zu CRF 1.A</b>	<b>152</b>
3.2.1.1	Vergleich mit dem CO <sub>2</sub> -Referenzverfahren	152
3.2.1.2	Verifizierung mit anderen für Deutschland verfügbaren Datensätzen	152
3.2.1.2.1	<i>Vergleich mit den IEA-Ergebnissen</i>	155
3.2.1.2.2	<i>Vergleich mit den für die einzelnen Bundesländer ermittelten Daten</i>	156
3.2.1.2.3	<i>Geplante Verbesserungen</i>	160
<b>3.2.2</b>	<b>Internationale Bunkerbrennstoffe</b>	<b>160</b>
3.2.2.1	Emissionen aus dem internationalen Verkehr (1.D.1.a/1.D.1.b)	160
3.2.2.2	Emissionen aus dem internationalen Flugverkehr (1.D.1.a)	160
3.2.2.2.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.D.1.a)</i>	160
3.2.2.2.2	<i>Methodische Aspekte (1.D.1.a)</i>	161
3.2.2.2.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.D.1.a)</i>	161
3.2.2.2.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.D.1.a)</i>	161
3.2.2.2.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.D.1.a)</i>	162
3.2.2.2.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.D.1.a)</i>	163
3.2.2.3	Emissionen aus dem internationalen Seeverkehr/ Marine (1.D.1.b)	163
3.2.2.3.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.D.1.b)</i>	163
3.2.2.3.2	<i>Methodische Aspekte (1.D.1.b)</i>	164
3.2.2.3.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.D.1.b)</i>	164
3.2.2.3.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.D.1.b)</i>	164
3.2.2.3.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnung (1.D.1.b)</i>	164
3.2.2.3.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.D.1.b)</i>	166
<b>3.2.3</b>	<b>Lagerhaltung</b>	<b>166</b>
<b>3.2.4</b>	<b>CO<sub>2</sub> Abscheidung von Abgasen und nachfolgende Speicherung (CCS) (CRF 1.C)</b>	<b>166</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Landesspezifische Besonderheiten</b>	<b>166</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung (1.A.1.a)</b>	<b>166</b>
3.2.6.1	Beschreibung der Kategorie (1.A.1.a)	166
3.2.6.2	Methodische Aspekte (1.A.1.a)	169
3.2.6.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.1.a)	173
3.2.6.3.1	<i>Methodik zur Bestimmung der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren</i>	173
3.2.6.3.2	<i>Ergebnis für N<sub>2</sub>O</i>	174
3.2.6.3.3	<i>Ergebnis für CH<sub>4</sub></i>	174
3.2.6.3.4	<i>Zeitreihenkonsistenz der Emissionsfaktoren</i>	175
3.2.6.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.1.a)	175
3.2.6.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.1.a)	176
3.2.6.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.1.a)	176
<b>3.2.7</b>	<b>Mineralölraffinerien (1.A.1.b)</b>	<b>176</b>
3.2.7.1	Beschreibung der Kategorie (1.A.1.b)	176
3.2.7.2	Methodische Aspekte (1.A.1.b)	178
3.2.7.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.1.b)	179
3.2.7.3.1	<i>Ergebnis für N<sub>2</sub>O</i>	179
3.2.7.3.2	<i>Ergebnis für CH<sub>4</sub></i>	179
3.2.7.3.3	<i>Zeitreihenkonsistenz der Emissionsfaktoren</i>	179
3.2.7.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.1.b)	179
3.2.7.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.1.b)	180
3.2.7.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.1.b)	180
<b>3.2.8</b>	<b>Herstellung von festen Brennstoffen und sonstige Energieerzeuger (1.A.1.c)</b>	<b>180</b>
3.2.8.1	Beschreibung der Kategorie (1.A.1.c)	180
3.2.8.2	Methodische Aspekte (1.A.1.c)	183
3.2.8.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.1.c)	185
3.2.8.3.1	<i>Ergebnis für N<sub>2</sub>O</i>	185
3.2.8.3.2	<i>Ergebnis für CH<sub>4</sub></i>	185
3.2.8.3.3	<i>Zeitreihenkonsistenz der Emissionsfaktoren</i>	185
3.2.8.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.1.c)	185
3.2.8.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.1.c)	185
3.2.8.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.1.c)	186

<b>3.2.9 Verarbeitendes Gewerbe (1. A.2)</b>	<b>186</b>
3.2.9.1 Verarbeitendes Gewerbe - Eisenschaffende Industrie (1.A.2.a)	188
3.2.9.1.1 <i>Beschreibung der Kategorie (1.A.2.a)</i>	188
3.2.9.1.2 <i>Methodische Aspekte (1.A.2.a)</i>	190
3.2.9.1.3 <i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.a)</i>	191
3.2.9.1.4 <i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.a)</i>	191
3.2.9.1.5 <i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.a)</i>	191
3.2.9.1.6 <i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.a)</i>	191
3.2.9.2 Verarbeitendes Gewerbe – Nichteisen-Metalle (1.A.2.b)	192
3.2.9.2.1 <i>Beschreibung der Kategorie (1.A.2.b)</i>	192
3.2.9.2.2 <i>Methodische Aspekte (1.A.2.b)</i>	192
3.2.9.2.3 <i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.b)</i>	193
3.2.9.2.4 <i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.b)</i>	193
3.2.9.2.5 <i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.b)</i>	193
3.2.9.2.6 <i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.b)</i>	193
3.2.9.3 Verarbeitendes Gewerbe – Chemische Industrie (1.A.2.c)	193
3.2.9.4 Verarbeitendes Gewerbe – Zellstoff und Papierindustrie (1.A.2.d)	194
3.2.9.4.1 <i>Beschreibung der Kategorie (1.A.2.d)</i>	194
3.2.9.4.2 <i>Methodische Aspekte (1.A.2.d)</i>	195
3.2.9.4.3 <i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.d)</i>	195
3.2.9.4.4 <i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.d)</i>	195
3.2.9.4.5 <i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.d)</i>	196
3.2.9.4.6 <i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.d)</i>	196
3.2.9.5 Verarbeitendes Gewerbe – Zuckerherstellung (1.A.2.e)	196
3.2.9.5.1 <i>Beschreibung der Kategorie (1.A.2.e)</i>	196
3.2.9.5.2 <i>Methodische Aspekte (1.A.2.e)</i>	197
3.2.9.5.3 <i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.e)</i>	197
3.2.9.5.4 <i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.e)</i>	197
3.2.9.5.5 <i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.e)</i>	197
3.2.9.5.6 <i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.e)</i>	197
3.2.9.6 Verarbeitendes Gewerbe – Mineralische Industrie (1.A.2.f)	197
3.2.9.6.1 <i>Beschreibung der Kategorie (1.A.2.f, Mineralische Industrie)</i>	198
3.2.9.6.2 <i>Methodische Aspekte (1.A.2.f, Mineralische Industrie)</i>	199
3.2.9.6.3 <i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.f, Mineralische Industrie)</i>	200
3.2.9.6.4 <i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.f, Mineralische Industrie)</i>	200
3.2.9.6.5 <i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.f Mineralische Industrie)</i>	200
3.2.9.6.6 <i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.f, Mineralische Industrie)</i>	200
3.2.9.7 Verarbeitendes Gewerbe - Weitere Energieerzeugung (1.A.2.g, Sonstige, stationär)	201
3.2.9.7.1 <i>Beschreibung der Kategorie (1.A.2.g, Sonstige, stationär)</i>	201
3.2.9.7.2 <i>Methodische Aspekte (1.A.2.g, Sonstige, stationär)</i>	203
3.2.9.7.3 <i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.g, Sonstige, stationär)</i>	204
3.2.9.7.4 <i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.g, Sonstige, stationär)</i>	204
3.2.9.7.5 <i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.g, Sonstige, stationär)</i>	204
3.2.9.7.6 <i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.g, Sonstige, stationär)</i>	205
3.2.9.8 Bauwirtschaftlicher Verkehr (1.A.2.g vii)	205
3.2.9.8.1 <i>Beschreibung der Kategorie (1.A.2.g vii)</i>	205
3.2.9.8.2 <i>Methodische Aspekte (1.A.2.g vii)</i>	205
3.2.9.8.3 <i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.g vii)</i>	207
3.2.9.8.4 <i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.g vii)</i>	207
3.2.9.8.5 <i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.g vii)</i>	208
3.2.9.8.6 <i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.g vii)</i>	210
<b>3.2.10 Transport (1.A.3)</b>	<b>210</b>
3.2.10.1 Transport - Ziviler Luftverkehr (1.A.3.a)	210
3.2.10.1.1 <i>Beschreibung der Kategorie (1.A.3.a)</i>	210
3.2.10.1.2 <i>Methodische Aspekte (1.A.3.a)</i>	211
3.2.10.1.3 <i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.a)</i>	213
3.2.10.1.4 <i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.3.a)</i>	214
3.2.10.1.5 <i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.a)</i>	215
3.2.10.1.6 <i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.3.a)</i>	216
3.2.10.2 Transport - Straßenverkehr (1.A.3.b)	216
3.2.10.2.1 <i>Beschreibung der Kategorie (1.A.3.b)</i>	216
3.2.10.2.2 <i>Methodische Aspekte (1.A.3.b)</i>	217

3.2.10.2.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.b)</i>	221
3.2.10.2.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.3.b)</i>	221
3.2.10.2.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.b)</i>	222
3.2.10.2.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.3.b)</i>	223
3.2.10.3	Transport - Schienenverkehr (1.A.3.c)	223
3.2.10.3.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.A.3.c)</i>	223
3.2.10.3.2	<i>Methodische Aspekte (1.A.3.c)</i>	225
3.2.10.3.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.c)</i>	226
3.2.10.3.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.3.c)</i>	226
3.2.10.3.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.c)</i>	227
3.2.10.3.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.3.c)</i>	228
3.2.10.4	Transport - Schiffsverkehr (1.A.3.d)	229
3.2.10.4.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.A.3.d)</i>	229
3.2.10.4.2	<i>Methodische Aspekte (1.A.3.d)</i>	230
3.2.10.4.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.d)</i>	232
3.2.10.4.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.3.d)</i>	232
3.2.10.4.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.d)</i>	233
3.2.10.4.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.3.d)</i>	235
3.2.10.5	Transport - Übriger Verkehr (1.A.3.e)	235
3.2.10.5.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.A.3.e)</i>	235
3.2.10.5.2	<i>Methodische Aspekte (1.A.3.e)</i>	235
3.2.10.5.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.e)</i>	236
3.2.10.5.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.3.e)</i>	236
3.2.10.5.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.e)</i>	236
3.2.10.5.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.3.e)</i>	237
<b>3.2.11</b>	<b>Sonstige: Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Land-, Forstwirtschaft und Fischerei (1.A.4 stationär)</b>	<b>237</b>
3.2.11.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.A.4 stationär)</i>	237
3.2.11.2	<i>Methodische Aspekte (1.A.4 stationär)</i>	240
3.2.11.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.4 stationär)</i>	242
3.2.11.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.4 stationär)</i>	243
3.2.11.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.4 stationär)</i>	244
3.2.11.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.4 stationär)</i>	245
<b>3.2.12</b>	<b>Sonstige: Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Land-, Forstwirtschaft und Fischerei (1.A.4 mobil)</b>	<b>245</b>
3.2.12.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.A.4 mobil)</i>	245
3.2.12.2	<i>Methodische Aspekte (1.A.4 mobil)</i>	246
3.2.12.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.4 mobil)</i>	247
3.2.12.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.4 mobil)</i>	247
3.2.12.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.4 mobil)</i>	248
3.2.12.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.4 mobil)</i>	250
<b>3.2.13</b>	<b>Andere Bereiche (1.A.5.a stationär)</b>	<b>250</b>
3.2.13.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.A.5.a stationär)</i>	250
3.2.13.2	<i>Methodische Aspekte (1.A.5.a stationär)</i>	251
3.2.13.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.5.a stationär)</i>	252
3.2.13.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.5.a stationär)</i>	252
3.2.13.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.5.a stationär)</i>	252
3.2.13.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.5.a stationär)</i>	252
<b>3.2.14</b>	<b>Andere Bereiche (1.A.5.b mobil)</b>	<b>253</b>
3.2.14.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.A.5.b mobil)</i>	253
3.2.14.2	<i>Methodische Aspekte (1.A.5.b mobil)</i>	253
3.2.14.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.5.b mobil)</i>	255
3.2.14.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.5.b mobil)</i>	255
3.2.14.5	<i>Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.5.b mobil)</i>	256
3.2.14.6	<i>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.5.b mobil)</i>	257
<b>3.2.15</b>	<b>Militär</b>	<b>257</b>
<b>3.3</b>	<b>DIFFUSE EMISSIONEN AUS BRENNSTOFFEN (1.B)</b>	<b>257</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Feste Brennstoffe - Kohlenbergbau und -umwandlung (1.B.1)</b>	<b>258</b>
3.3.1.1	Tiefbau - Steinkohlen	260
3.3.1.1.1	<i>Beschreibung der Kategorie (Tiefbau - Steinkohlen)</i>	260
3.3.1.1.2	<i>Methodik (Tiefbau - Steinkohlen)</i>	261
3.3.1.1.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (Tiefbau - Steinkohlen)</i>	261
3.3.1.1.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (Tiefbau - Steinkohlen)</i>	261

3.3.1.2	Tagebau - Braunkohlen	262
3.3.1.2.1	<i>Beschreibung der Kategorie (Tagebau - Braunkohlen)</i>	262
3.3.1.2.2	<i>Methodik (Tagebau - Braunkohlen)</i>	263
3.3.1.2.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (Tagebau - Braunkohlen)</i>	263
3.3.1.2.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (Tagebau - Braunkohlen)</i>	263
3.3.1.3	Umwandlung von festen Brennstoffen	264
3.3.1.3.1	<i>Beschreibung der Kategorie (Umwandlung von festen Brennstoffen)</i>	264
3.3.1.3.2	<i>Methodische Aspekte (Umwandlung von festen Brennstoffen)</i>	265
3.3.1.3.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (Umwandlung von festen Brennstoffen)</i>	265
3.3.1.3.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (Umwandlung von festen Brennstoffen)</i>	266
3.3.1.4	Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.B.1 alle)	266
3.3.1.5	Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch(1.B.1 alle)	266
<b>3.3.2</b>	<b>Öl und Erdgas und diffuse Emissionen aus der Energieerzeugung (1.B.2)</b>	<b>266</b>
3.3.2.1	Öl (1.B.2.a)	268
3.3.2.1.1	<i>„Öl, Exploration“ (1.B.2.a.i)</i>	268
3.3.2.1.1.1	<i>Beschreibung der Kategorie „Öl,Exploration“ (1.B.2.a.i)</i>	268
3.3.2.1.1.2	<i>Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Exploration“ (1.B.2.a.i)</i>	269
3.3.2.1.1.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Exploration“ (1.B.2.a.i)</i>	269
3.3.2.1.1.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Exploration“ (1.B.2.a.i)</i>	269
3.3.2.1.2	<i>„Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)</i>	269
3.3.2.1.2.1	<i>Beschreibung der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)</i>	269
3.3.2.1.2.2	<i>Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)</i>	270
3.3.2.1.2.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)</i>	270
3.3.2.1.2.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)</i>	270
3.3.2.1.3	<i>„Öl, Transport“ (1.B.2.a.iii)</i>	271
3.3.2.1.3.1	<i>Beschreibung der Kategorie „Öl, Transport“ (1.B.2.a.iii)</i>	271
3.3.2.1.3.2	<i>Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Transport“ (1.B.2.a.iii)</i>	272
3.3.2.1.3.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Transport“ (1.B.2.a.iii)</i>	272
3.3.2.1.3.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.iii)</i>	272
3.3.2.1.4	<i>„Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)</i>	272
3.3.2.1.4.1	<i>Beschreibung der Kategorie „Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)</i>	272
3.3.2.1.4.2	<i>Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)</i>	274
3.3.2.1.4.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)</i>	275
3.3.2.1.4.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)</i>	275
3.3.2.1.5	<i>„Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)</i>	276
3.3.2.1.5.1	<i>Beschreibung der Kategorie „Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)</i>	276
3.3.2.1.5.2	<i>Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)</i>	277
3.3.2.1.5.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)</i>	279
3.3.2.1.5.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)</i>	279
3.3.2.2	Gas (1.B.2.b)	280
3.3.2.2.1	<i>„Gas, Exploration“ (1.B.2.b.i)</i>	280
3.3.2.2.1.1	<i>Beschreibung der Kategorie „Gas, Exploration“ (1.B.2.b.i)</i>	280
3.3.2.2.1.2	<i>Methodische Aspekte der Kategorie „Gas, Exploration“ (1.B.2.b.i)</i>	280
3.3.2.2.1.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Gas, Exploration“ (1.B.2.b.i)</i>	280
3.3.2.2.1.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Gas,Exploration“ (1.B.2.b.i)</i>	280
3.3.2.2.2	<i>„Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)</i>	280
3.3.2.2.2.1	<i>Beschreibung der Kategorie „Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)</i>	280
3.3.2.2.2.2	<i>Methodische Aspekte der Kategorie „Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)</i>	281
3.3.2.2.2.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)</i>	281
3.3.2.2.2.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)</i>	281
3.3.2.2.3	<i>Gas, Verarbeitung (1.B.2.b.iii)</i>	282
3.3.2.2.3.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.B.2.b.iii)</i>	282

3.3.2.2.3.2	Methodische Aspekte (1.B.2.b.iii)	283
3.3.2.2.3.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.b.iii)	283
3.3.2.2.3.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.B.2.b.iii)	283
3.3.2.2.4	<i>Gas, Weiterleitung (1.B.2.b.iv)</i>	284
3.3.2.2.4.1	Beschreibung der Kategorie (1.B.2.b.iv)	284
3.3.2.2.4.2	Methodische Aspekte (1.B.2.b.iv)	285
3.3.2.2.4.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.b.iv)	285
3.3.2.2.4.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.B.2.b.iv)	285
3.3.2.2.5	<i>Gas, Verteilung (1.B.2.b.v)</i>	286
3.3.2.2.5.1	Beschreibung der Kategorie (1.B.2.b.v)	286
3.3.2.2.5.2	Methodische Aspekte (1.B.2.b.v)	287
3.3.2.2.5.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.b.v)	288
3.3.2.2.5.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.B.2.b.v)	288
3.3.2.2.6	<i>Gas, Sonstige Leckagen (1.B.2.b.vi)</i>	288
3.3.2.2.6.1	Beschreibung der Kategorie (1.B.2.b.vi)	289
3.3.2.2.6.2	Methodische Aspekte (1.B.2.b.v)	289
3.3.2.2.6.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.b.v)	290
3.3.2.2.6.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.B.2.b.v)	290
3.3.2.3	Abfackelung und Entlüftung (1.B.2.c)	290
3.3.2.3.1.1	Beschreibung der Kategorie „Abfackelung und Entlüftung“ (1.B.2.c)	290
3.3.2.3.1.2	Methodische Aspekte der Kategorie „Abfackelung und Entlüftung“ (1.B.2.c)	292
3.3.2.3.1.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Abfackelung und Entlüftung“ (1.B.2.c)	292
3.3.2.3.1.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Abfackelung und Entlüftung“ (1.B.2.c)	293
3.3.2.4	Geothermie (1.B.2.d)	293
3.3.2.4.1	<i>Beschreibung der Kategorie (1.B.2.d)</i>	293
3.3.2.4.2	<i>Methodische Aspekte (1.B.2.d)</i>	294
3.3.2.4.3	<i>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.d)</i>	294
3.3.2.4.4	<i>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und –Verifizierung (1.B.2.d)</i>	294
3.3.2.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.B.2 alle)	294
3.3.2.6	Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.B.2 alle)	295
<b>4</b>	<b>INDUSTRIEPROZESSE (CRF SEKTOR 2)</b>	<b>296</b>
<b>4.1</b>	<b>ÜBERSICHT (CRF SEKTOR 2)</b>	<b>296</b>
<b>4.2</b>	<b>MINERALISCHE INDUSTRIE (2.A)</b>	<b>296</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Mineralische Industrie: Zement (2.A.1)</b>	<b>297</b>
4.2.1.1	Beschreibung der Kategorie (2.A.1)	297
4.2.1.2	Methodische Aspekte (2.A.1)	298
4.2.1.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.1)	299
4.2.1.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.1)	299
4.2.1.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.1)	299
4.2.1.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.1)	299
<b>4.2.2</b>	<b>Mineralische Industrie: Kalk (2.A.2)</b>	<b>300</b>
4.2.2.1	Beschreibung der Kategorie (2.A.2)	300
4.2.2.2	Methodische Aspekte (2.A.2)	301
4.2.2.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.2)	302
4.2.2.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.2)	302
4.2.2.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.2)	302
4.2.2.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.2)	302
<b>4.2.3</b>	<b>Mineralische Industrie: Glas (2.A.3)</b>	<b>303</b>
4.2.3.1	Beschreibung der Kategorie (2.A.3 Glas)	303
4.2.3.2	Methodische Aspekte (2.A.3 Glas)	304
4.2.3.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.3 Glas)	305
4.2.3.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.3 Glas)	306
4.2.3.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.3 Glas)	306
4.2.3.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.3 Glas)	307
<b>4.2.4</b>	<b>Mineralische Industrie: Keramik (2.A.4.a)</b>	<b>307</b>
4.2.4.1	Beschreibung der Kategorie (2.A.4.a Keramik)	307
4.2.4.2	Methodische Aspekte (2.A.4.a Keramik)	308
4.2.4.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.4.a Keramik)	309
4.2.4.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.4.a Keramik)	309
4.2.4.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.4a Keramik)	309
4.2.4.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.4.a Keramik)	310

<b>4.2.5 Mineralische Industrie: weitere Sodanutzung (2.A.4.b)</b>	<b>310</b>
4.2.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.4.b)	310
4.2.5.2 Methodische Aspekte (2.A.4.b)	311
4.2.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.4.b)	311
4.2.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.4.b)	311
4.2.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.4-b)	312
4.2.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.4.b)	312
<b>4.2.6 Herstellung nichtmetallurgischer Magnesiumprodukte (2.A.4.c)</b>	<b>312</b>
4.2.6.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.4.c)	312
4.2.6.2 Methodische Aspekte (2.A.4.c)	312
4.2.6.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.4.c)	313
4.2.6.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.4.c)	313
4.2.6.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.4.c)	313
4.2.6.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.4.c)	313
<b>4.2.7 Mineralische Industrie: weitere Verwendung von Kalkstein und Dolomit (2.A.4.d)</b>	<b>313</b>
4.2.7.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.4.d)	313
4.2.7.2 Methodische Aspekte (2.A.4.d)	313
4.2.7.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.4.d)	314
4.2.7.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.4.d)	314
4.2.7.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.4.d)	314
4.2.7.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.4d)	314
<b>4.3 CHEMISCHE INDUSTRIE (2.B)</b>	<b>314</b>
<b>4.3.1 Chemische Industrie: Ammoniakproduktion (2.B.1)</b>	<b>315</b>
4.3.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.1)	315
4.3.1.2 Methodische Aspekte (2.B.1)	316
4.3.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.1)	317
4.3.1.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.1)	317
4.3.1.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.1)	317
4.3.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.1)	317
<b>4.3.2 Chemische Industrie: Salpetersäureproduktion (2.B.2)</b>	<b>317</b>
4.3.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.2)	317
4.3.2.2 Methodische Aspekte (2.B.2)	318
4.3.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.2)	319
4.3.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.2)	319
4.3.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.2)	319
4.3.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.2)	319
<b>4.3.3 Chemische Industrie: Adipinsäureproduktion (2.B.3)</b>	<b>320</b>
4.3.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.3)	320
4.3.3.2 Methodische Aspekte (2.B.3)	320
4.3.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.3)	321
4.3.3.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.3)	321
4.3.3.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.3)	321
4.3.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.B.3)	321
<b>4.3.4 Chemische Industrie: Caprolactam, Glyoxal &amp; Glyoxylsäure (2.B.4)</b>	<b>322</b>
4.3.4.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.4)	322
4.3.4.2 Methodische Aspekte (2.B.4)	322
4.3.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.4)	323
4.3.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.4)	323
4.3.4.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.4)	323
4.3.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.4)	323
<b>4.3.5 Chemische Industrie: Carbidproduktion (2.B.5)</b>	<b>323</b>
4.3.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.5)	323
4.3.5.2 Methodische Aspekte (2.B.5)	324
4.3.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.5)	324
4.3.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.5)	324
4.3.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.5)	325
4.3.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.5)	325
<b>4.3.6 Chemische Industrie: Titandioxid-Produktion (2.B.6)</b>	<b>325</b>
<b>4.3.7 Chemische Industrie: Soda-Herstellung (2.B.7)</b>	<b>325</b>
4.3.7.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.7)	325
4.3.7.2 Methodische Aspekte (2.B.7)	326
4.3.7.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.7)	326
4.3.7.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.7)	326
4.3.7.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.7)	326

4.3.7.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.7)	327
<b>4.3.8</b>	<b>Chemische Industrie: Petrochemie und Industrieruß-Produktion (2.B.8)</b>	<b>327</b>
4.3.8.1	Chemische Industrie: Petrochemie (2.B.8 Petrochemie)	327
4.3.8.1.1	Beschreibung der Kategorie (2.B.8 Petrochemie)	327
4.3.8.1.2	Methodische Aspekte (2.B.8 Petrochemie)	327
4.3.8.1.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.8 Petrochemie)	330
4.3.8.1.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.8 Petrochemie)	331
4.3.8.1.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.8 Petrochemie)	331
4.3.8.1.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.8 Petrochemie)	331
4.3.8.2	Chemische Industrie: Industrieruß-Produktion (2.B.8 Industrieruß)	331
4.3.8.2.1	Beschreibung der Kategorie (2.B.8 Industrieruß)	331
4.3.8.2.2	Methodische Aspekte (2.B.8 Industrieruß)	332
4.3.8.2.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.8 Industrieruß)	333
4.3.8.2.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.8 Industrieruß)	333
4.3.8.2.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.8 Industrieruß)	333
4.3.8.2.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.8 Industrieruß)	334
<b>4.3.9</b>	<b>Chemische Industrie: Produktion von halogenierten Kohlenwasserstoffen und SF<sub>6</sub> (2.B.9)</b>	<b>334</b>
4.3.9.1	By-Product Emissionen (2.B.9.a)	334
4.3.9.1.1	Beschreibung der Kategorie (2.B.9.a)	334
4.3.9.1.2	Methodische Aspekte (2.B.9.a)	335
4.3.9.1.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.9.a)	335
4.3.9.1.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.9.a)	335
4.3.9.1.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.9.a)	335
4.3.9.1.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.9.a)	336
4.3.9.2	Herstellungsbedingte Emissionen (2.B.9.b)	336
4.3.9.2.1	Beschreibung der Kategorie (2.B.9.b)	336
4.3.9.2.2	Methodische Aspekte (2.B.9.b)	336
4.3.9.2.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.9.b)	336
4.3.9.2.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.9.b)	336
4.3.9.2.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.9.b)	337
4.3.9.2.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.9.b)	337
<b>4.3.10</b>	<b>Chemische Industrie - Sonstige: Emissionen aus sonstigen Produktionsprozessen (2.B.10)</b>	<b>337</b>
4.3.10.1	Beschreibung der Kategorie (2.B.10)	337
4.3.10.2	Methodische Aspekte (2.B.10)	337
4.3.10.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.10)	337
4.3.10.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.10)	338
4.3.10.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.10)	338
4.3.10.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.10)	338
<b>4.4</b>	<b>METALLPRODUKTION (2.C)</b>	<b>338</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Metallproduktion: Eisen- und Stahlproduktion (2.C.1)</b>	<b>339</b>
4.4.1.1	Beschreibung der Kategorie (2.C.1)	339
4.4.1.2	Methodische Aspekte (2.C.1)	339
4.4.1.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.1)	345
4.4.1.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.1)	345
4.4.1.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.1)	346
4.4.1.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.C.1)	346
<b>4.4.2</b>	<b>Metallproduktion: Produktion von Ferrolegierungen (2.C.2)</b>	<b>346</b>
4.4.2.1	Beschreibung der Kategorie (2.C.2)	346
4.4.2.2	Methodische Aspekte (2.C.2)	346
4.4.2.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.2)	347
4.4.2.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.2)	347
4.4.2.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.2)	347
4.4.2.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.C.2)	347
<b>4.4.3</b>	<b>Metallproduktion: Aluminiumproduktion (2.C.3)</b>	<b>347</b>
4.4.3.1	Beschreibung der Kategorie (2.C.3)	347
4.4.3.2	Methodische Aspekte (2.C.3)	348
4.4.3.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.3)	350
4.4.3.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.3)	351
4.4.3.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.3)	351
4.4.3.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.C.3)	351

<b>4.4.4 Metallproduktion: Magnesiumproduktion (2.C.4)</b>	<b>352</b>
4.4.4.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.4)	352
4.4.4.2 Methodische Aspekte (2.C.4)	352
4.4.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.4)	353
4.4.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.4)	353
4.4.4.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.4)	353
4.4.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.C.4)	353
<b>4.4.5 Metallproduktion: Blei (2.C.5)</b>	<b>353</b>
4.4.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.5)	353
4.4.5.2 Methodische Aspekte (2.C.5)	354
4.4.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.5)	354
4.4.5.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.5)	354
4.4.5.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.5)	354
4.4.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.C.5)	355
<b>4.4.6 Metallproduktion: Zink (2.C.6)</b>	<b>355</b>
4.4.6.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.6)	355
4.4.6.2 Methodische Aspekte (2.C.6)	355
4.4.6.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.6)	355
4.4.6.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.6)	356
4.4.6.5 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.C.6)	356
<b>4.4.7 Metallproduktion: Sonstige (2.C.7)</b>	<b>356</b>
4.4.7.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.7)	356
4.4.7.2 Methodische Aspekte (2.C.7)	356
4.4.7.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.7)	356
4.4.7.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.7)	356
4.4.7.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.7)	356
4.4.7.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.C.7)	357
<b>4.5 VERWENDUNG VON NICHTENERGETISCHEN PRODUKTEN AUS BRENNSTOFFEN UND VON LÖSEMITTELN (2.D)</b>	<b>357</b>
<b>4.5.1 Anwendung von Schmiermitteln (2.D.1)</b>	<b>357</b>
4.5.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.1)	357
4.5.1.2 Methodische Aspekte (2.D.1)	357
4.5.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.1)	358
4.5.1.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.1)	358
4.5.1.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.1)	358
4.5.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.D.1)	358
<b>4.5.2 Anwendung von Paraffinwachsen (2.D.2)</b>	<b>358</b>
4.5.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.2)	358
4.5.2.2 Methodische Aspekte (2.D.2)	359
4.5.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.2)	359
4.5.2.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.2)	359
4.5.2.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.2)	359
4.5.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.D.2)	360
<b>4.5.3 Sonstige: Lösemittel - NMVOC (2.D.3 Lösemittel)</b>	<b>360</b>
4.5.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.3 Lösemittel)	360
4.5.3.2 Methodische Aspekte (2.D.3 Lösemittel)	363
4.5.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.3 Lösemittel)	366
4.5.3.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.3 Lösemittel)	366
4.5.3.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.3 Lösemittel)	366
4.5.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.D.3 Lösemittel)	366
<b>4.5.4 Sonstige: Verwendung von Bitumen zur Dachdeckung (2.D.3 Bitumen)</b>	<b>367</b>
4.5.4.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.3 Bitumen )	367
4.5.4.2 Methodische Aspekte (2.D.3 Bitumen)	367
4.5.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.3 Bitumen )	368
4.5.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.3 Bitumen)	368
4.5.4.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.3 Bitumen)	368
4.5.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.D.3 Bitumen)	369
<b>4.5.5 Sonstige: Straßenasphaltierung (2.D.3 Asphalt)</b>	<b>369</b>
4.5.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.3 Asphalt)	369
4.5.5.2 Methodische Aspekte (2.D.3 Asphalt)	369
4.5.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.3 Asphalt)	370
4.5.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.3 Asphalt)	370
4.5.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.3 Asphalt)	370
4.5.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.D.3 Asphalt)	370

<b>4.6 ELEKTRONIK-INDUSTRIE (2.E)</b>	<b>370</b>
<b>4.6.1 Halbleiter- und Platinenproduktion (2.E.1)</b>	<b>371</b>
4.6.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.E.1)	371
4.6.1.2 Methodische Aspekte (2.E.1)	371
4.6.1.3 Unsicherheiten & Zeitreihenkonsistenz (2.E.1)	371
4.6.1.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.E.1)	371
4.6.1.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.E.1)	372
4.6.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.E.1)	372
<b>4.6.2 TFT (2.E.2)</b>	<b>372</b>
<b>4.6.3 Photovoltaik (2.E.3)</b>	<b>372</b>
4.6.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.E.3)	372
4.6.3.2 Methodische Aspekte (2.E.3)	372
4.6.3.3 Unsicherheiten & Zeitreihenkonsistenz (2.E.3)	373
4.6.3.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.E.3)	373
4.6.3.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.E.3)	373
4.6.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.E.3)	373
<b>4.6.4 Wärmeüberträger (2.E.4)</b>	<b>373</b>
4.6.4.1 Beschreibung der Quellgruppe (2.E.4)	373
4.6.4.2 Methodische Aspekte (2.E.4)	374
4.6.4.3 Unsicherheiten & Zeitreihenkonsistenz (2.E.4)	374
4.6.4.4 Quellenspezifische Rückrechnungen (2.E.4)	374
4.6.4.5 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.E.4)	374
4.6.4.6 Geplante Verbesserungen, quellenspezifisch (2.E.4)	374
<b>4.7 ANWENDUNGEN ALS ODS-ERSATZSTOFF (2.F)</b>	<b>374</b>
<b>4.7.1 Kälte- und Klimaanlage (2.F.1)</b>	<b>377</b>
4.7.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.F.1)	377
4.7.1.2 Methodische Aspekte (2.F.1)	378
4.7.1.2.1 <i>Gewerbekälte (2.F.1.a)</i>	378
4.7.1.2.2 <i>Haushaltskälte (2.F.1.b)</i>	381
4.7.1.2.3 <i>Industriekälte (2.F.1.c)</i>	382
4.7.1.2.4 <i>Transportkälte (Kühlfahrzeuge und –container) (2.F.1.d)</i>	384
4.7.1.2.5 <i>Mobile Klimaanlage (2.F.1.e)</i>	387
4.7.1.2.6 <i>Stationäre Klimaanlage (2.F.1.f)</i>	391
4.7.1.2.6.1 Raumklimageräte	391
4.7.1.2.6.2 Kaltwassersätze (Chiller)	393
4.7.1.2.6.3 Wärmepumpenanlagen	394
4.7.1.2.6.4 Wärmepumpen-Wäschetrockner	396
4.7.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.1 alle)	396
4.7.1.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.1 alle)	397
4.7.1.5 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.F.1 alle)	408
<b>4.7.2 Schaumherstellung (2.F.2)</b>	<b>408</b>
4.7.2.1 Geschlossenzelliger Polyurethan-Hartschaumprodukte (2.F.2 PU hard foam)	409
4.7.2.1.1 <i>Beschreibung der Kategorie (2.F.2 PU hard foam)</i>	409
4.7.2.1.2 <i>Methodische Aspekte (2.F.2 PU hard foam)</i>	409
4.7.2.2 Geschlossenzelliger und offenzelliger XPS-Hartschaum (2.F.2 XPS)	410
4.7.2.2.1 <i>Beschreibung der Kategorie (2.F.2 XPS)</i>	410
4.7.2.2.2 <i>Methodische Aspekte (2.F.2 XPS)</i>	410
4.7.2.3 Offenzelliger Polyurethan-Integralschaum (2.F.2 PU integral foam)	412
4.7.2.3.1 <i>Beschreibung der Kategorie (2.F.2 PU integral foam)</i>	412
4.7.2.3.2 <i>Methodische Aspekte (2.F.2 PU integral foam)</i>	412
4.7.2.4 Offenzelliger Polyurethan-Montageschaum (2.F.2 one-component PU foam)	413
4.7.2.4.1 <i>Beschreibung der Kategorie (2.F.2 one-component PU foam)</i>	413
4.7.2.4.2 <i>Methodische Aspekte (2.F.2 one-component PU foam)</i>	413
4.7.2.5 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.2 alle)	414
4.7.2.6 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.2 alle)	415
4.7.2.7 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.F.2 alle)	415
<b>4.7.3 Feuerlöschmittel (2.F.3)</b>	<b>415</b>
4.7.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.F.3)	415
4.7.3.2 Methodische Aspekte (2.F.3)	415
4.7.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.3)	416
4.7.3.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.3)	416
4.7.3.5 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.F.3)	416
<b>4.7.4 Aerosole (2.F.4)</b>	<b>416</b>
4.7.4.1 Dosieraerosole (2.F.4.a)	417

4.7.4.1.1	Beschreibung der Kategorie (2.F.4.a)	417
4.7.4.1.2	Methodische Aspekte (2.F.4.a)	417
4.7.4.2	Sonstige Aerosole (2.F.4.b)	418
4.7.4.2.1	Beschreibung der Kategorie (2.F.4.b)	418
4.7.4.2.2	Methodische Aspekte (2.F.4.b)	419
4.7.4.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.4 alle)	420
4.7.4.3.1	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.4 alle)	420
4.7.4.3.2	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.F.4 alle)	420
<b>4.7.5</b>	<b>Lösemittel (2.F.5)</b>	<b>420</b>
4.7.5.1	Beschreibung der Kategorie (2.F.5)	420
4.7.5.2	Methodische Aspekte (2.F.5)	420
4.7.5.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.5)	421
4.7.5.4	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.5)	421
4.7.5.5	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.F.5)	421
<b>4.7.6</b>	<b>Andere Anwendungen, die ODS Ersatzstoffe verwenden (2.F.6)</b>	<b>421</b>
<b>4.7.7</b>	<b>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.F. alle)</b>	<b>421</b>
<b>4.8</b>	<b>SONSTIGE PRODUKTHERSTELLUNG UND -VERWENDUNG (2.G)</b>	<b>422</b>
<b>4.8.1</b>	<b>Elektrische Betriebsmittel (2.G.1)</b>	<b>423</b>
4.8.1.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.1)	423
4.8.1.2	Methodische Aspekte (2.G.1)	424
4.8.1.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.G.1)	426
4.8.1.4	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.1)	427
4.8.1.5	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.1)	427
4.8.1.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.G.1)	428
<b>4.8.2</b>	<b>SF<sub>6</sub> und FKW aus sonstiger Produktverwendung (2.G.2)</b>	<b>428</b>
4.8.2.1	Militär - AWACS Wartung (2.G.2.a)	428
4.8.2.1.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.2.a)	428
4.8.2.1.2	Methodische Aspekte (2.G.2.a)	428
4.8.2.2	Teilchenbeschleuniger (2.G.2.b)	428
4.8.2.2.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.2.b)	428
4.8.2.2.2	Methodische Aspekte (2.G.2.b)	428
4.8.2.3	Isolierglasfenster (2.G.2.c)	429
4.8.2.3.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.2.c)	429
4.8.2.3.2	Methodische Aspekte (2.G.2.c)	429
4.8.2.4	Adiabatisch - Autoreifen (2.G.2.d)	430
4.8.2.4.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.2.d)	430
4.8.2.4.2	Methodische Aspekte (2.G.2.d)	430
4.8.2.5	Adiabatisches Verhalten - Sportschuhe (2.G.2.d)	431
4.8.2.5.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.2.d)	431
4.8.2.5.2	Methodische Aspekte (2.G.2.d)	431
4.8.2.6	Sonstige: Spurengas (2.G.2.e)	431
4.8.2.6.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.2.e)	431
4.8.2.6.2	Methodische Aspekte (2.G.2.e)	432
4.8.2.7	Sonstige: Schweißen (2.G.2.e)	432
4.8.2.7.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.2.e)	432
4.8.2.7.2	Methodische Aspekte (2.G.2.e)	432
4.8.2.8	Sonstige: Optische Glasfasern (2.G.2.e)	432
4.8.2.8.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.2.e)	432
4.8.2.8.2	Methodische Aspekte (2.G.2.e)	433
4.8.2.9	Sonstige: Medizinische und kosmetische Anwendungen (2.G.2.e)	433
4.8.2.9.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.2.e)	433
4.8.2.9.2	Methodische Aspekte (2.G.2.e)	434
4.8.2.10	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.G.2 alle)	435
4.8.2.11	Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.2 alle)	435
4.8.2.12	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.2 alle)	436
4.8.2.13	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.G.2 alle)	436
<b>4.8.3</b>	<b>Verwendung von N<sub>2</sub>O (2.G.3)</b>	<b>436</b>
4.8.3.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.3)	437
4.8.3.2	Methodische Aspekte (2.G.3)	438
4.8.3.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.G.3)	440
4.8.3.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.3)	441
4.8.3.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.3)	441
4.8.3.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.G.3)	441
<b>4.8.4</b>	<b>Andere - ORC-Anlagen (2.G.4 ORC-Anlagen)</b>	<b>441</b>

4.8.4.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.4 ORC-Anlagen)	441
4.8.4.2	Methodische Aspekte (2.G.4 ORC-Anlagen)	442
4.8.4.3	Unsicherheiten & Zeitreihenkonsistenz (2.G.4 ORC-Anlagen)	443
4.8.4.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.4 ORC-Anlagen)	443
4.8.4.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.4 ORC-Anlagen)	443
4.8.4.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.G.4 ORC-Anlagen)	444
<b>4.8.5</b>	<b>Sonstige Produktherstellung und –verwendung: Sonstige, Anwendung von Holzkohle (2.G.4 Holzkohle)</b>	<b>444</b>
4.8.5.1	Beschreibung der Kategorie (2.G.4 Holzkohle)	444
4.8.5.2	Methodische Aspekte (2.G.4 Holzkohle)	445
4.8.5.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.G.4 Holzkohle)	445
4.8.5.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.4 Holzkohle)	445
4.8.5.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.4 Holzkohle)	446
4.8.5.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.G.4 Holzkohle)	446
<b>4.9</b>	<b>ANDERE PRODUKTIONEN (2.H)</b>	<b>446</b>
<b>4.9.1</b>	<b>Andere Produktionen: Zellstoff- und Papierherstellung (2.H.1)</b>	<b>446</b>
4.9.1.1	Beschreibung der Kategorie (2.H.1)	446
4.9.1.2	Methodische Aspekte (2.H.1)	447
4.9.1.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.H.1)	448
4.9.1.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.H.1)	449
4.9.1.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.H.1)	449
4.9.1.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.H.1)	449
<b>4.9.2</b>	<b>Andere Produktionen: Nahrungsmittel und Getränke (2.H.2)</b>	<b>449</b>
4.9.2.1	Beschreibung der Kategorie (2.H.2)	449
4.9.2.2	Methodische Aspekte (2.H.2)	450
4.9.2.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.H.2)	450
4.9.2.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.H.2)	450
4.9.2.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.H.2)	450
4.9.2.6	Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.H.2)	450
<b>4.9.3</b>	<b>Andere Bereiche (2.H.3)</b>	<b>451</b>
<b>5</b>	<b>LANDWIRTSCHAFT (CRF SEKTOR 3)</b>	<b>453</b>
<b>5.1</b>	<b>ÜBERBLICK (CRF SEKTOR 3)</b>	<b>453</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Kategorien und Gesamtemissionen 1990 - 2014</b>	<b>453</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Das Emissionsinventarmodell GAS-EM</b>	<b>454</b>
5.1.2.1	Verwendete Regelwerke und ausführlicher Bericht	454
5.1.2.2	Grundstruktur des Emissionsinventarmodells GAS-EM	454
5.1.2.3	Die Behandlung von CH <sub>4</sub> im Emissionsinventar	455
5.1.2.4	Das Stickstoff-Fluss-Konzept (3.B, 3.D)	455
<b>5.1.3</b>	<b>Charakterisierung der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung</b>	<b>457</b>
5.1.3.1	Tierkategorien (3.A, 3.B)	457
5.1.3.2	Tierplatzzahlen (3.A, 3.B)	458
5.1.3.2.1	<i>Erhebungen durch die statistischen Ämter des Bundes und der Länder</i>	458
5.1.3.2.2	<i>Besonderheiten der Tierplatzzahlen im Inventar</i>	459
5.1.3.2.3	<i>Im Inventar verwendete Tierplatzzahlen (3.A, 3.B)</i>	461
5.1.3.2.4	<i>Vergleich mit Tierzahlen der FAO (3.A, 3.B)</i>	462
5.1.3.3	Leistungs-, Energie- und Futterdaten (3.A, 3.B)	463
5.1.3.4	N-Ausscheidungen (3.B)	465
5.1.3.5	VS-Ausscheidungen (3.B)	466
5.1.3.6	Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren (CRF 3.B, 3.D)	467
5.1.3.6.1	<i>Häufigkeitsverteilungen (3.B, 3.D)</i>	467
5.1.3.6.2	<i>Einstreu bei Festmistsystemen</i>	469
5.1.3.6.3	<i>Maximale Methan-Bildungsrate B<sub>0</sub> (3.B(b))</i>	469
5.1.3.6.4	<i>Methan-Umwandlungsfaktoren MCF (3.B)</i>	470
5.1.3.6.5	<i>Wirtschaftsdünger-Vergärung und Gärreste-Management (3.B)</i>	472
<b>5.1.4</b>	<b>Vergärung von Energiepflanzen: Konzept und Aktivitätsdaten</b>	<b>475</b>
5.1.4.1	Konzept und Berücksichtigung in den CRF-Tabellen	475
5.1.4.2	Aktivitätsdaten und Parameter	476
<b>5.1.5</b>	<b>Aktivitätsdaten für Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Kulturen</b>	<b>477</b>
5.1.5.1	N <sub>2</sub> O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (3.D)	477
5.1.5.1.1	<i>Den direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen zugrunde liegende N-Mengen (3.D)</i>	477
5.1.5.1.2	<i>Flächen bewirtschafteter organischer Böden (3.D)</i>	479
5.1.5.1.3	<i>Deposition reaktiven Stickstoffs (3.B, 3.D, 3.J)</i>	479

5.1.5.1.4	Auswaschung und Oberflächenabfluss (3.D)	480
5.1.5.2	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Kalkung und Harnstoffanwendung (3.G-I)	480
5.1.5.3	NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen	481
<b>5.1.6</b>	<b>Gesamtunsicherheit aller THG-Emissionen des Sektors 3</b>	<b>481</b>
<b>5.1.7</b>	<b>Qualitätssicherung und -kontrolle</b>	<b>485</b>
5.1.7.1	Qualitätsmanagement Emissionsinventare des Thünen-Instituts	485
5.1.7.2	Eingangsdaten, Berechnungsverfahren und Emissionsergebnisse	485
5.1.7.3	Verifizierung	486
5.1.7.4	Reviews und Reports	487
<b>5.2</b>	<b>FERMENTATION BEI DER VERDAUUNG (3.A)</b>	<b>487</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Beschreibung der Quellgruppe (3.A)</b>	<b>487</b>
<b>5.2.2</b>	<b>Methodische Aspekte (3.A)</b>	<b>488</b>
5.2.2.1	Methodik (3.A)	488
5.2.2.2	Emissionsfaktoren (3.A)	489
5.2.2.3	Emissionen (3.A)	490
<b>5.2.3</b>	<b>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.A)</b>	<b>490</b>
<b>5.2.4</b>	<b>Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.A)</b>	<b>490</b>
<b>5.2.5</b>	<b>Quellenspezifische Rückrechnungen (3.A)</b>	<b>493</b>
<b>5.2.6</b>	<b>Geplante Verbesserungen (3.A)</b>	<b>494</b>
<b>5.3</b>	<b>WIRTSCHAFTSDÜNGER-MANAGEMENT (3.B)</b>	<b>494</b>
<b>5.3.1</b>	<b>Beschreibung der Quellgruppe (3.B)</b>	<b>494</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (3.B, CH<sub>4</sub>)</b>	<b>496</b>
5.3.2.1	Beschreibung der Quellgruppe (3.B, CH <sub>4</sub> )	496
5.3.2.2	Methodische Aspekte (3.B, CH <sub>4</sub> )	496
5.3.2.2.1	Methodik (3.B, CH <sub>4</sub> )	496
5.3.2.2.2	Emissionsfaktoren (3.B, CH <sub>4</sub> )	496
5.3.2.2.3	Emissionen (CRF 3.B, CH <sub>4</sub> )	497
5.3.2.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.B, CH <sub>4</sub> )	497
5.3.2.4	Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.B, CH <sub>4</sub> )	498
5.3.2.5	Quellenspezifische Rückrechnungen (3.B, CH <sub>4</sub> )	501
5.3.2.6	Geplante Verbesserungen (3.B, CH <sub>4</sub> )	502
<b>5.3.3</b>	<b>NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management</b>	<b>502</b>
5.3.3.1	Beschreibung der Quellgruppe (NMVOC)	502
5.3.3.2	Methodische Aspekte (NMVOC)	502
5.3.3.2.1	Methodik (NMVOC)	502
5.3.3.2.2	Emissionsfaktoren (NMVOC)	502
5.3.3.2.3	Emissionen (NMVOC)	503
5.3.3.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (NMVOC)	503
5.3.3.4	Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (NMVOC)	504
5.3.3.5	Quellenspezifische Rückrechnungen (NMVOC)	504
5.3.3.6	Geplante Verbesserungen (NMVOC)	504
<b>5.3.4</b>	<b>Direkte N<sub>2</sub>O- und NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (3.B, N<sub>2</sub>O &amp; NO)</b>	<b>504</b>
5.3.4.1	Beschreibung der Quellgruppe (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> & NO)	504
5.3.4.2	Methodische Aspekte (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> & NO)	504
5.3.4.2.1	Methodik (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> & NO)	504
5.3.4.2.2	Emissionsfaktoren (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> & NO)	505
5.3.4.2.3	Emissionen (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> & NO)	506
5.3.4.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> & NO)	508
5.3.4.4	Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> & NO)	508
5.3.4.5	Quellenspezifische Rückrechnungen (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> & NO)	509
5.3.4.6	Geplante Verbesserungen (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> & NO)	510
<b>5.3.5</b>	<b>Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge des Wirtschaftsdünger-Managements (3.B)</b>	<b>510</b>
5.3.5.1	Beschreibung der Quellgruppe (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> )	510
5.3.5.2	Methodische Aspekte (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> )	510
5.3.5.2.1	Methodik (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> )	510
5.3.5.2.2	Emissionsfaktor (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> )	511
5.3.5.2.3	Emissionen (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> )	511
5.3.5.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> )	511
5.3.5.4	Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> )	511
5.3.5.5	Quellenspezifische Rückrechnungen (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> )	511
5.3.5.6	Geplante Verbesserungen (3.B, N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> )	511
<b>5.4</b>	<b>REISANBAU (3.C)</b>	<b>512</b>

<b>5.5</b>	<b>LANDWIRTSCHAFTLICHE BÖDEN (3.D)</b>	<b>512</b>
5.5.1	Beschreibung der Quellgruppe (3.D)	512
5.5.2	Methodische Aspekte und Emissionen(3.D)	513
5.5.2.1	Methodik und Emissionsfaktoren (3.D)	513
5.5.2.1.1	Direkte N <sub>2</sub> O-Emissionen (3.D.a)	513
5.5.2.1.2	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen als Folge der Deposition reaktiven Stickstoffs aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden(3.D)	513
5.5.2.1.3	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen als Folge von Auswaschung und Oberflächenabfluss (3.D)	514
5.5.2.1.4	NO-Emissionen	514
5.5.2.1.5	NM VOC-Emissionen	514
5.5.2.2	Die Frac-Größen (3.D)	515
5.5.2.3	Emissionen (3.D)	515
5.5.3	Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.D)	517
5.5.4	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.D)	517
5.5.5	Quellenspezifische Rückrechnungen (3.D)	518
5.5.6	Geplante Verbesserungen (3.D)	519
<b>5.6</b>	<b>BRANDRODUNG (3.E)</b>	<b>519</b>
<b>5.7</b>	<b>VERBRENNEN VON ERNTERÜCKSTÄNDEN AUF DER FLÄCHE (3.F)</b>	<b>519</b>
<b>5.8</b>	<b>CO<sub>2</sub> AUS KALKUNG UND HARNSTOFFANWENDUNG (3.G-I)</b>	<b>519</b>
5.8.1	Beschreibung der Quellgruppe	519
5.8.2	Methodik und Emissionen	520
5.8.3	Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung	520
5.8.4	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz	520
5.8.5	Quellenspezifische Rückrechnungen	520
5.8.6	Geplante Verbesserungen	520
<b>5.9</b>	<b>CH<sub>4</sub> UND N<sub>2</sub>O AUS DER VERGÄRUNG VON ENERGIEPFLANZEN (FERMENTER UND GÄRRETELAGER) (3.J)</b>	<b>521</b>
5.9.1	Beschreibung der Quellgruppe	521
5.9.2	Methodische Aspekte	521
5.9.3	CH <sub>4</sub> -Emissionsfaktor und -Emissionen (3.J, CH <sub>4</sub> )	522
5.9.4	N <sub>2</sub> O-Emissionsfaktoren und -Emissionen (3.J, N <sub>2</sub> O)	522
5.9.5	NO-Emissionsfaktoren und -Emissionen (3.J, NO)	523
5.9.6	Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.J)	523
5.9.7	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.J)	523
5.9.8	Quellenspezifische Rückrechnungen (3.J)	523
5.9.9	Geplante Verbesserungen (3.J)	523
<b>6</b>	<b>LANDNUTZUNG, LANDNUTZUNGSÄNDERUNG UND FORSTWIRTSCHAFT (CRF SEKTOR 4)</b>	<b>524</b>
<b>6.1</b>	<b>ÜBERSICHT (CRF SEKTOR 4)</b>	<b>524</b>
6.1.1	Kategorien und Gesamtemissionen und -senken 1990 - 2014	524
6.1.2	Methodische Grundlagen	527
6.1.2.1	Treibhausgasemissionen aus Mineralböden (4.A bis 4.F)	530
6.1.2.1.1	Kohlenstoff	530
6.1.2.1.2	Lachgas	532
6.1.2.2	Treibhausgasemissionen aus organischen Böden (4.A bis 4.F; 4.(II))	533
6.1.2.2.1	Aktivitätsdaten (3.D, 4.A- 4.E; 4.(II))	534
6.1.2.2.2	Emissionsfaktoren für Treibhausgase aus drainierten organischen Böden in allen Landnutzungskategorien (3.D, 4.A- 4.E; 4(II))	535
6.1.2.2.3	Implizierte Emissionsfaktoren (IEF) für Treibhausgase aus organischen Böden (4.A- 4.E; 4(II))	537
6.1.2.3	Biomasse (4.B bis 4.F)	537
6.1.3	Qualitätssicherung und -kontrolle	540
6.1.3.1	Qualitätsmanagement Emissionsinventare des Thünen-Instituts	540
6.1.3.2	Eingangsdaten, Berechnungsverfahren und Emissionsergebnisse	540
6.1.3.3	Verifizierung	542
6.1.3.4	Reviews und Reports	542
6.1.4	Geplante Verbesserungsmaßnahmen	542
<b>6.2</b>	<b>DEFINITIONEN VON LANDNUTZUNG, KLASSIFIZIERUNGSSYSTEME UND IHRE WIDERSPIEGELUNG IN DEN LULUCF-KATEGORIEN</b>	<b>543</b>
6.2.1	Wälder	545
6.2.2	Ackerland	546
6.2.3	Grünland	546
6.2.4	Feuchtgebiete	547

<b>6.2.5 Siedlungen</b>	<b>549</b>
<b>6.2.6 Sonstiges Land</b>	<b>549</b>
<b>6.3 INFORMATIONEN ZU DEN FÜR DIE ERMITTLUNG DER LANDFLÄCHEN GEWÄHLTEN ANSÄTZEN UND ZU DEN VERWENDETEN LANDNUTZUNGS-DATENQUELLEN</b>	<b>550</b>
<b>6.3.1 Einleitung</b>	<b>550</b>
<b>6.3.2 Datengrundlage und -aufarbeitung</b>	<b>550</b>
6.3.2.1 Datenquellen	551
6.3.2.2 Ableiten der LULUCF-Informationen	555
<b>6.3.3 Validierung und Fehlerbetrachtungen</b>	<b>557</b>
<b>6.3.4 Schrittweise Implementierung</b>	<b>558</b>
6.3.4.1 Ableitung der Landnutzung	558
6.3.4.2 Ableitung der jährlichen Landnutzungsänderungen	561
<b>6.3.5 Landnutzungsänderungen nach Konvention und KP</b>	<b>561</b>
<b>6.3.6 Verifizierung</b>	<b>565</b>
<b>6.4 WÄLDER (4.A)</b>	<b>566</b>
<b>6.4.1 Beschreibung der Kategorie (4.A)</b>	<b>566</b>
6.4.1.1 Verbleibende Waldfläche (Forest Land remaining Forest Land) (4.A.1)	568
6.4.1.2 Neuwaldflächen (Land converted to Forest Land) (4.A.2)	568
<b>6.4.2 Methodische Aspekte (4.A)</b>	<b>569</b>
6.4.2.1 Datenquellen	569
6.4.2.1.1 Bundeswaldinventur, Inventurstudie 2008 und Datenspeicher Waldfonds	569
6.4.2.1.2 Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)	570
6.4.2.2 Biomasse (CRF-Table 4.A)	570
6.4.2.2.1 Verbleibende Waldfläche	570
6.4.2.2.2 Neuwaldfläche	572
6.4.2.2.3 Herleitung der Einzelbaumbiomassen	573
6.4.2.2.4 Konvertierung in oberirdische Einzelbaumbiomasse	573
6.4.2.2.5 Konvertierung in unterirdische Biomasse	576
6.4.2.2.6 Konvertierung der Einzelbaumbiomasse in Kohlenstoff	577
6.4.2.2.7 Zustandsschätzer für 1987, 2002, 2008 u. 2012	577
6.4.2.2.8 Schätzer für die Vorratsveränderung nach der „Stock-Difference-Method“	578
6.4.2.2.9 Interpolation der Zeiträume hin zu jährlichen Veränderungsschätzungen	579
6.4.2.3 Totholz (CRF-Table 4.A)	579
6.4.2.3.1 Verbleibende Waldfläche	579
6.4.2.3.2 Neuwaldfläche	581
6.4.2.4 Streu (CRF-Table 4.A)	581
6.4.2.4.1 Verbleibende Waldfläche	581
6.4.2.4.2 Neuwaldflächen	581
6.4.2.4.3 Herleitung der Kohlenstoffvorräte der Streu	582
6.4.2.4.4 Herleitung der Kohlenstoffvorratsänderung in der Streu in dem Zeitraum von 1990 (BZE I) bis 2006 (BZE II)	583
6.4.2.5 Mineralische Böden (CRF-Table 4.A)	583
6.4.2.5.1 Verbleibende Waldfläche	583
6.4.2.5.2 Neuwaldflächen	583
6.4.2.5.3 Herleitung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen	584
6.4.2.5.4 Ergebnisse der Herleitung der Kohlenstoffvorräte und -vorratsveränderungen	586
6.4.2.6 Organische Böden (CRF-Table 4.A)	587
6.4.2.6.1 Verbleibende Waldfläche	588
6.4.2.6.2 Neuwaldflächen	588
6.4.2.7 Sonstige Treibhausgasemissionen aus Wäldern	588
6.4.2.7.1 Lachgas-Emissionen aus Stickstoffdüngung (CRF-Table 4(I))	588
6.4.2.7.2 Entwässerung und Wiedervernässung von organischen und mineralischen Böden (CRF-Table 4(II))	588
6.4.2.7.3 Direkte Lachgas-Emissionen von Stickstoff-Mineralisierung bzw. Immobilisierung (CRF-Table 4(III))	589
6.4.2.7.4 Indirekte Lachgas-Emissionen aus bewirtschafteten Böden (CRF-Table 4(IV))	589
6.4.2.7.5 Waldbrand (CRF-Table 4(V))	589
<b>6.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.A)</b>	<b>591</b>
6.4.3.1 Unsicherheiten bei der Schätzung von Landnutzungsänderungsflächen	592
6.4.3.2 Unsicherheiten bei der Schätzung der Emissionsfaktoren von lebender und toter Biomasse	592
6.4.3.3 Unsicherheiten bei der Schätzung der Streu und der mineralischen Böden	596
6.4.3.3.1 Probenahmefehler	596
6.4.3.3.2 Kleinräumige Variabilität	596

6.4.3.3.3	<i>Repräsentanz von Punkten innerhalb der Straten</i>	596
6.4.3.3.4	<i>Stichprobenfehler</i>	596
6.4.3.3.5	<i>Quantifizierung von methodisch bedingten Unsicherheiten</i>	597
6.4.3.4	<i>Zeitreihenkonsistenz</i>	598
<b>6.4.4</b>	<b>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.A)</b>	<b>599</b>
6.4.4.1	Biomasse und Totholz	599
6.4.4.2	Streu und mineralische Böden	599
6.4.4.3	Vergleich mit Ergebnissen anderer Staaten	599
<b>6.4.5</b>	<b>Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.A)</b>	<b>602</b>
<b>6.4.6</b>	<b>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.A)</b>	<b>603</b>
<b>6.5</b>	<b>ACKERLAND (4.B)</b>	<b>603</b>
<b>6.5.1</b>	<b>Beschreibung der Kategorie (4.B)</b>	<b>603</b>
<b>6.5.2</b>	<b>Methodische Aspekte (4.B)</b>	<b>606</b>
6.5.2.1	Biomasse	606
6.5.2.1.1	<i>Kohlenstoffvorräte in der Biomasse von Dauerkulturen (perennierenden Ackerkulturen)</i>	607
6.5.2.1.2	<i>Kohlenstoffvorräte in der Biomasse von annuellen Ackerkulturen</i>	607
6.5.2.1.3	<i>Gesamte Kohlenstoffvorräte in der Biomasse Ackerland</i>	608
6.5.2.2	Mineralische Böden	609
6.5.2.3	Organische Böden	610
<b>6.5.3</b>	<b>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.B)</b>	<b>610</b>
<b>6.5.4</b>	<b>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.B)</b>	<b>612</b>
<b>6.5.5</b>	<b>Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.B)</b>	<b>613</b>
<b>6.5.6</b>	<b>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.B)</b>	<b>615</b>
<b>6.6</b>	<b>GRÜNLAND (4.C)</b>	<b>615</b>
<b>6.6.1</b>	<b>Beschreibung der Kategorie (4.C)</b>	<b>615</b>
<b>6.6.2</b>	<b>Methodische Aspekte (4.C)</b>	<b>620</b>
6.6.2.1	Datenquellen	620
6.6.2.2	Biomasse	620
6.6.2.2.1	<i>Grünland im engeren Sinne (i.e.S.)</i>	621
6.6.2.2.2	<i>Gehölze</i>	621
6.6.2.3	Mineralische Böden	623
6.6.2.4	Organische Böden	623
<b>6.6.3</b>	<b>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.C)</b>	<b>624</b>
<b>6.6.4</b>	<b>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.C)</b>	<b>626</b>
<b>6.6.5</b>	<b>Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.C)</b>	<b>627</b>
<b>6.6.6</b>	<b>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.C)</b>	<b>629</b>
<b>6.7</b>	<b>WETLAND (4.D)</b>	<b>630</b>
<b>6.7.1</b>	<b>Beschreibung der Kategorie (4.D)</b>	<b>630</b>
<b>6.7.2</b>	<b>Methodische Aspekte (4.D)</b>	<b>633</b>
6.7.2.1	Datenquellen	633
6.7.2.2	Biomasse	633
6.7.2.3	Mineralböden	633
6.7.2.4	Organische Böden	634
6.7.2.4.1	<i>Torfabbau</i>	634
<b>6.7.3</b>	<b>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.D)</b>	<b>635</b>
<b>6.7.4</b>	<b>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.D)</b>	<b>637</b>
<b>6.7.5</b>	<b>Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.D)</b>	<b>638</b>
<b>6.7.6</b>	<b>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.D)</b>	<b>640</b>
<b>6.8</b>	<b>SIEDLUNGEN (4.E)</b>	<b>641</b>
<b>6.8.1</b>	<b>Beschreibung der Kategorie (4.E)</b>	<b>641</b>
<b>6.8.2</b>	<b>Methodische Aspekte (4.E)</b>	<b>643</b>
6.8.2.1	Datenquellen	643
6.8.2.2	Biomasse	643
6.8.2.3	Mineralische Böden	644
6.8.2.4	Organische Böden	644
<b>6.8.3</b>	<b>Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.E)</b>	<b>644</b>
<b>6.8.4</b>	<b>Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.E)</b>	<b>645</b>
<b>6.8.5</b>	<b>Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.E)</b>	<b>647</b>
<b>6.8.6</b>	<b>Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.E)</b>	<b>649</b>
<b>6.9</b>	<b>SONSTIGES LAND (4.F)</b>	<b>649</b>
<b>6.9.1</b>	<b>Beschreibung der Kategorie (4.F)</b>	<b>649</b>
<b>6.9.2</b>	<b>Methodische Aspekte (4.F)</b>	<b>649</b>

<b>6.9.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.F)</b>	<b>650</b>
<b>6.9.4 Categoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.F)</b>	<b>650</b>
<b>6.9.5 Categoriespezifische Rückrechnungen (4.F)</b>	<b>650</b>
<b>6.9.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.F)</b>	<b>650</b>
<b>6.10 HOLZPRODUKTE (4.G)</b>	<b>650</b>
<b>6.10.1 Beschreibung der Kategorie (4.G)</b>	<b>650</b>
<b>6.10.2 Methodische Aspekte (4.G)</b>	<b>651</b>
6.10.2.1 Aktivitätsdaten	651
6.10.2.2 Emissionsfaktoren	652
6.10.2.3 Verwendete Berechnungsmethode	652
<b>6.10.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.G)</b>	<b>653</b>
<b>6.10.4 Categoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.G)</b>	<b>653</b>
<b>6.10.5 Categoriespezifische Rückrechnungen (4.G)</b>	<b>653</b>
<b>6.10.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.G)</b>	<b>654</b>
<b>6.11 ANDERE BEREICHE (4.H)</b>	<b>654</b>
<b>7 ABFALL UND ABWASSER (CRF SEKTOR 5)</b>	<b>655</b>
<b>7.1 ÜBERSICHT (CRF SEKTOR 5)</b>	<b>655</b>
<b>7.2 ABFALLDEPONIERUNG (5.A)</b>	<b>655</b>
<b>7.2.1 Geordnete Deponierung – Deponierung von Siedlungsabfällen (5.A.1)</b>	<b>656</b>
7.2.1.1 Beschreibung der Kategorie (5.A.1)	656
7.2.1.2 Methodische Aspekte (5.A.1)	657
7.2.1.2.1 Deponierte Abfallmengen	659
7.2.1.2.2 Abfallzusammensetzung	661
7.2.1.2.3 $F$ (Methankorrekturfaktor)	664
7.2.1.2.4 $DOC$	664
7.2.1.2.5 $DOC_F$	665
7.2.1.2.6 $F = \text{Anteil des } CH_4 \text{ am Deponiegas}$	665
7.2.1.2.7 Halbwertszeit	665
7.2.1.2.8 Deponiegasnutzung	666
7.2.1.2.9 Oxidationsfaktor	668
7.2.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.A.1)	668
7.2.1.4 Categoriespezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.A.1)	668
7.2.1.5 Categoriespezifische Rückrechnungen (5.A.1)	668
7.2.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (5.A.1)	669
<b>7.3 BIOABFALLBEHANDLUNG (5.B)</b>	<b>669</b>
<b>7.3.1 Bioabfallbehandlung - Kompostierungsanlagen (5.B.1)</b>	<b>669</b>
7.3.1.1 Beschreibung der Kategorie (5.B.1)	669
7.3.1.2 Methodische Aspekte (5.B.1)	669
7.3.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.B.1)	670
7.3.1.4 Categoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.B.1)	671
7.3.1.5 Categoriespezifische Rückrechnungen (5.B.1)	671
7.3.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (5.B.1)	671
<b>7.3.2 Bioabfallbehandlung - Vergärungsanlagen (5.B.2)</b>	<b>671</b>
7.3.2.1 Beschreibung der Kategorie (5.B.2)	671
7.3.2.2 Methodische Aspekte (5.B.2)	672
7.3.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.B.2)	673
7.3.2.4 Categoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.B.2)	673
7.3.2.5 Categoriespezifische Rückrechnungen (5.B.2)	673
7.3.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (5.B.2)	673
<b>7.4 ABFALLVERBRENNUNG (5.C)</b>	<b>673</b>
<b>7.5 ABWASSERBEHANDLUNG (5.D)</b>	<b>674</b>
<b>7.5.1 Kommunale Abwasserbehandlung (5.D.1)</b>	<b>674</b>
7.5.1.1 Methanemissionen der kommunalen Abwasserbehandlung (5.D.1 Abwasserbehandlung)	674
7.5.1.1.1 Beschreibung der Kategorie (5.D.1 Abwasserbehandlung)	674
7.5.1.1.2 Methodische Aspekte (5.D.1 Abwasserbehandlung)	675
7.5.1.1.3 Unsicherheit und Zeitreihenkonsistenz (5.D.1 Abwasserbehandlung)	676
7.5.1.1.4 Categoriespezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.D.1 Abwasserbehandlung)	677
7.5.1.1.5 Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.1 Abwasserbehandlung)	677
7.5.1.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (5.D.1 Abwasserbehandlung)	677
7.5.1.2 Methanemissionen der kommunalen Schlammbehandlung (5.D.1 Schlammbehandlung)	677

7.5.1.2.1	Beschreibung der Kategorie (5.D.1 Schlammbehandlung)	677
7.5.1.2.2	Methodische Aspekte (5.D.1 Schlammbehandlung)	679
7.5.1.2.2.1	Faulgas	679
7.5.1.2.2.2	Fackel (Verluste)	679
7.5.1.2.2.3	Offene Schlammfäulung	680
7.5.1.2.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D.1 Schlammbehandlung)	680
7.5.1.2.3.1	Faulgas	680
7.5.1.2.3.2	Offene Schlammfäulung	680
7.5.1.2.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.D.1 Schlammbehandlung)	681
7.5.1.2.5	Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.1 Schlammbehandlung)	681
7.5.1.2.6	Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.D.1 Schlammbehandlung)	681
7.5.1.3	Lachgasemissionen aus dem kommunalen Abwasser (5.D.1 Lachgas kommunal)	681
7.5.1.3.1	Beschreibung der Kategorie (5.D.1 Lachgas kommunal)	681
7.5.1.3.2	Methodische Aspekte (5.D.1 Lachgas kommunal)	682
7.5.1.3.3	Unsicherheit und Zeitreihenkonsistenz (5.D.1 Lachgas kommunal)	684
7.5.1.3.4	Quellgruppenspezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.D.1 Lachgas kommunal)	685
7.5.1.3.5	Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.1 Lachgas kommunal)	687
7.5.1.3.6	Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.D.1 Lachgas kommunal)	687
<b>7.5.2</b>	<b>Industrielle Abwasserbehandlung (5.D.2)</b>	<b>687</b>
7.5.2.1.1	Beschreibung der Kategorie (5.D.2)	687
7.5.2.1.2	Methodische Aspekte (5.D.2)	689
7.5.2.1.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D.2)	690
7.5.2.1.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.D.2)	691
7.5.2.1.5	Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.2)	691
7.5.2.1.6	Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.D.2)	691
7.5.2.2	Lachgasemissionen der industriellen Abwasserbehandlung (5.D.2)	691
7.5.2.2.1	Beschreibung der Kategorie (5.D.2 N <sub>2</sub> O industriell)	691
7.5.2.2.2	Methodische Aspekte (5.D.2 N <sub>2</sub> O industriell)	691
7.5.2.2.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D.2 N <sub>2</sub> O industriell)	693
7.5.2.2.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.D.2 N <sub>2</sub> O industriell)	694
7.5.2.2.5	Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.2 N <sub>2</sub> O industriell)	694
7.5.2.2.6	Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.D.2 N <sub>2</sub> O industriell)	695
<b>7.6</b>	<b>ANDERE BEREICHE (5.E)</b>	<b>695</b>
<b>7.6.1</b>	<b>Andere Bereiche - Mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) (5.E Other MBA)</b>	<b>695</b>
7.6.1.1	Beschreibung der Kategorie (5.E Other MBA)	695
7.6.1.2	Methodische Aspekte (5.E Other MBA)	697
7.6.1.3	Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.E Other MBA)	699
7.6.1.4	Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.E Other MBA)	699
7.6.1.5	Kategoriespezifische Rückrechnungen (5.E Other MBA)	699
7.6.1.6	Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.E Other MBA)	700
<b>8</b>	<b>ANDERE (CRF SEKTOR 7)</b>	<b>700</b>
<b>9</b>	<b>INDIREKTES CO<sub>2</sub> &amp; NO<sub>x</sub></b>	<b>700</b>
<b>10</b>	<b>RÜCKRECHNUNGEN UND VERBESSERUNGEN</b>	<b>701</b>
<b>10.1</b>	<b>ERKLÄRUNG UND RECHTFERTIGUNG DER RÜCKRECHNUNGEN</b>	<b>701</b>
<b>10.1.1</b>	<b>Treibhausgas-Inventar</b>	<b>701</b>
10.1.1.1	Generelles Vorgehen	701
10.1.1.2	Rückrechnungen im Inventar 2016 nach Quellgruppen	701
10.1.1.3	Rückrechnungen im Inventar 2016 nach Substanzen	703
10.1.1.4	Rückrechnungen als Umsetzung von Ergebnissen des Review Prozesses	704
<b>10.1.2</b>	<b>KP-LULUCF-Inventar</b>	<b>705</b>
10.1.2.1	Generelles Vorgehen	705
10.1.2.2	Rückrechnungen im Inventar 2016 nach Quellgruppen	705
10.1.2.3	Rückrechnungen im Inventar 2016 nach Substanzen	705
10.1.2.4	Rückrechnungen als Umsetzung von Ergebnissen des Review Prozesses	705
<b>10.2</b>	<b>AUSWIRKUNG AUF DIE HÖHE DER EMISSIONEN</b>	<b>705</b>
<b>10.2.1</b>	<b>Treibhausgas-Inventar</b>	<b>705</b>
10.2.1.1	Auswirkung auf die Emissionshöhe von Kategorien 1990	706

10.2.1.2 Auswirkung auf die Emissionshöhe von Kategorien 2013	707
<b>10.2.2 KP-LULUCF-Inventar</b>	<b>709</b>
10.2.2.1 Auswirkung auf die Emissionshöhe von Kategorien 1990	709
10.2.2.2 Auswirkung auf die Emissionshöhe von Kategorien 2013	709
<b>10.3 AUSWIRKUNG AUF DIE EMISSIONSTRENDS UND DIE KONSISTENZ DER ZEITREIHE</b>	<b>709</b>
<b>10.3.1 Treibhausgas-Inventar</b>	<b>709</b>
<b>10.3.2 KP-LULUCF-Inventar</b>	<b>710</b>
<b>10.4 VERBESSERUNGEN DES INVENTARS</b>	<b>710</b>
<b>10.4.1 Treibhausgas-Inventar</b>	<b>710</b>
<b>10.4.2 KP &amp; LULUCF</b>	<b>726</b>
<b>10.4.3 Implementing Regulation Article 9: Reporting on implementation of recommendations and adjustments</b>	<b>726</b>
<b>11 ERGÄNZENDE INFORMATIONEN WIE NACH ARTIKEL 7, ABSATZ 1 DES KYOTO-PROTOKOLLS GEFORDERT</b>	<b>733</b>
<b>11.1 ALLGEMEINE INFORMATIONEN</b>	<b>733</b>
<b>11.1.1 Walddefinition und andere Kriterien</b>	<b>733</b>
<b>11.1.2 Gewählte Aktivitäten unter Artikel 3, Absatz 4 des Kyoto-Protokolls</b>	<b>734</b>
<b>11.1.3 Beschreibung wie die Definitionen aller Aktivitäten nach Artikel 3.3 und aller gewählten Aktivitäten nach Artikel 3.4 umgesetzt und im Zeitverlauf konstant angewandt wurden</b>	<b>734</b>
11.1.3.1 Neu- und Wiederaufforstung und Entwaldung (ARD)	734
11.1.3.2 Waldbewirtschaftung (FM)	736
11.1.3.3 Ackerlandbewirtschaftung (CM)	736
11.1.3.4 Weidelandbewirtschaftung (GM)	737
<b>11.1.4 Beschreibung der vorrangigen Bedingungen und/oder der Hierarchie unter den Aktivitäten nach Artikel 3.4, und wie sie konstant auf die Bestimmung der Landklassifizierung angewandt wurden</b>	<b>738</b>
<b>11.2 LANDBEZOGENE INFORMATIONEN</b>	<b>739</b>
<b>11.2.1 Methode, die für die Bestimmung der Flächengröße nach Artikel 3.3 genutzt wird</b>	<b>739</b>
<b>11.2.2 Methodik, die zur Entwicklung der Landübergangsmatrix benutzt wird</b>	<b>739</b>
<b>11.2.3 Karten und/oder Datenbanken zur Bestimmung der geografischen Position von Flächen und das dazugehörige Identifizierungssystem</b>	<b>741</b>
<b>11.3 AKTIVITÄTSSPEZIFISCHE INFORMATIONEN</b>	<b>741</b>
<b>11.3.1 Methoden für die Bestimmung der Kohlenstoffvorratsänderung, Treibhausgasemissionen und Reduktionsschätzungen</b>	<b>741</b>
11.3.1.1 Beschreibung der Methoden und der angewandten, zugrundeliegenden Annahmen	741
11.3.1.1.1 Zusammenfassung	741
11.3.1.1.2 Biomasse	746
11.3.1.1.3 Totholz	747
11.3.1.1.4 Streu	748
11.3.1.1.5 Mineralische Böden	748
11.3.1.1.6 Organische Böden	750
11.3.1.1.7 Holzprodukte	751
11.3.1.1.8 Sonstige Treibhausgasemissionen	751
11.3.1.2 Begründung bei Nichtberücksichtigung eines Kohlenstoffpools oder Treibhausgasemissionen/-abbau bei Aktivitäten nach Artikel 3.3 und gewählten Aktivitäten nach Artikel 3.4	752
11.3.1.3 Informationen ob indirekte oder natürliche Treibhausgase ausgeklammert wurden oder nicht	752
11.3.1.4 Änderungen in den Daten und Methoden seit der letzten Einreichung (Rückrechnungen)	752
11.3.1.5 Schätzung der Unsicherheiten	755
11.3.1.5.1 Schätzung der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für die Biomasse und das Totholz für KP Art. 3.3 und KP Art. 3.4 Waldbewirtschaftung	758
11.3.1.5.2 Schätzung der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für Mineralböden und Streu für KP Art. 3.3 und KP Art. 3.4 Waldbewirtschaftung	758
11.3.1.5.3 Schätzung der Unsicherheiten für die Holzprodukte	759
11.3.1.6 Informationen über andere Methoden	759
11.3.1.7 Das Anfangsjahr einer Aktivität, falls nach 2013	762
<b>11.4 ARTIKEL 3.3</b>	<b>762</b>

11.4.1	Informationen, die belegen, dass Aktivitäten nach Artikel 3.3 am oder nach dem 1. Januar 1990 und vor dem 31. Dezember 2020 begonnen haben und direkt vom Menschen verursacht sind	762
11.4.2	Informationen über die Unterscheidung zwischen Ernte oder Waldzerstörung, die von Wiederaufforstung gefolgt sind, und Entwaldung	763
11.4.3	Informationen über die Größe und geografische Lage von Waldgebieten, die ihre Waldbedeckung verloren haben aber nicht als entwaldet gelten	764
11.4.4	Informationen in Bezug auf Natürlichen Störungen unter dem Artikel 3.3	764
11.4.5	Informationen zu den Holzprodukten unter dem Artikel 3.3	764
11.5	<b>ARTIKEL 3.4</b>	<b>765</b>
11.5.1	Informationen, die belegen, dass Aktivitäten nach Artikel 3.4 seit dem 1. Januar 1990 auftraten und vom Menschen verursacht sind	765
11.5.1.1	Waldbewirtschaftung	765
10.5.1.2	<b>Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung</b>	<b>767</b>
11.5.2	Informationen bezüglich der Ackerland- und Weidelandbewirtschaftung für das Basisjahr	768
11.5.2.1	Ackerlandbewirtschaftung	768
11.5.2.2	Weidelandbewirtschaftung	768
11.5.3	<b>Informationen zur Waldbewirtschaftung</b>	<b>769</b>
11.5.3.1.1	<i>Definition der Waldbewirtschaftung</i>	769
11.5.3.2	Umwandlung von natürlichen Wäldern (Natural Forest) zu Gepflanzter Wald (Planted Forest)	770
11.5.3.3	Forest Management Reference Levels (FMRL)	771
11.5.3.4	Technische Korrektur des FMRL	771
11.5.3.5	Informationen in Bezug auf Natürlichen Störungen unter dem Artikel 3.4	771
11.5.3.6	Informationen zu den Holzprodukten unter dem Artikel 3.4	771
11.6	<b>WEITERE INFORMATIONEN</b>	<b>772</b>
11.6.1	Hauptkategorienanalyse für Aktivitäten nach Artikel 3.3 und die gewählten Aktivitäten nach Artikel 3.4	772
11.7	<b>INFORMATIONEN ZU ARTIKEL 6 (JI- &amp; CDM-PROJEKTE / MANAGEMENT DER ERU)</b>	<b>772</b>
12	<b>INFORMATIONEN ZUR BUCHFÜHRUNG DER KYOTO-EINHEITEN</b>	<b>772</b>
12.1	<b>BACKGROUND INFORMATION</b>	<b>772</b>
12.2	<b>SUMMARY OF INFORMATION REPORTED IN THE SEF TABLES</b>	<b>772</b>
12.3	<b>DISCREPANCIES AND NOTIFICATIONS</b>	<b>773</b>
12.4	<b>PUBLICLY ACCESSIBLE INFORMATION</b>	<b>773</b>
12.5	<b>CALCULATION OF THE COMMITMENT PERIOD RESERVE</b>	<b>774</b>
13	<b>INFORMATIONEN ÜBER ÄNDERUNGEN IM NATIONALEN SYSTEMS</b>	<b>774</b>
14	<b>INFORMATIONEN ZU ÄNDERUNGEN IN DEN NATIONALEN REGISTERN</b>	<b>774</b>
15	<b>INFORMATIONEN ZUR MINIMIERUNG DER NEGATIVEN EINFLÜSSE NACH ARTIKEL 3, ABSATZ 14</b>	<b>775</b>
16	<b>WEITERE INFORMATIONEN</b>	<b>779</b>
17	<b>ANHANG 1: HAUPTKATEGORIEN DES DEUTSCHEN TREIBHAUSGASINVENTARS</b>	<b>780</b>
17.1	<b>BESCHREIBUNG DER METHODEN ZUR FESTLEGUNG DER HAUPTKATEGORIEN</b>	<b>780</b>
17.1.1	Methode-1-Verfahren	781
17.1.2	Methode-2-Verfahren	781
17.1.3	Bewertung qualitativer Kriterien	781
17.1.4	Hauptkategorien-Analyse für die Kyoto-Berichterstattung	782
18	<b>ANHANG 2: DETAILLIERTE ERLÄUTERUNG DER METHODEN UND DATEN ZUR BERECHNUNG VON CO<sub>2</sub> EMISSIONEN AUS DER VERBRENNUNG VON BRENNSTOFFEN</b>	<b>783</b>
18.1	<b>DIE ENERGIEBILANZ FÜR DIE BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND</b>	<b>783</b>
18.2	<b>AUFBAU DER ENERGIEBILANZEN</b>	<b>784</b>
18.3	<b>METHODISCHE ASPEKTE: ENERGIEBEDINGTE AKTIVITÄTSRATEN</b>	<b>785</b>
18.4	<b>UNSICHERHEITEN, ZEITREIHENKONSISTENZ UND QUALITÄTSSICHERUNG DER ENERGIEBILANZ</b>	<b>786</b>
18.4.1	Qualitätsbericht der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen zur Erstellung der Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland	787

18.4.1.1.1 Hintergrund	787
18.4.1.1.2 Arbeitsteilung bei der Erstellung der Energiebilanzen	787
18.4.1.1.3 Qualität der verwendeten Datenquellen	788
18.4.1.1.4 Transparenz der Methoden und Verfahren	790
18.4.1.1.5 Kontrolle und Verifikation der Ergebnisse	791
18.4.1.1.6 Dokumentation und Archivierung	792
18.4.1.1.7 Qualifikation der Bearbeiter	792
18.4.1.1.8 Erläuterungen zur Aktualität bzw. zeitlichen Verfügbarkeit der Daten für die Erstellung der Energiebilanzen	792
18.4.1.2 Vergleich der Energiebilanz 2013 mit der Energiebilanz 2012	795
18.4.1.3 Vergleich der Schätzbilanz 2014 mit der Energiebilanz 2013	797
18.4.1.4 Vergleich der Energiebilanz 2013 mit der Schätzbilanz 2013	798
<b>18.5 AKTIONSPLAN ENERGIEDATEN INVENTARVERBESSERUNG</b>	<b>799</b>
<b>18.6 UNSICHERHEITEN DER AKTIVITÄTSRATEN STATIONÄRER FEUERUNGSANLAGEN</b>	<b>804</b>
<b>18.7 CO<sub>2</sub>-EMISSIONSFAKTOREN</b>	<b>804</b>
18.7.1 Steinkohlen	804
18.7.2 Braunkohlen	807
18.7.3 Mineralöle	809
18.7.4 Gase 811	
18.7.5 Abfall und Sonderbrennstoffe	813
18.7.6 Biomassebrennstoffe	813
18.7.7 Liste der abgeleiteten Kohlendioxid-Emissionsfaktoren für Energie & Industrieprozesse	814
<b>18.8 ANALYSE DER CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN AUS DER NICHTENERGETISCHEN VERWENDUNG VON ENERGIETRÄGERN</b>	<b>820</b>
<b>19 ANHANG 3: WEITERE DETAILLIERTE METHODISCHE BESCHREIBUNGEN FÜR EINZELNE QUELL- UND SENKENKATEGORIEN, INKLUSIVE KP-LULUCF-AKTIVITÄTEN</b>	<b>824</b>
<b>19.1 WEITERE DETAILLIERTE METHODISCHE BESCHREIBUNGEN FÜR DIE QUELLKATEGORIE ENERGIE (1)</b>	<b>824</b>
19.1.1 Überarbeitung der Aktivitätsraten stationärer Feuerungsanlagen der neuen Bundesländer für das Jahr 1990 und der Folgejahre (1.A.1 und 1.A.2)	824
19.1.2 Energiewirtschaft (1.A.1)	824
19.1.2.1 Methodische Aspekte der Ermittlung der Emissionsfaktoren (Kapitel 3.2.6.2)	824
19.1.2.2 CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Abgasentschwefelung (CRF 1.A.1, Kalksteinbilanz)	828
19.1.3 Verkehr (1.A.3)	829
19.1.3.1 Verkehr - Ziviler Luftverkehr (1.A.3.a)	829
19.1.3.1.1 Ableitung der weiteren Emissionsfaktoren (1.A.3.a)	829
19.1.3.1.2 Detailübersicht der für Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren zugrunde gelegten Unsicherheiten (1.A.3.a)	833
19.1.3.2 Ableitung der Aktivitätsraten zum Straßenverkehr (1.A.3.b)	834
19.1.3.2.1 Abgleich auf die Energiebilanz	834
19.1.3.2.2 Zuordnung von Bio-Kraftstoffen, Petroleum sowie Erd- und Flüssiggas auf die Strukturelemente	836
19.1.3.2.3 Aktivitätsrate für Verdunstung	836
19.1.3.3 Ableitung der Emissionsfaktoren	836
19.1.3.3.1 Emissionsfaktoren aus TREMOD	836
19.1.3.3.2 Emissionsfaktoren für Biodiesel, Bio-Ethanol, Petroleum, Erd- und Flüssiggas	837
19.1.3.4 Ableitung der Daten für West- und Ostdeutschland 1994	837
19.1.4 CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Schmierstoff-Mitverbrennung in Verkehrsträgern und weiteren mobilen Quellen	837
19.1.4.1 CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Schmierstoff-Mitverbrennung in Zweitakt-Ottomotoren	838
19.1.4.2 CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Schmierstoff-Mitverbrennung in Viertakt-Ottomotoren sowie sonstigen Motoren in Verkehrsträgern und mobilen Quellen	839
19.1.5 CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Einsatz von AdBlue® in Straßenverkehr und Off-Road-Fahrzeugen	840
<b>19.2 WEITERE DETAILLIERTE METHODISCHE BESCHREIBUNGEN FÜR DIE QUELLKATEGORIE INDUSTRIEPROZESSE (2)</b>	<b>842</b>
<b>19.3 WEITERE DETAILLIERTE METHODISCHE BESCHREIBUNGEN FÜR DIE QUELLKATEGORIE LANDWIRTSCHAFT (3)</b>	<b>842</b>
19.3.1 Berechnung der Emissionen zusätzlicher Tierkategorien	842
19.3.1.1 Tierplatzzahlen	842

19.3.1.2	CH <sub>4</sub> -Emissionen aus der Verdauung	842
19.3.1.3	CH <sub>4</sub> -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management	843
19.3.1.4	N <sub>2</sub> O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management	843
19.3.1.4.1	<i>N-Ausscheidungen</i>	844
19.3.1.4.2	<i>Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management</i>	845
19.3.1.5	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management	845
19.3.1.6	Direkte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden	846
19.3.1.7	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden	847
<b>19.3.2</b>	<b>Verteilungen von Haltungs- Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Weidegangdaten (CRF 3.B, 3.D)</b>	<b>847</b>
<b>19.4</b>	<b>WEITERE DETAILLIERTE METHODISCHE BESCHREIBUNGEN FÜR DIE QUELL- /SENKENKATEGORIE LANDNUTZUNGSÄNDERUNG UND FORSTWIRTSCHAFT (4)</b>	<b>861</b>
<b>19.4.1</b>	<b>Landnutzungsmatrix</b>	<b>861</b>
19.4.1.1	Begründung der Entscheidung für ein stichprobenbasiertes System	861
19.4.1.2	Begründung der Entscheidung für das BWI-Raster	862
<b>19.4.2</b>	<b>Ermittlung der Emissionsfaktoren für den Mineralboden</b>	<b>863</b>
19.4.2.1	Landnutzungskategorie Wald (Forest Land)	863
19.4.2.2	Landnutzungskategorien Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete, Siedlungen und Sonstiges Land	864
19.4.2.2.1	<i>Allgemein zu 4.B - 4.F</i>	864
19.4.2.2.2	<i>Ackerland</i>	865
19.4.2.2.3	<i>Grünland</i>	866
19.4.2.2.4	<i>Terrestrische Feuchtgebiete, Siedlungen und Sonstige Flächen</i>	866
19.4.2.2.5	<i>Unsicherheiten</i>	867
19.4.2.3	Geplante Verbesserungen	867
<b>19.4.3</b>	<b>Ableitung der Berechnungsgrößen (Emissionsfaktoren) für die Biomasse</b>	<b>868</b>
19.4.3.1	Perennierende Ackerkulturen	868
19.4.3.1.1	<i>Obstbäume</i>	868
19.4.3.1.2	<i>Weihnachtsbaumplantagen</i>	872
19.4.3.1.3	<i>Wein</i>	872
19.4.3.1.4	<i>Kurzumtriebsplantagen</i>	873
19.4.3.1.5	<i>Baumschulen</i>	874
19.4.3.1.6	<i>Mittlerer Kohlenstoffvorrat in der Biomasse von perennierenden Ackerkulturen</i>	875
<b>19.4.4</b>	<b>Unsicherheiten</b>	<b>876</b>
<b>19.5</b>	<b>WEITERE DETAILLIERTE METHODISCHE BESCHREIBUNGEN FÜR DIE QUELLKATEGORIE ABFALL UND ABWASSER (6)</b>	<b>891</b>
<b>20</b>	<b>ANHANG 4: CO<sub>2</sub> REFERENZVERFAHREN UND VERGLEICH MIT DEM SEKTORANSATZ UND RELEVANTE INFORMATIONEN ZUR NATIONALEN ENERGIEBILANZ</b>	<b>891</b>
<b>20.1</b>	<b>VERGLEICH DER ERGEBNISSE DES SEKTORALEN UND DES REFERENZ-ANSATZES</b>	<b>891</b>
<b>21</b>	<b>ANHANG 5: ÜBERPRÜFUNG DER VOLLSTÄNDIGKEIT UND DER POTENTIELL NICHT ERFASSTEN QUELLEN UND SENKEN VON TREIBHAUSGASEMISSIONEN</b>	<b>895</b>
<b>22</b>	<b>ANHANG 6: ZUSATZINFORMATIONEN ALS BESTANDTEIL DES NIR ODER ANDERE HILFREICHE REFERENZINFORMATIONEN</b>	<b>899</b>
<b>22.1</b>	<b>ZUSATZINFORMATIONEN ZUR INVENTARERSTELLUNG UND ZUM NATIONALEN SYSTEM</b>	<b>899</b>
<b>22.1.1</b>	<b>Festlegungen im Grundsatzpapier „Nationales System“ zur Emissionsberichterstattung</b>	<b>899</b>
<b>22.1.2</b>	<b>Zusatzinformationen zum Qualitätssystem Emission</b>	<b>902</b>
22.1.2.1	Mindestanforderungen an ein System zur Qualitätskontrolle und –sicherung	902
22.1.2.1.1	<i>Einführung</i>	902
22.1.2.1.2	<i>System zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung</i>	902
22.1.2.1.3	<i>Zuständige Stelle für die Koordinierung der QK/QS Aktivitäten</i>	903
22.1.2.1.4	<i>QK/QS Plan</i>	904
22.1.2.1.5	<i>Allgemeine Qualitätskontrolle</i>	904
22.1.2.1.6	<i>Quellgruppenspezifische Qualitätskontrolle</i>	905
22.1.2.1.7	<i>Verfahren zur Qualitätssicherung</i>	906
22.1.2.1.8	<i>Verfahren zur Berichterstattung</i>	906
22.1.2.1.9	<i>Dokumentation und Archivierung</i>	906
22.1.2.1.10	<i>Anlage 1: Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Emissionsberichterstattung im Umweltbundesamt</i>	908
22.1.2.1.10.1	<i>Einführung</i>	908

<b>Nationaler Inventarbericht Deutschland – 2016</b>	<b>Umweltbundesamt</b>
22.1.2.1.10.2 System zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung	908
22.1.2.1.10.2.1 Zuständige Stelle für die Koordinierung der QK/QS Aktivitäten im UBA	908
22.1.2.1.10.2.2 Verfahren zur Berichterstattung	909
22.1.2.1.10.3 QK-Plan, QS-Plan und Inventarplan	911
22.1.2.1.10.4 Verfahren zur allgemeinen und kategorie-spezifischen Qualitätskontrolle	913
22.1.2.1.10.5 Verfahren zur Qualitätssicherung	913
22.1.2.1.10.6 Dokumentation und Archivierung	914
22.1.2.1.11 Anhang 2: Beispiel einer allgemeinen Checkliste für die Rolle Fachverantwortlicher	915
<b>22.1.3 Das Datenbanksystem Zentrales System Emissionen</b>	<b>918</b>
<b>22.2 ERGÄNZENDEN INFORMATIONEN WIE NACH ARTIKEL 7, ABSATZ 1 DES KYOTO- PROTOKOLLS GEFORDERT</b>	<b>919</b>
<b>22.2.1 KP-LULUCF</b>	<b>919</b>
<b>22.2.2 Standard Electronic Format (SEF) Tabellen</b>	<b>919</b>
22.2.2.1 Standard Electronic Format for the reported year 2015 (Commitment Period 1)	920
22.2.2.2 Standard Electronic Format for the reported year 2015 (Commitment Period 2)	925
22.2.2.3 Discrepant transactions	931
<b>22.2.3 Detailliertere Informationen über das nationale System und Änderungen im nationalen System</b>	<b>932</b>
<b>22.2.4 Weitere detaillierte Informationen zu den Nationalen Registern und der Buchführung der Kyoto-Einheiten</b>	<b>932</b>
22.2.4.1 Annex A: CSEUR DB Model	933
22.2.4.2 Annex B: Changes From 6.3.3.2 to 6.7.3	933
22.2.4.3 Annex H: test results EU – 07 March 2016	987
<b>22.3 ZUSATZINFORMATIONEN ZU DEN TRENDS DER TREIBHAUSGASE</b>	<b>988</b>
<b>22.4 RÜCKRECHNUNGEN: DETAILLIERTE BETRACHTUNG AUF GRUNDLAGE VON CRF TABLE 8</b>	<b>996</b>
22.4.1 Overview 1990	996
22.4.2 Overview 2013	999
<b>23 ANHANG 7: TABELLE 6.1 DER IPCC GOOD PRACTICE GUIDANCE</b>	<b>1002</b>
<b>24 REFERENZEN</b>	<b>1010</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Entwicklung der Treibhausgase in Deutschland seit 1990, nach Treibhausgasen	68
Abbildung 2:	Emissionsentwicklung in Deutschland seit 1990, nach Kategorien	72
Abbildung 3:	Relative Entwicklung der Treibhausgasemissionen seit 1990 nach Kategorien	73
Abbildung 4:	Struktur des Nationalen Systems Emissionen (NaSE)	80
Abbildung 5:	NaSE - Ziele und Instrumente	82
Abbildung 6:	Übersicht über den Prozess der Emissionsberichterstattung	87
Abbildung 7:	QSE - Rollen Aufgaben und Arbeitsabläufe	99
Abbildung 8:	Steuerung und Dokumentation	100
Abbildung 9:	Verfahrensablauf für die jährliche Inventar-Verifikation mit ETS-Monitoring-Daten	103
Abbildung 10:	Verantwortlichkeiten und Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen im Energiebereich	104
Abbildung 11:	Verantwortlichkeiten und Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der Industrieprozesse	107
Abbildung 12:	Verantwortlichkeiten und Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft	110
Abbildung 13:	Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus dem Bereich Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) und KP-LULUCF	111
Abbildung 14:	Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus dem Bereich Abfall und Abwasser	112
Abbildung 15:	Relative Entwicklung der Treibhausgase gegenüber 1990	138
Abbildung 16:	Relative Entwicklung der F-Gase gegenüber 1995	141
Abbildung 17:	Emissionsentwicklung der indirekten Treibhausgase und von SO <sub>2</sub>	144
Abbildung 18:	Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen des CRF-Sektors 1	146
Abbildung 19:	Merkmale der UBA-Struktur der Bilanz der Emissionsursachen zur Disaggregation der Energiebilanz	149
Abbildung 20:	Schema der Datenquellen für den Brennstoffeinsatz von Abfällen zur energetischen Nutzung im Rahmen des Treibhausgas-Emissionsinventars	151
Abbildung 21:	CO <sub>2</sub> -Emissionen in Deutschland – Vergleich nationaler und internationaler Berechnungsergebnisse	155
Abbildung 22:	CO <sub>2</sub> -Emissionen in Deutschland – Vergleich der relativen Abweichungen nationaler und internationaler Berechnungsergebnisse	155
Abbildung 23:	Treibhausgasemissionen des von Deutschland ausgehenden internationalen Flugverkehrs 1990-2014 ( <i>ohne CO<sub>2</sub> aus der Mitverbrennung von Schmierstoffen</i> )	161
Abbildung 24:	Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des internationalen Seeverkehrs 1990 – 2014 ( <i>ohne CO<sub>2</sub> aus der Schmierstoff-Mitverbrennung</i> )	163
Abbildung 25:	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Kategorie 1.A.1.a	167
Abbildung 26:	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Kategorie 1.A.1.b	177
Abbildung 27:	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Kategorie 1.A.1.c (in Mio. t)	182
Abbildung 28:	Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen in Kategorie 1.A.2.a	189
Abbildung 29:	Entwicklung der Brennstoffeinsätze der Kategorie 1.A.2.f Non-Metallic Minerals	198
Abbildung 30:	Entwicklung der Brennstoffeinsätze der Kategorie 1.A.2.g viii Sonstige	202
Abbildung 31:	Entwicklung der THG-Emissionen aus Fahrzeugen und mobilen Maschinen der Bauwirtschaft 1990-2014	206

Abbildung 32: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des nationalen Flugverkehrs 1990-2014.....	211
Abbildung 33: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Straßenverkehrs 1990-2014 .....	218
Abbildung 34: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Schienenverkehrs 1990-2014 (ohne THG aus der Erzeugung von Bahnstrom und CO <sub>2</sub> aus der Schmierstoff- Mitverbrennung) .....	224
Abbildung 35: Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus Binnenschifffahrt und nationalem Seeverkehr, 1990 – 2014 .....	229
Abbildung 36: Änderung der Gesamtemission von 1.A.4 in Abhängigkeit von der Temperatur .....	238
Abbildung 37: Verlauf des Energieverbrauchs von 1.A.4 (stationär) nach 4 Brennstoffkategorien ..	239
Abbildung 38: Entwicklung der THG-Emissionen der einzelnen Teilsektoren seit 1990 .....	245
Abbildung 39: Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs innerhalb der einzelnen Teilsektoren seit 1990.....	246
Abbildung 40: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Kategorie 1.A.5.a .....	251
Abbildung 41: Entwicklung der CO <sub>2</sub> -Emissionen der mobilen Quellen des Militärs seit 1990 .....	253
Abbildung 42: Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs seit 1990 .....	254
Abbildung 43: CRF 1.B - Emissionen relevanter Substanzen.....	258
Abbildung 44: Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen des CRF-Sektors 2.....	296
Abbildung 45: Zeitlicher Verlauf und Quellgruppenzuordnung der aus dem Reduktionsmitteleinsatz zur Primärstahlerzeugung bzw. Gichtgasaufkommen resultierenden CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	341
Abbildung 46: NMVOC-Gesamtemissionen aus lösemittelbasierten Produkten und Anwendungen (2.D.3.a,d-i) .....	365
Abbildung 47: Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen des CRF-Sektors 3.....	453
Abbildung 48: Logik der nationalen Methodik für die Emissionsberechnungen in der Tierhaltung am Beispiel der Milchkuh. („Leistungsindikator“ steht hier für die Summe aus leistungs- und erhaltungsbedingtem Bedarf.) .....	454
Abbildung 49: Konzept und thematische Inhalte des GAS-EM Modells .....	455
Abbildung 50: Zeitreihen der Treibhausgasemissionen und – senken (Summe aus CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O) [kt CO <sub>2</sub> -Equivalents] im LULUCF-Sektor seit 1990, unterschieden nach Unterkategorien .....	526
Abbildung 51: Zeitreihen der Treibhausgasemissionen und –senken (Summe aus CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O) [kt CO <sub>2</sub> -Equivalents] im LULUCF-Sektor seit 1990, unterschieden nach Quellgruppen .....	526
Abbildung 52: Zeitreihen der Treibhausgasemissionen und – senken (Summe aus CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O) [kt CO-Equivalents] im LULUCF-Sektor seit 1990, unterschieden nach Treibhausgasen (GHG) .....	527
Abbildung 53: Schematische Darstellung der Zuordnung von Stichprobenpunkten zu einer Landnutzungskategorie .....	557
Abbildung 54: Entscheidungsbaum beispielhaft für das Jahr 2012 (Abkürzungen siehe Tabelle 324) .....	560
Abbildung 55: Treibhausgasemissionen (Summe aus CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O) [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Wäldern von 1990 – 2014 nach Unterkategorien .....	567
Abbildung 56: Treibhausgasemissionen (Summe aus CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O) [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Wäldern von 1990 – 2014 nach Kategorien .....	568

Abbildung 57: Kohlenstoffvorräte und Kohlenstoffvorratsveränderungen für die unterirdische und oberirdische Biomasse im Wald für die Jahre 1987/1993, 2002, 2008 und 2012.....	572
Abbildung 58: Vergleich verschiedener Funktionen zur Ableitung der unterirdischen Biomasse .....	577
Abbildung 59: Regression zwischen Kohlenstoffvorräten (0-30cm) der BZE II und der BZE I (links) sowie die identifizierten Ausreißer anhand der Residuen-Analyse durch Student-Residuen und den "high leverage"-Punkten (rechts) am Beispiel einer Leitbodeneinheit .....	586
Abbildung 60: Waldbrandflächen zwischen 1990 und 2014 (nach BLE, 2015) .....	590
Abbildung 61: Treibhausgasemissionen (Summe aus CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O) [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Ackerland von 1990-2014 nach Unterkategorien (Unsicherheitendarstellung nur für Gesamtsumme).....	605
Abbildung 62: Treibhausgasemissionen (Summe aus CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O) [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Ackerland von 1990-2014 nach Kategorien (Unsicherheitendarstellung nur für Gesamtsumme).....	606
Abbildung 63: CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus dem Grünland i.e.S. Deutschlands von 1990-2014, dargestellt nach Unterkategorien .....	617
Abbildung 64: CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus dem Grünland i.e.S. Deutschlands von 1990-2014, dargestellt nach Kategorien .....	618
Abbildung 65: CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Gehölzflächen Deutschlands von 1990–2014, dargestellt nach Unterkategorien .....	619
Abbildung 66: CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Gehölzflächen Deutschlands von 1990-2014, dargestellt nach Kategorien .....	619
Abbildung 67: CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Feuchtgebieten Deutschlands von 1990-2013, dargestellt nach Unterkategorien .....	632
Abbildung 68: CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus den Feuchtgebieten Deutschlands von 1990-2014, dargestellt nach Kategorien .....	632
Abbildung 69: CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Siedlungen von 1990 – 2014, dargestellt nach Unterkategorien .....	642
Abbildung 70: CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Siedlungen Deutschlands von 1990 – 2014, dargestellt nach Kategorien.....	643
Abbildung 71: Netto CO <sub>2</sub> -Emissionen und Einbindungen in Holzprodukten [kt CO <sub>2</sub> ].....	651
Abbildung 72: In Deutschland produziertes Schnittholz und Holzwerkstoffe [Mm <sup>3</sup> ] (FAO 2015) .....	651
Abbildung 73: Entwicklung des heimischen Rohstofffaktors fDP(i) der berücksichtigten Rohstoffkategorien (FAO 2015).....	652
Abbildung 74: Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen des CRF-Sektors 6.....	655
Abbildung 75: Die Veränderung der Entsorgungspfade der Siedlungsabfälle zwischen 1990 und 2014, mit Zwischenjahren .....	657
Abbildung 76: Trend in der Zusammensetzung des Hausmülls zwischen 1990 und 2013.....	662
Abbildung 77: Stoffstromschema Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung.....	697
Abbildung 78: Änderung der Gesamtemissionen über alle Kategorien gegenüber Submission 2015.....	703

Abbildung 79: Rückrechnung der Gesamtemission der einzelnen Treibhausgase über alle Quellgruppen gegenüber Submission 2015.....	704
Abbildung 80: Auswirkung der Rückrechnungen auf CRF-Sektoren und Gesamtinventar 1990 .....	707
Abbildung 81: Auswirkung der Rückrechnungen auf CRF-Sektoren und Gesamtinventar 2013 .....	708
Abbildung 82: Schema zur Unterscheidung zwischen Ernte oder Waldzerstörung, die von Wiederaufforstung gefolgt sind, und Entwaldung.....	764
Abbildung 83: Steinkohlemengen für die im Emissionshandel gemessene Emissionsfaktoren und Heizwerte vorliegen.....	805
Abbildung 84: Verhältnis zwischen Kohlenstoffgehalten und Heizwerten für verschiedene Steinkohlenqualitäten .....	806
Abbildung 85: Verhältnis zwischen Kohlenstoffgehalten und Heizwerten am Beispiel einer Rohbraunkohlequalität .....	807
Abbildung 86: Verhältnis zwischen Kohlenstoffgehalten und Heizwerten für verschiedene Klärschlämme.....	814
Abbildung 87: Methodik der Emissionsfaktorenberechnung .....	826
Abbildung 88: prozentuale Abweichungen der im Referenzverfahren erfassten jährlichen Gesamtaktivitätsraten von den Gesamtmengen gemäß Sektoralem Ansatz .....	893
Abbildung 89: prozentuale Abweichungen der mit dem Referenzverfahren berechneten jährlichen Kohlendioxid-Emissionen von den Ergebnissen des Sektoralen Ansatzes.....	894
Abbildung 90: Übersicht zum gesamten Prozess der Emissionsberichterstattung .....	909
Abbildung 91: Steuerung und Dokumentation im Rahmen des NaSE und des QSE .....	912

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Emissionsentwicklung in Deutschland, nach Treibhausgas und Quellgruppe .....	70
Tabelle 2:	Anteile an der Emissionsentwicklung in Deutschland, nach Treibhausgas und Quellgruppe .....	70
Tabelle 3:	Global Warming Potential (GWP) der Treibhausgase .....	94
Tabelle 4:	QSE - Rollen und Verantwortlichkeiten .....	97
Tabelle 5:	Anzahl der Kategorien und Hauptkategorien .....	114
Tabelle 6:	Hauptkategorien für Deutschland gemäß Tier 1-Ansatz .....	116
Tabelle 7:	Ergebnis der Hauptkategorienanalyse KP-LULUCF .....	118
Tabelle 8:	Hauptkategorien für Deutschland, die sich nur aufgrund des Tier 2-Ansatzes ergeben .....	119
Tabelle 9:	Inventarplan – offene Handlungsbedarfe .....	122
Tabelle 10:	Inventarplan - erledigte Handlungsbedarfe/Verbesserungen.....	124
Tabelle 11:	Emissionen von direkten und indirekten Treibhausgasen und SO <sub>2</sub> in Deutschland seit 1990 .....	136
Tabelle 12:	Veränderungen der Emissionen direkter und indirekter Treibhausgase und SO <sub>2</sub> in Deutschland seit dem jeweiligen Bezugsjahr .....	136
Tabelle 13:	Veränderungen der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland nach Kategorien, seit 1990 / seit dem jeweils letzten Jahr.....	143
Tabelle 14:	Emissionen von 2014 für die KP-LULUCF-Aktivitäten Aufforstung und Entwaldung unter Artikel 3.3 und Waldbewirtschaftung, Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung unter Artikel 3.4. ....	145
Tabelle 15:	Vergleich der CO <sub>2</sub> -Inventare mit anderen unabhängigen nationalen und internationalen Ergebnissen.....	154
Tabelle 16:	Vergleich der Ergebnisse der CO <sub>2</sub> -Berechnungen der einzelnen Bundesländer mit den Bundesinventaren.....	157
Tabelle 17:	jährliche Anteile der Auslandsflüge an den Kerosin-Inlandsablieferungen, in [%] .....	161
Tabelle 18:	Revision des jährlichen Anteiles der von Deutschland abgehenden Auslandsflüge an den Kerosin-Inlandsablieferungen (Angaben in [%]) .....	162
Tabelle 19:	resultierende Revision des Kraftstoffeinsatzes für von Deutschland abgehende Auslandsflüge (Angaben in [TJ]) .....	162
Tabelle 20:	revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO <sub>2</sub> ] (Gesamt-THG)).....	162
Tabelle 21:	Korrektur der Kraftstoffeinsätze 2013 (Angaben in [TJ]).....	165
Tabelle 22:	Korrektur des EF(CO <sub>2</sub> ) für Diesel (Angaben in [kg/TJ]) .....	165
Tabelle 23:	Korrektur des EF(CH <sub>4</sub> ) und EF(N <sub>2</sub> O) (Angaben in [kg/TJ]).....	165
Tabelle 24:	revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO <sub>2</sub> ] (Gesamt-THG)).....	165
Tabelle 25:	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Gichtgasverbrennung in öffentlichen Kraftwerken.....	171
Tabelle 26:	Technologische Emissionsfaktoren für Lachgas aus GFA .....	172
Tabelle 27:	Technologische Emissionsfaktoren für Lachgas aus Anlagen < 50 MW FWL.....	172
Tabelle 28:	Methan-Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen ab 50 MW FWL und für Gasturbinen .....	172
Tabelle 29:	Rückrechnungen CRF 1.A.1.a .....	176
Tabelle 30:	Rückrechnungen CRF 1.A.1.b .....	180
Tabelle 31:	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Gichtgasverbrennung in Kokereien .....	184
Tabelle 32:	Rückrechnungen CRF 1.A.1.c .....	185
Tabelle 33:	Rückrechnungen in CRF 1.A.2.a .....	191

Tabelle 34:	Rückrechnungen in CRF 1.A.2.b.....	193
Tabelle 35:	Rückrechnungen in CRF 1.A.2.d.....	196
Tabelle 36:	Rückrechnungen in CRF 1.A.2.e.....	197
Tabelle 37:	Rückrechnungen in CRF 1.A.2.f.....	200
Tabelle 38:	Rückrechnungen in CRF 1.A.2.gviii .....	204
Tabelle 39:	für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ]).....	207
Tabelle 40:	Übersicht relevanter Datenvergleiche .....	207
Tabelle 41:	Vergleich der verwendeten EF(CO <sub>2</sub> ) mit Default-Werten* (Angaben in [kg/TJ]).....	207
Tabelle 42:	länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (Angaben in [kg/TJ]).....	208
Tabelle 43:	revidierte Primärdaten 2013 (Angaben in [TJ]) .....	208
Tabelle 44:	revidierte prozentuale Anteile an EBZ 67 (Angaben in [%]) .....	208
Tabelle 45:	resultierende Revision der Aktivitätsdaten (Angaben in [TJ]) .....	209
Tabelle 46:	Korrektur des EF(CO <sub>2</sub> ) für Diesel (Angaben in [kg/TJ]) .....	209
Tabelle 47:	revidierte Emissionsangaben (Angaben in [kt] bzw. [kt CO <sub>2</sub> ] (Gesamt-THG)).....	209
Tabelle 48:	jährliche Anteile der Inlandsflüge an den Kerosin-Inlandsablieferungen, in [%] .....	212
Tabelle 49:	für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ]) .....	213
Tabelle 50:	Übersicht relevanter Datenvergleiche .....	214
Tabelle 51:	Vergleich der im Inventar verwendeten EF(CO <sub>2</sub> ) mit default-Werten*.....	214
Tabelle 52:	länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (alle Angaben in [kg/TJ]) .....	215
Tabelle 53:	Revision des jährlichen Anteiles der Inlandsflüge an den Kerosin- Inlandsablieferungen (Angaben in [%]) .....	215
Tabelle 54:	resultierende Revision des Kraftstoffeinsatzes für Inlandsflüge (Angaben in [TJ])....	215
Tabelle 55:	revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO <sub>2</sub> ] (Gesamt-THG)).....	215
Tabelle 56:	Unterscheidung von Minderungstechniken im Straßenverkehr .....	219
Tabelle 57:	Emissionen des Straßenverkehrs (alle Angaben in [kt]) .....	219
Tabelle 58:	Übersicht relevanter Datenvergleiche .....	221
Tabelle 59:	Vergleich der verwendeten EF(CO <sub>2</sub> ) mit Default-Werten* (Angaben in [kg/TJ]) .....	221
Tabelle 60:	länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (Angaben in [kg/TJ]).....	222
Tabelle 61:	revidierte Energieeinsätze 2013 (Angaben in [TJ]) .....	222
Tabelle 62:	Korrektur des EF(CO <sub>2</sub> ) für Diesel (ab 1990) und Erdgas (2013) (Angaben in [kg/TJ]).....	222
Tabelle 63:	revidierte THG-Emissionen (Angaben in [kt CO <sub>2</sub> ]).....	223
Tabelle 64:	Überblick der verwendeten Statistiken und sonstigen Quellen.....	225
Tabelle 65:	für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ]) .....	226
Tabelle 66:	Übersicht relevanter Vergleiche .....	226
Tabelle 67:	Vergleich der im Inventar verwendeten EF(CO <sub>2</sub> ) mit Default-Werten* (Angaben in [kg/TJ]).....	227
Tabelle 68:	länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (Angaben in [kg/TJ]).....	227
Tabelle 69:	Korrektur der Kraftstoffeinsätze 2013 (Angaben in [TJ]).....	227
Tabelle 70:	Korrektur des EF(CO <sub>2</sub> ) für Diesel (Angaben in [kg/TJ]) .....	227
Tabelle 71:	Korrektur des EF(CH <sub>4</sub> ) für Diesel und Biodiesel 2011-2013 (Angaben in [kg/TJ])....	228
Tabelle 72:	revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO <sub>2</sub> ] (Gesamt-THG)).....	228
Tabelle 73:	Quellennachweis für die verwendeten Aktivitätsdaten .....	230
Tabelle 74:	für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ]) .....	232
Tabelle 75:	Übersicht relevanter Datenvergleiche .....	232
Tabelle 76:	Vergleich der im Inventar verwendeten EF(CO <sub>2</sub> ) mit default-Werten .....	233
Tabelle 77:	länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (Angaben in [kg/TJ]).....	233

Tabelle 78:	Korrektur der Kraftstoffeinsätze 2013 (Angaben in [TJ]).....	233
Tabelle 79:	Korrektur des EF(CO <sub>2</sub> ) für Diesel (Angaben in [kg/TJ]) .....	233
Tabelle 80:	Korrektur des EF(CH <sub>4</sub> ) für Diesel und Biodiesel (Angaben in [kg/TJ]).....	234
Tabelle 81:	revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO <sub>2</sub> ] (Gesamt-THG)).....	234
Tabelle 82:	Rückrechnungen in CRF 1.A.3.e .....	236
Tabelle 83:	Sektorale Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher für das Bezugsjahr 2005 .....	242
Tabelle 84:	Emissionsberechnung mit landesspezifischen Tier 2/3 Emissionsfaktoren und mit den Tier 1 Default-Emissionsfaktoren nach (IPCC 2006) .....	244
Tabelle 85:	Rückrechnungen in CRF 1.A.4 stationär .....	244
Tabelle 86:	für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ]) .....	247
Tabelle 87:	Übersicht relevanter Datenvergleiche .....	247
Tabelle 88:	Vergleich der im Inventar verwendeten EF(CO <sub>2</sub> ) mit default-Werten* .....	248
Tabelle 89:	länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (alle Angaben in [kg/TJ]) .....	248
Tabelle 90:	revidierte Energieeinsätze der Teilsektoren (Angaben in [TJ]) .....	248
Tabelle 91:	Korrektur des EF(CO <sub>2</sub> ) für Diesel (Angaben in [kg/TJ]) .....	249
Tabelle 92:	in den Teilsektoren korrigierte EF(2013) (Angaben in [kg/TJ]).....	249
Tabelle 93:	revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt CO <sub>2</sub> ]).....	249
Tabelle 94:	Sektorale Emissionsfaktoren für das Militär .....	252
Tabelle 95:	Rückrechnungen in CRF 1.A.5.a.....	252
Tabelle 96:	für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ])* .....	255
Tabelle 97:	Übersicht relevanter Datenvergleiche .....	255
Tabelle 98:	Vergleich der verwendeten EF(CO <sub>2</sub> ) mit Default-Werten* (Angaben in [kg/TJ]).....	255
Tabelle 99:	länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (alle Angaben in [kg/TJ]) .....	256
Tabelle 100:	Korrektur der Kraftstoffeinsätze 2013 in Teilsektor 1.A.5.b iii (Angaben in [TJ]).....	256
Tabelle 101:	Korrektur des EF(CO <sub>2</sub> ) für Diesel (Angaben in [kg/TJ]) .....	256
Tabelle 102:	Korrektur des IEF(CH <sub>4</sub> ) für Schiffdiesel (Angaben in [kg/TJ]) .....	256
Tabelle 103:	Berechnung von Methanemissionen aus dem Kohlenbergbau für 2014 .....	259
Tabelle 104:	Verwertbare Förderung von Steinkohlen, in Mio. t. ....	260
Tabelle 105:	Anzahl aktiver Steinkohlenbergwerke .....	260
Tabelle 106:	Methan-Emissionsfaktoren aus dem Bereich Förderung und Lagerung von Steinkohle für das Jahr 2014.....	260
Tabelle 107:	Emissionen der Kategorie 1.B.1.a.i - Tiefbau .....	261
Tabelle 108:	IEF Vergleich mit Nachbarländern für die untertägige Produktion von Steinkohle (NIR 2014).....	262
Tabelle 109:	Förderung von Braunkohle, in Mio. t. ....	262
Tabelle 110:	Emissionsfaktoren der Kategorie 1.B.1.a.ii - Tagebau .....	263
Tabelle 111:	Emissionen der Kategorie 1.B.1.a.ii - Tagebau .....	263
Tabelle 112:	IEF Vergleich mit Nachbarländern für die obertägige Produktion von Braunkohle (NIR 2014).....	264
Tabelle 113:	Aktivitätsraten der Veredelungsprodukte [Angaben in Tonnen] .....	264
Tabelle 114:	Emissionsfaktoren aus der Produktion von Steinkohlenkoks .....	265
Tabelle 115:	Emissionen der Kategorie 1.B.1.b – Umwandlung von festen Brennstoffen .....	265
Tabelle 116:	Anzahl der Explorationsbohrungen (Öl und Erdgas insgesamt).....	268
Tabelle 117:	Bohrleistung der Explorationsbohrungen in m (Öl und Erdgas insgesamt) .....	268
Tabelle 118:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.i .....	268
Tabelle 119:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.i.....	268

Tabelle 120:	Fördermenge Erdöl .....	270
Tabelle 121:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Förderung und Aufbereitung .....	270
Tabelle 122:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.ii .....	270
Tabelle 123:	IEF Vergleich mit IPCC Default Werten.....	271
Tabelle 124:	Transport von im Inland produziertem Rohöl .....	271
Tabelle 125:	Transport von importiertem Rohöl in kt .....	271
Tabelle 126:	Transport von Rohöl mittels Binnentankschiffen .....	271
Tabelle 127:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Transport von Rohöl“ ..	271
Tabelle 128:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.iii .....	271
Tabelle 129:	IEF Vergleich mit IPCC Default Werten.....	272
Tabelle 130:	Verarbeitete Menge an Rohöl.....	273
Tabelle 131:	Auslastungsgrad der Raffinerien .....	273
Tabelle 132:	Rohöldestillationskapazität in Raffinerien, in kt.....	273
Tabelle 133:	Lagerkapazität von Tanklagern in Raffinerien und Pipelineterminals, in Mio m <sup>3</sup> .....	273
Tabelle 134:	Lagerkapazität von raffineriefernen Tanklagern, in Mio m <sup>3</sup> .....	273
Tabelle 135:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Diffuse Emissionen in Raffinerien“ .....	273
Tabelle 136:	Verwendeter Emissionsfaktor für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Anodenherstellung in Raffinerien“ .....	274
Tabelle 137:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Lagerung und Reinigung von Rohöl in Tanklagern von Raffinerien“ .....	274
Tabelle 138:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Lagerung von flüssigen Mineralölprodukten in raffineriefernen Tanklagern“ .....	274
Tabelle 139:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Lagerung von gasförmigen Mineralölprodukten in raffineriefernen Tanklagern“ .....	274
Tabelle 140:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.iv .....	274
Tabelle 141:	IEF Vergleich mit IPCC Default Werten.....	275
Tabelle 142:	Tankstellenbestand in Deutschland, Anzahl.....	276
Tabelle 143:	Verteilte Mengen an Mineralölprodukten, in kt .....	276
Tabelle 144:	Transport von Mineralöl mittels Binnentankschiffen, in kt .....	276
Tabelle 145:	Verwendete NMVOC Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.v „Verteilung von Ottokraftstoffen“ .....	277
Tabelle 146:	Verwendete NMVOC Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.v „Verteilung von Dieselmotorkraftstoffen“ .....	277
Tabelle 147:	Verwendete NMVOC Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.v „Verteilung von leichtem Heizöl“ .....	277
Tabelle 148:	Verwendete NMVOC Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.v „Verteilung von Flugturbinenkraftstoffen“ .....	277
Tabelle 149:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.v .....	277
Tabelle 150:	Anwendungs- und Wirkungsgrad der 20. und 21. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) an Tankstellen .....	278
Tabelle 151:	Fördermenge Erdgas .....	281
Tabelle 152:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Förderung .....	281
Tabelle 153:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.ii .....	281
Tabelle 154:	IEF Vergleich mit IPCC Default Werten.....	281
Tabelle 155:	Schwefelproduktion aus der Erdgasgewinnung in Deutschland .....	282
Tabelle 156:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.b.iii „Aufbereitung“ .....	282

Tabelle 157:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.iii .....	283
Tabelle 158:	IEF Vergleich mit IPCC Default Werten.....	283
Tabelle 159:	Kohlendioxid-Emissionsfaktorvergleich.....	284
Tabelle 160:	Länge der Hochdruckfernleitungen [km] .....	284
Tabelle 161:	Unterirdische Gasspeichervolumina [Angaben in Milliarden Kubikmeter] .....	284
Tabelle 162:	Verwendete Methan-Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.b.iv „Weiterleitung“ .....	285
Tabelle 163:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.iv .....	285
Tabelle 164:	IEF Vergleich mit IPCC Default Werten.....	286
Tabelle 165:	Gasverteilungsnetz.....	286
Tabelle 166:	Anzahl Erdgasfahrzeuge in Deutschland .....	286
Tabelle 167:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.v .....	287
Tabelle 168:	IEF Vergleich mit IPCC Default Werten.....	288
Tabelle 169:	Verwendete Aktivitätsraten für die Kategorie 1.B.2.b.vi „diffuse Emissionen bei Erdgas-Anwendern“ .....	289
Tabelle 170:	Verwendete Methan-Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.b.vi „diffuse Emissionen bei Erdgas-Anwendern“ .....	289
Tabelle 171:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.vi .....	289
Tabelle 172:	IEF Vergleich mit IPCC Default Werten.....	290
Tabelle 173:	Verarbeitete Rohölmenge, in Mio. t.....	291
Tabelle 174:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.c „Fackelemissionen bei der Erdgasförderung“ .....	291
Tabelle 175:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.c „Fackelemissionen an Erdölförderanlagen“ .....	291
Tabelle 176:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.c „Fackelemissionen an Raffinerien: Abfackelung-Normalbetrieb“ .....	291
Tabelle 177:	Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.c „Fackelemissionen an Raffinerien: Abfackelung-Störung“ .....	292
Tabelle 178:	Emissionen der Kategorie 1.B.2.c „Abfackelung und Entlüftung“ .....	292
Tabelle 179:	IEF Vergleich mit IPCC Default Werten.....	293
Tabelle 180:	Rückrechnung in der Kategorie 1.B.2 - Methanemissionen in kt.....	295
Tabelle 181:	Produktion und CO <sub>2</sub> -Emissionen der deutschen Zementindustrie.....	297
Tabelle 182:	Produktion und CO <sub>2</sub> -Emissionen der deutschen Kalkindustrie.....	300
Tabelle 183:	Aktivitätsraten und prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen seit 1990, IEF über alle Glasarten.....	303
Tabelle 184:	Glas: Aktivitätsraten der einzelnen Branchensektoren (Glassorten).....	304
Tabelle 185:	Scherbenanteil der einzelnen Glassorten .....	305
Tabelle 186:	CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren für verschiedene Glassorten (berechnet im Vergleich mit Angaben der IPCC Guidelines 2006 .....	306
Tabelle 187:	Aktivitätsraten und und prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen der keramischen Industrie (CRF 2.A.4.a) (gerundet, ggf. mit Abweichungen zwischen Einzelpositionen und Summe).....	307
Tabelle 188:	Aktivitätsraten und nutzungsbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen außerhalb der Glasindustrie seit 1990.....	310
Tabelle 189:	In Deutschland verwendete Emissionsfaktoren für sonstige Schadstoffe .....	332
Tabelle 190:	Meldenummern der Produktionsstatistik .....	333
Tabelle 191:	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Primärstahlerzeugung (einschließlich Gichtgasnutzung) ..	342

Tabelle 192:	Kalksteineinsatz sowie Eigenerzeugung von Branntkalk in der Stahlindustrie und daraus resultierende CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	343
Tabelle 193:	Insgesamt unter 2.C.1 zu berichtende prozessbedingte Emissionen .....	344
Tabelle 194:	AR und prozessbedingte EF der Primäraluminiumproduktion im Jahr 2013 .....	349
Tabelle 195:	Herstellung und Verlegung von Dach- und Dichtungsbahnen mit Bitumen und dazugehörige AR und EF .....	368
Tabelle 196:	Emissionsfaktoren bei der Herstellung Asphaltmischgut .....	370
Tabelle 197:	Überblick über Methoden und verwendete Emissionsfaktoren für das aktuelle Berichtsjahr in der Kategorie 2.F.1 – <i>Kälte- und Klimaanlage</i> .....	375
Tabelle 198:	Überblick über Methoden und verwendete Emissionsfaktoren für das aktuelle Berichtsjahr in den Kategorien 2.F.2 (Schäumherstellung), 2.F.3 (Feuerlöschmittel), 2.F.4 (Aerosole), 2.F.5 (Lösemittel) und 2.F.6 (Andere Anwendungen, die ODS-Ersatzstoffe verwenden).....	376
Tabelle 199:	Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion und Anwendung von HFKW-125, HFKW-134a, HFKW-143a und HFKW-32 in steckerfertigen Geräten der Gewerbekälte in der Subquellgruppe 2.F.1.a .....	398
Tabelle 200:	Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion und Anwendung von HFKW-125, HFKW-134a, HFKW-143a und HFKW-32 in Verflüssigungssätzen der Gewerbekälte in der Subquellgruppe 2.F.1.a .....	399
Tabelle 201:	Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion und Anwendung von FKW-116, FKW-218, HFKW-125 und HFKW-23 Tieftemperaturanwendungen und Umrüst-Zentralanlagen der Gewerbekälte in der Subquellgruppe 2.F.1.a .....	400
Tabelle 202:	Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion, Anwendung und Entsorgung von HFKW-125, HFKW-134a, HFKW-143a und HFKW-32 in Zentralanlagen der Gewerbekälte in der Subquellgruppe 2.F.1.a .....	402
Tabelle 203:	Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Anwendung von HFKW-134a in mobilen Klimaanlagen von Flugzeugen in der Subquellgruppe 2.F.1.e .....	407
Tabelle 204:	Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion und Anwendung von HFKW-227ea und HFKW-23 der Industriekälte in der Subquellgruppe 2.F.1.c.....	408
Tabelle 205:	Überblick über Methoden und verwendete Emissionsfaktoren für das aktuelle Berichtsjahr in den Kategorien 2.G.1 (Elektrische Betriebsmittel), 2.G.2 (SF <sub>6</sub> und FKW aus sonstiger Produktverwendung) und 2.G.4 (ORC-Anlagen & Anwendung von Holzkohle).....	423
Tabelle 206:	Inventardaten 2014 der Kategorie 2.G.1 mit Unterkategorien .....	426
Tabelle 207:	Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion, Anwendung und Entsorgung von C <sub>5</sub> F <sub>12</sub> und HFKW-134a in ORC-Anlagen in der Subquellgruppe 2.G.4 .....	444
Tabelle 208:	IPCC Default Emissionsfaktoren für SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> CO, NMVOC aus der Produktion von Zellstoff .....	447

Tabelle 209:	Reale Emissionsfaktoren der deutschen Anlagen aus der Produktion von Zellstoff. (deutscher Beitrag zur Revision des BVT-Merkblattes für die Papier und Zellstoffindustrie 2007) .....	447
Tabelle 210:	Zellstoff- und Papierherstellung, produzierte Mengen .....	448
Tabelle 211:	Aktualisierte Aktivitätsdaten der Spanplattenindustrie .....	448
Tabelle 212:	Überblick über freiwillig berichtete fluorierte Treibhausgase, ihre Treibhausgaspotenziale (GWP) und ihre Anwendungsbereiche .....	451
Tabelle 213:	Aggregat der Treibhausgasemissionen der zusätzlichen, nicht berichtspflichtigen Treibhausgase HFKW-1234yf, HFKW-1234ze, HCFE-235da2, HFE-236ea2, HFE-347mmz1, HFE-43-10pccc124, HFE-449sl, HFE-569sf2, HFE-7300, PFPE/PFPMIE und SF <sub>5</sub> CF <sub>3</sub> .....	452
Tabelle 214:	CRF-Tierkategorien und die für die deutsche Emissionsberichterstattung verwendete Unterteilung (3.A, 3.B) .....	457
Tabelle 215:	Zahl der in die deutsche Berichterstattung eingehenden Tierplätze (3.A, 3.B) in 1.000.....	461
Tabelle 216:	Mittlere Tiergewichte (3.A, 3.B) .....	463
Tabelle 217:	Mittlere tägliche Milchleistung bei Milchkühen (3.A) .....	463
Tabelle 218:	Mittlere tägliche Gesamtenergie-Aufnahme (GE) (3.A) .....	464
Tabelle 219:	Tägliche Trockenmasseaufnahme .....	464
Tabelle 220:	Verdaulichkeit von organischer Substanz im Futter (3.A) .....	465
Tabelle 221:	Aschegehalt des Futters.....	465
Tabelle 222:	N-Ausscheidungen pro Tierplatz und Jahr (3.B(b)).....	466
Tabelle 223:	Jährliche N-Ausscheidungen, aufgeteilt nach Wirtschaftsdünger-Managementssystemen (3.B(b)) und Weidegang (3.D) .....	466
Tabelle 224:	Tägliche VS-Ausscheidung für Milchkühe, übrige Rinder, Schweine und Geflügel (3.B(a)) .....	467
Tabelle 225:	Tägliche VS-Ausscheidungen für Schafe, Ziegen und Pferde (3.B(a)).....	467
Tabelle 226:	Güllebasierte Systeme ohne Vergärung, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a)) ....	469
Tabelle 227:	Strohbasierte Systeme ohne Vergärung, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a))....	469
Tabelle 228:	Tiefstreu ohne Vergärung, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a)) .....	469
Tabelle 229:	Alle Systeme mit Vergärung, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a)).....	469
Tabelle 230:	Weide, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a)) .....	469
Tabelle 231:	Jahressummen des N-Eintrags durch Einstreu in strohbasierten Systemen.....	469
Tabelle 232:	Maximale Methan-Bildungskapazität $B_0$ (3.B(b)) .....	470
Tabelle 233:	Maximale Methan-Bildungskapazität $B_0$ für Geflügel (3.B(b)).....	470
Tabelle 234:	Methan-Umwandlungsfaktoren $MCF$ (in Prozent von $B_0$ ) für Rinder (3.B(a)) .....	471
Tabelle 235:	Methan-Umwandlungsfaktoren $MCF$ (in Prozent von $B_0$ ) für Schweine (3.B(a)) .....	471
Tabelle 236:	Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren $MCF$ (in Prozent von $B_0$ ) für güllebasierte Systeme ohne Vergärung (3.B(a)).....	471
Tabelle 237:	Methan-Umwandlungsfaktoren $MCF$ (in Prozent von $B_0$ ) für Ziegen, Schafe, Pferde und Geflügel (3.B(a)) .....	471
Tabelle 238:	Relative Anteile des in die Vergärung gehenden Wirtschaftsdüngers (in % der ins Lager gehenden N-Mengen) .....	472
Tabelle 239:	Methan-Umwandlungsfaktoren für das Vorlager (in Prozent von $B_0$ ) .....	473
Tabelle 240:	Anteile der Lagerung von Wirtschaftsdünger-Gärresten in gasdichten und nicht gasdichten Lagern (in Prozent der in Biogasanlagen eingesetzten N-Mengen).....	474

Tabelle 241:	Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren <i>MCF</i> (in Prozent von $B_0$ ) für Wirtschaftsdüngersysteme mit Vergärung (3.B(a)) .....	474
Tabelle 242:	Berechnung der $N_2O$ -Emissionen aus der Vergärung .....	474
Tabelle 243:	$N_2O$ -N-Emissionsfaktoren für Vorlager und Gärrestelager .....	475
Tabelle 244:	Gesamte Trockenmasse der in Biogasanlagen eingesetzten Energiepflanzen .....	476
Tabelle 245:	Gesamte VS-Menge der in Biogasanlagen eingesetzten Energiepflanzen .....	477
Tabelle 246:	Gesamte N-Menge der in Biogasanlagen eingesetzten Energiepflanzen .....	477
Tabelle 247:	Anteil der Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten in gasdichten und nicht gasdichten Lagern (in Prozent der zur Vergärung eingesetzten Frischmasse) .....	477
Tabelle 248:	Den direkten $N_2O$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden zugrunde liegende N-Mengen (3.D) .....	479
Tabelle 249:	Flächen der bewirtschafteten organischen Böden (3.D) .....	479
Tabelle 250:	Sektoren 3.B und 3.J: Reaktiver Stickstoff aus der Deposition von $NH_3$ und $NO$ .....	479
Tabelle 251:	Sektor 3.D: Reaktiver Stickstoff aus der Deposition von $NH_3$ und $NO$ .....	479
Tabelle 252:	Ausgewaschene N-Menge (incl. Oberflächenabfluss) (3.D) .....	480
Tabelle 253:	Düngekalkmengen, angegeben als $CaCO_3$ (3.G) .....	481
Tabelle 254:	Harnstoffanwendung einschließlich Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung (3.H) .....	481
Tabelle 255:	Eingangsdaten für die Berechnung von NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen (Übersicht) .....	481
Tabelle 256:	Gesamtunsicherheitsberechnung für die Emissionen des Sektors 3 (Tierhaltung, Nutzung landwirtschaftlicher Böden) incl. Energiepflanzen-Vergärung .....	483
Tabelle 257:	Methan-Umwandlungsfaktoren für Schweine DÄMMGEN et al. (2012c) (3.A) .....	489
Tabelle 258:	Tierplatzbezogene $CH_4$ -Emissionsfaktoren, Verdauung (3.A) .....	489
Tabelle 259:	Tierplatzbezogene $CH_4$ -Emissionsfaktoren für die Verdauung bei Schafen, Ziegen und Pferden im Zeitreihenjahr 2014 (3.A) .....	490
Tabelle 260:	$CH_4$ -Emissionen aus der Verdauung (3.A) .....	490
Tabelle 261:	Methan-Emissionen aus der Verdauung bei Milchkühen verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) für das Zeitreihenjahr 2012 .....	492
Tabelle 262:	Methan-Emissionen aus der Verdauung bei übrigen Rindern und Schweinen verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) für das Zeitreihenjahr 2012 .....	493
Tabelle 263:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten mittleren täglichen Gesamtenergieaufnahme (3.A) .....	493
Tabelle 264:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten tierplatzbezogenen $CH_4$ -Emissionsfaktoren (Verdauung) (3.A) .....	494
Tabelle 265:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten $CH_4$ -Emissionen (Verdauung) (3.A) .....	494
Tabelle 266:	Tierplatzbezogene $CH_4$ -Emissionsfaktoren, Wirtschaftsdünger-Management (3.B(a)) .....	497
Tabelle 267:	$CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management(3.B(a)) .....	497
Tabelle 268:	$CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management für Milchkühe, übrige Rinder und Schweine .....	497
Tabelle 269:	In Deutschland durch Wirtschaftsdünger-Vergärung eingesparte $CH_4$ -Emissionen in $kt\ a^{-1}$ sowie Prozent der sich ohne Vergärung ergebenden $CH_4$ -Gesamtemission aus dem Wirtschaftsdünger-Management aller im Inventar betrachteten Nutztiere .....	497

Tabelle 270:	CH <sub>4</sub> -Emissionen aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern bei Milchkühen verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) und wichtiger emissionsrelevanter Parameter für das Jahr 2012 .....	499
Tabelle 271:	CH <sub>4</sub> -Emissionen aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern bei übrigen Rindern verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) und wichtiger emissionsrelevanter Parameter für das Jahr 2012 .....	499
Tabelle 272:	CH <sub>4</sub> -Emissionen aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern bei Schweinen verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) und wichtiger emissionsrelevanter Parameter für das Jahr 2012 .....	500
Tabelle 273:	CH <sub>4</sub> -Emissionen aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern bei Geflügel verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) und wichtiger emissionsrelevanter Parameter für das Jahr 2012 .....	501
Tabelle 274:	Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berichteten VS-Ausscheidungen (3.B(a)) .....	501
Tabelle 275:	Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berichteten tierplatzbezogenen CH <sub>4</sub> -Emissionsfaktoren für das Wirtschaftsdünger-Management (3.B(a)) .....	501
Tabelle 276:	Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berichteten CH <sub>4</sub> -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (3.B(a)) .....	502
Tabelle 277:	Im Inventar verwendete NMVOC-Emissionsfaktoren nach EMEP (2013) .....	503
Tabelle 278:	NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	503
Tabelle 279:	Emissionsfaktoren für Emissionen von N <sub>2</sub> O-N aus dem Wirtschaftsdünger-Management, ohne Vergärung (bezogen auf die Summe von ausgeschiedenem N und Einstreu-N) (3.B(b)) .....	505
Tabelle 280:	Mittlere N <sub>2</sub> O-N-Emissionsfaktoren nach Wirtschaftsdünger-Managementsystemen (3.B(b)) .....	506
Tabelle 281:	Direkte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (WM) insgesamt und nach Systemkategorien (3.B(b)) .....	507
Tabelle 282:	Direkte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management von Milchkühen, übrigen Rindern und Schweinen (3.B(b)) .....	507
Tabelle 283:	Durch Wirtschaftsdünger-Vergärung verursachte absolute und prozentuale Einsparung von direkten N <sub>2</sub> O-Emissionen gegenüber einer Situation ohne Vergärung und Gärrestlagerung (negative Werte: Zunahme der Emissionen) .....	507
Tabelle 284:	NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	507
Tabelle 285:	N-Ausscheidung pro Tierplatz für Milchkühe, übrige Rinder, Schweine und Geflügel verschiedener Länder für das Jahr 2012 .....	509
Tabelle 286:	Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berechneten Gesamt-N <sub>2</sub> O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	509
Tabelle 287:	Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berechneten Gesamt-N-Ausscheidungen (siehe Kapitel 5.1.3.4) .....	509
Tabelle 288:	Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berechneten Gesamt-NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	510
Tabelle 289:	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen als Folge der Deposition von NH <sub>3</sub> und NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management (NIR 2016 und NIR 2015) .....	511
Tabelle 290:	Mittlere N <sub>2</sub> O-N-Emissionsfaktoren für bewirtschaftete organische Böden .....	513
Tabelle 291:	Emissionsfaktoren $EF_{NO}$ für NO-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden .....	514
Tabelle 292:	NMVOC-Emissionsfaktoren für landwirtschaftliche Kulturen .....	515
Tabelle 293:	$Frac_{GASF}$ (3.D) .....	515

Tabelle 294:	<i>Frac</i> <sub>GASM</sub> (3.D) .....	515
Tabelle 295:	Übersicht über die N <sub>2</sub> O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden (3.D)..	516
Tabelle 296:	NO-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden.....	516
Tabelle 297:	NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen .....	517
Tabelle 298:	Vergleich der im deutschen Inventar verwendeten <i>Frac</i> -Größen mit denen benachbarter Staaten, Jahr 2012.....	517
Tabelle 299:	Gesamt-N <sub>2</sub> O aus landwirtschaftlich genutzten Böden in NIR 2016 und NIR 2015 (3.D).....	518
Tabelle 300:	Differenzen 2016 – 2015 der gesamten N <sub>2</sub> O-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden sowie aus der Nutzung organischer Böden und aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Gärreste-Ausbringung) (3.D) .....	518
Tabelle 301:	Gesamt-NO aus landwirtschaftlich genutzten Böden in NIR 2016 und NIR 2015 (3.D).....	518
Tabelle 302:	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Düngekalkung (3.G) .....	520
Tabelle 303:	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Harnstoffanwendung (3.H) .....	520
Tabelle 304:	CH <sub>4</sub> -Emissionsfaktor für die Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager), bezogen auf die mit den Energiepflanzen eingebrachte Trockenmasse .....	522
Tabelle 305:	CH <sub>4</sub> -Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager) .....	522
Tabelle 306:	Effektiver N <sub>2</sub> O-N-Emissionsfaktor für direkte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (Gärrestelager), bezogen auf die mit den Energiepflanzen eingebrachte N-Menge .....	522
Tabelle 307:	N <sub>2</sub> O-Emissionen aus der Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten .....	523
Tabelle 308:	NO-Emissionen aus der Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten.....	523
Tabelle 309:	Zuordnung der deutschen Berichtskategorien zu den IPCC- Landnutzungskategorien .....	527
Tabelle 310:	Mittlere Kohlenstoffvorräte in Mineralböden Deutschlands in Abhängigkeit von der Landnutzung [t C ha <sup>-1</sup> ] sowie daraus abgeleitete Kohlenstoffvorratsunterschiede nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014.....	531
Tabelle 311:	Emissionsfaktoren [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] zur Ermittlung jährlicher Kohlenstoffvorratsunterschiede in Mineralböden Deutschlands nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014 .....	532
Tabelle 312:	Emissionsfaktoren für direkte Lachgasemissionen [kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] infolge von Verlusten an organischer Substanz aus Mineralböden Deutschlands nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014 .....	533
Tabelle 313:	Emissionsfaktoren für indirekte Lachgasemissionen [kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] infolge von Verlusten an organischer Substanz aus Mineralböden Deutschlands nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014 .....	533
Tabelle 314:	Flächen organischer Böden nach Landnutzungskategorien und den Anteil der drainierten Flächen für das Jahr 2014 (3.D, 4.A- 4.E; 4.(II)).....	535
Tabelle 315:	Emissionsfaktoren für CO <sub>2</sub> -C <sub>organic_drained</sub> aus drainierten organischen Böden in allen Landnutzungskategorien (4.A- 4.E; 4(II)) .....	536
Tabelle 316:	Emissionsfaktoren für CH <sub>4</sub> <sub>organic</sub> aus drainierten organischen Böden in allen Landnutzungskategorien (4.A- 4.E; 4(II)) .....	536
Tabelle 317:	Emissionsfaktoren für N <sub>2</sub> O aus drainierten organischen Böden in allen Landnutzungskategorien (3.D, 4.A- 4.E; 4(II)) .....	537

Tabelle 318:	Implizite Emissionsfaktoren für CO <sub>2</sub> -C, CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O-N aus organischen Böden (4.A- 4.E; 4(II)) Deutschlands 2014 sowie deren prozentuale Veränderung gegenüber den Vorjahreswerten .....	537
Tabelle 319:	Emissionsfaktoren [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] zur Ermittlung der Kohlenstoffvorratsunterschiede im Jahr der Umwandlung in der ober- und unterirdischen Biomasse nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014 .....	538
Tabelle 320:	Zeitreihe der mittleren Kohlenstoffvorräte in der Phytomasse von Entwaldungsflächen [t C ha <sup>-1</sup> ] .....	539
Tabelle 321:	Zuordnung von Hauptobjektartenschlüsselnummern und Attributen des ATKIS® zu den IPCC-Landnutzungskategorien .....	543
Tabelle 322:	Unterteilung der Landnutzungskategorie Feuchtgebiete gemäß 2006 IPCC Guidelines sowie Zuordnung der Gewässer- und terrestrischen Feuchtgebietsflächen [ha] Deutschlands in die entsprechenden Unterkategorien für das Jahr 2014 .....	548
Tabelle 323:	Basistabelle zur Ableitung der Landnutzungen .....	559
Tabelle 324:	Kodierungen in der Basistabelle.....	559
Tabelle 325:	Wahrscheinlichste Landnutzung (LU) und deren Datenquelle (DB) .....	561
Tabelle 326:	Landnutzungsänderungen (LUC) inklusive 20-jähriger Transition Time nach dem Konventionsberichterstattung.....	562
Tabelle 327:	Landnutzungsmatrix 2014. Die Diagonale zeigt die Fläche in verbleibender Nutzung, die anderen Felder die jeweiligen Landnutzungsänderungen (einschließlich 20-jähriger Übergangszeiten).....	562
Tabelle 328:	Jährliche Flächen der Landnutzungsänderungen, die den Berechnungen für das Inventar nach Koventionsberichterstattung (20-jährige Übergangszeit) und Kyoto Protokoll (kumulative Flächenänderung) zugrunde liegen .....	563
Tabelle 329:	Acker und Grünland bzw. landwirtschaftliche Flächen je nach Datenquelle [kha] .....	566
Tabelle 330:	Emissionen im Waldbereich für das Jahr 2014 .....	566
Tabelle 331:	Koeffizienten der Biomassefunktion für Bäume >= 10 cm BHD .....	574
Tabelle 332:	Koeffizienten der Biomassefunktion für Bäume >= 1,3 m Höhe und < 10 cm BHD... ..	574
Tabelle 333:	Koeffizienten der Biomassefunktion für Bäume < 1,3 m Höhe .....	575
Tabelle 334:	Wurzelprozent und Raumdichten zur Konvertierung der Datenspeicher Waldfonds-Daten.....	575
Tabelle 335:	Volumensexpansionsfaktoren zur Konvertierung von Derbholzvolumen + unterirdischem Volumen zum Baumholzvolumen der Datenspeicher Waldfonds-Daten .....	575
Tabelle 336:	576	
Tabelle 337:	Biomasse Expansionsfaktoren (BEF) und deren Fehler (RMSE%) für die Baumartenklassen und Zersetzungsgrade (NDH = Nadelbäume, LBH = Laubbäume, EI = Eiche).....	580
Tabelle 338:	Implizierte Emissionsfaktoren (IEF) für Streu der Landnutzungskategorien zu Neuwald.....	582
Tabelle 339:	In den Inventuren BZE I und BZE II ermittelte Kohlenstoffvorräte in der Streu deutscher Wälder mit Angabe des Standardfehlers (Grueneberg et al. 2014) .....	583
Tabelle 340:	Zusammengefasste Legendeneinheiten auf Grundlage der BÜK 1000 .....	585
Tabelle 341:	Kohlenstoffvorräte zum Zeitpunkt der BZE I und BZE II in den neugebildeten Leitbodeneinheiten (Grueneberg et al. 2014) .....	587
Tabelle 342:	Implizierte Emissionfaktoren (IEF) (Kohlenstoff) für organische Böden .....	588

Tabelle 343:	Implizierte Emissionfaktoren (Methan und Stickstoff) für organische Böden.....	589
Tabelle 344:	Durch Waldbrände emittierte Treibhausgase .....	591
Tabelle 345:	Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für die lebende Biomasse der verbleibenden Waldfläche für unterschiedliche Perioden .....	593
Tabelle 346:	Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für die lebende Biomasse auf Aufforstungsflächen für unterschiedliche Perioden.....	594
Tabelle 347:	Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für die lebende Biomasse auf Entwaldungsflächen für unterschiedliche Perioden .....	594
Tabelle 348:	Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für Totholz der verbleibenden Waldfläche für unterschiedliche Perioden.....	595
Tabelle 349:	Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für Totholz auf Aufforstungsflächen zwischen 1990 und 2014.....	595
Tabelle 350:	Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für Totholz auf Entwaldungsflächen für verschiedene Perioden.....	595
Tabelle 351:	Kohlenstoffvorratsveränderung der lebenden Biomasse verschiedener Länder (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012) .....	601
Tabelle 352:	Kohlenstoffvorratsveränderung der toten organischen Masse verschiedener Länder (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012).....	601
Tabelle 353:	Kohlenstoffvorratsveränderung der mineralischen Böden verschiedener Länder (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012) .....	601
Tabelle 354:	Kohlenstoffvorratsveränderung der organischen Böden verschiedener Länder (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012) .....	602
Tabelle 355:	Gegenüberstellung der Änderungen der Submission 2015 und 2016 berichteten Landflächenmatrix .....	603
Tabelle 356:	Gegenüberstellung der Emissionen der Submission 2015 und 2016.....	603
Tabelle 357:	CO <sub>2</sub> -, N <sub>2</sub> O- und CH <sub>4</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] aus dem Ackerland Deutschlands 2014. Dargestellt sind Summen sowie obere und untere Schranke des 95 % - Konfidenzintervalls .....	604
Tabelle 358:	Flächengewichteter Mischwert des Kohlenstoffvorrates [kt C ha <sup>-1</sup> ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls] für Dauerkulturen 2014 .....	607
Tabelle 359:	Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls] annueller Biomasse auf Ackerland sowie deren prozentuale Veränderung gegenüber der vorherigen Submission .....	608
Tabelle 360:	Flächengewichteter Mischwert des Kohlenstoffvorrates [t C ha <sup>-1</sup> ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls] in der Biomasse von Ackerland in Deutschland sowie deren prozentuale Veränderung gegenüber der vorherigen Submission .....	609
Tabelle 361:	Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5 %-Perzentil in % vom Lagemaß] zur Berechnung der THG-Emissionen aus dem Ackerland Deutschlands 2014, unterschieden nach Kategorie und Unterkategorie.....	611
Tabelle 362:	Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5 %-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Ackerland im Jahr 2014 .....	612
Tabelle 363:	Vergleich impliziter Emissionsfaktoren (IEF) unterschiedlicher Kategorien im Ackerlandsektor innerhalb Europas für das Jahr 2012 (Ausnahme Deutschland NIR 2016: Vergleichswert 2014).....	613
Tabelle 364:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Treibhausgasemissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] aus verbleibendem Acker (5.B.1).....	614

Tabelle 365:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] Treibhausgasemissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] aus Landnutzungsänderungen zu Acker (5.B.2).....	615
Tabelle 366:	CO <sub>2</sub> -, N <sub>2</sub> O- und CH <sub>4</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] aus dem Grünland Deutschlands 2014, unterschieden nach Unterkategorien. Dargestellt sind Summen sowie obere und untere Schranke des 95 % - Konfidenzintervalls .....	616
Tabelle 367:	Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ] von Grünland im engeren Sinne (± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls) und Veränderung zur letzten Submission .....	621
Tabelle 368:	Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t ha <sup>-1</sup> (95 % - Konfidenzintervall)] in der Biomasse von Gehölzen .....	623
Tabelle 369:	Emissionsfaktoren [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] mit Unsicherheiten [% vom Lagemaß] zur Berechnung der THG-Emissionen 2014 aus Grünland i. e. S. ....	624
Tabelle 370:	Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5%-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Grünland i. e. S. im Jahr 2014 .....	625
Tabelle 371:	Emissionsfaktoren [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] mit Unsicherheiten [% vom Lagemaß] zur Berechnung der THG-Emissionen 2014 aus Gehölzflächen .....	625
Tabelle 372:	Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5%-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Gehölze im Jahr 2014.....	626
Tabelle 373:	Vergleich implizierter Emissionsfaktoren (IEF) unterschiedlicher Quellgruppen im Grünland zwischen Deutschland (NIR 2016 und 2015) und europäischen Nachbarstaaten (NIR 2014) .....	627
Tabelle 374:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO <sub>2</sub> ] aus verbleibendem Grünland (4.C.1).....	628
Tabelle 375:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO <sub>2</sub> ] aus Landnutzungsänderungen zu Grünland (4.C.2).....	629
Tabelle 376:	CO <sub>2</sub> -, N <sub>2</sub> O- und CH <sub>4</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] aus Feuchtgebieten Deutschlands 2014. Dargestellt sind Summen sowie obere und untere Schranken der 95 % - Konfidenzintervalle .....	630
Tabelle 377:	Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t ha <sup>-1</sup> ] für Biomasse in terrestrischen Feuchtgebieten Deutschlands (95%-Konfidenzintervall) sowie dessen Veränderung [%] gegenüber der Submission 2015 .....	633
Tabelle 378:	Implizierte Emissionsfaktoren [t CO <sub>2</sub> -Eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] und Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] für den Torfabbau in Deutschland.....	635
Tabelle 379:	Emissionsfaktoren mit Unsicherheiten [in % vom Lagemaß] zur Berechnung der THG-Emissionen aus Feuchtgebieten 2013, unterschieden nach Kategorie und Subkategorie .....	636
Tabelle 380:	Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5%-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Feuchtgebiete und Torfabbau im Jahr 2014 .	637
Tabelle 381:	Vergleich implizierter Emissionsfaktoren (IEF) unterschiedlicher Unterkategorien in der Kategorie Feuchtgebiete zwischen Deutschland (Deutschland NIR 2016 und NIR 2015) und europäischen Nachbarstaaten (NIR 2014) .....	638
Tabelle 382:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO <sub>2</sub> ] aus verbleibenden Feuchtgebieten .....	639
Tabelle 383:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO <sub>2</sub> ] aus Landnutzungsänderungen zu Feuchtgebieten.....	640
Tabelle 384:	CO <sub>2</sub> -, N <sub>2</sub> O- und CH <sub>4</sub> -Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.] aus Siedlungsflächen Deutschlands 2014. Dargestellt sind Summen sowie obere und untere Schranke des 95 % - Konfidenzintervalls .....	641

Tabelle 385:	Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [ $t\ ha^{-1}$ ] von Biomasse auf Siedlungsflächen (95%-Konfidenzintervall) und Veränderung zur Submission 2015.....	644
Tabelle 386:	Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [in % vom Lagemaß] zur Berechnung der Treibhausgasemissionen aus Siedlungs- und Verkehrsflächen Deutschlands 2014, unterschieden nach Kategorie und Unterkategorie.....	645
Tabelle 387:	Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5%-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Siedlungen im Jahr 2014 .....	645
Tabelle 388:	Vergleich implizierter Emissionsfaktoren (IEF) unterschiedlicher Kategorien in Siedlungen zwischen Deutschland und europäischen Nachbarstaaten für das Jahr 2012 (Ausnahme Deutschland NIR 2016: Vergleichswert 2014).....	646
Tabelle 389:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO <sub>2</sub> ] aus verbleibender Siedlungsfläche .....	648
Tabelle 390:	Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO <sub>2</sub> ] aus Landnutzungsänderungen zu Siedlungsflächen .....	648
Tabelle 391:	Jährlicher Anteil des Einschlags aus verbleibender Waldfläche .....	652
Tabelle 392:	Gegenüberstellung des ermittelten Altpapieranteils in Papier 2015 und 2016 .....	653
Tabelle 393:	Gegenüberstellung der Änderungen der Submission 2015 und 2016 zu HWP Netto-CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	654
Tabelle 394:	Mengen an biologisch abbaubaren Abfällen, die zwischen 2002 und 2014 deponiert wurden, aufgeteilt nach Abfallfraktionen .....	663
Tabelle 395:	Pro-Kopf-Mengen an deponierten Hausmüll.....	663
Tabelle 396:	Pro-Kopf Mengen an Siedlungsabfall.....	664
Tabelle 397:	Verwendete DOC-Werte.....	665
Tabelle 398:	Anteil CH <sub>4</sub> am Deponiegas.....	665
Tabelle 399:	Halbwertszeiten und konstante Methanerzeugungsrate der Abfallfraktionen .....	666
Tabelle 400:	Methanfassung auf Deponien .....	667
Tabelle 401:	In Bioabfallkompostierungsanlagen eingesetzte Abfallmengen .....	670
Tabelle 402:	In Bioabfallvergärungsanlagen eingesetzte Abfallmengen .....	672
Tabelle 403:	Verwertung von Klärschlamm.....	679
Tabelle 404:	Vergleich N <sub>EFFLUENT</sub> (indirekte Emissionen) nach IPCC Guidelines 2006, modifizierte IPCC 2006, DWA und (UBA 2014); (kt N/Jahr).....	686
Tabelle 405:	Berechnung des TOW für das Jahr 2014, Direkteinleiter.....	690
Tabelle 406:	Unsicherheiten der mittleren spezifischen Stickstofffracht der 4 relevantesten Industriebereiche .....	694
Tabelle 407:	Ergebnisse der Rückrechnung für N <sub>2</sub> O aus der industriellen Abwasserreinigung. ....	695
Tabelle 408:	Emissionen der MBA.....	699
Tabelle 409:	Übersicht der von Rückrechnungen betroffenen CRF-Oberkategorien .....	704
Tabelle 410:	durch Rückrechnungen bedingte relative Änderungen gegenüber der vorjährigen Berichterstattung .....	704
Tabelle 411:	durch Rückrechnungen bedingte absolute und prozentuale Veränderungen der nationalen Gesamtemissionen (ohne CO <sub>2</sub> aus LULUCF) ggü. der vorjährigen Berichterstattung .....	706
Tabelle 412:	durch Rückrechnungen bedingte prozentuale Veränderungen der nachrichtlichen Inventardaten gegenüber der vorjährigen Berichterstattung.....	706
Tabelle 413:	Rückrechnung der CRF-spezifischen Gesamtemission über alle Treibhausgase 1990.....	707

Tabelle 414:	Rückrechnung der CRF-spezifischen Gesamtemission über alle Treibhausgase 2013.....	708
Tabelle 415:	Rückrechnung der KP-LULUCF-Gesamtemission über alle Treibhausgase 1990 ....	709
Tabelle 416:	Rückrechnung der KP-LULUCF-Gesamtemission über alle Treibhausgase 2013 ....	709
Tabelle 417:	Zusammenstellung der mit der aktuellen Berichterstattung erledigten Review-Empfehlungen .....	711
Tabelle 418:	Zusammenfassung der mit der aktuellen Berichterstattung erledigten und der offenen in den NIR-Kategoriekapiteln genannten geplanten Verbesserungen .....	719
Tabelle 419:	Implementing Regulation Article 9: Reporting on implementation of recommendations and adjustments, Article 9.1 .....	726
Tabelle 420:	Walddefinition in Deutschland .....	733
Tabelle 421:	Aufforstung in KP- und UNFCCC-Kategorien .....	735
Tabelle 422:	Entwaldung in KP- und UNFCCC-Kategorien.....	735
Tabelle 423:	Waldbewirtschaftung in KP- und UNFCCC-Kategorien .....	736
Tabelle 424:	Ackerlandbewirtschaftung in KP- und UNFCCC-Kategorien .....	737
Tabelle 425:	Weidelandbewirtschaftung in KP- und UNFCCC-Kategorien .....	738
Tabelle 426:	Akkumulierte und jährliche Flächen der Kategorien Aufforstung, Entwaldung und Waldbewirtschaftung von 1990 bis 2014.....	740
Tabelle 427:	Übersicht über die Flächen unter Ackerland- und Weidelandbewirtschaftung im Basisjahr 1990 und der Jahre 2013 und 2014 .....	740
Tabelle 428:	Jährliche und akkumulierte Entwaldungsflächen und jährlicher und implizierter Emissionsfaktor für die abnehmende oberirdische Biomasse des Waldes; positiv: Kohlenstoffsenke; negativ: Kohlenstoffemission .....	742
Tabelle 429:	Entwaldungsflächen und Kohlenstoffvorratsverluste aus Biomasse (mit Biomasse der umgewandelten Fläche), Totholz, Streu und mineralischen und organischen Böden bei der Entwaldung für das Jahr 2014; positiv: Kohlenstoffsenke; negativ: Kohlenstoffemission .....	742
Tabelle 430:	Kohlenstoffvorratsänderungen und Treibhausgasemissionen infolge Ackerlandbewirtschaftung für das Jahr 2014 .....	744
Tabelle 431:	Kohlenstoffvorratsänderungen und Treibhausgasemissionen infolge Weidelandbewirtschaftung im Jahr 2014 .....	745
Tabelle 432:	Emissionsfaktoren (EF) für das Totholz für die Perioden 1990-2001, 2002-2007 und 2008-2012 .....	747
Tabelle 433:	Implizite Emissionsfaktoren (IEF) [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] für mineralische Böden der Quellkategorien Aufforstung und Entwaldung .....	749
Tabelle 434:	Statistische Ergebnisse der Modelluntersuchungen zur Humusbilanz von 180 Ackerlandstandorten Norddeutschlands (DREYSSE 2015) .....	749
Tabelle 435:	Emissionsfaktoren für organische Böden der Entwaldungskategorien des Jahres 2013 (negativ = Verlust, positiv = Speicherung).....	750
Tabelle 436:	Gegenüberstellung der Änderungen der Submission 2015 und 2016 berichteten Landflächen .....	754
Tabelle 437:	Gegenüberstellung der Änderungen der Submission 2015 und 2016 berichteten Emissionen .....	754
Tabelle 438:	Unsicherheiten für die Treibhausgasberichterstattung für Aktivitäten des Kyoto-Protokolls der Artikel 3.3 und 3.4.....	756

Tabelle 439:	Gesamtfehler für die Kohlenstoffvorratsveränderungsschätzung der Biomasse für die Inventurperioden der Bundeswaldinventur 1987-2002, 2002-2008 und 2008-2012.....	758
Tabelle 440:	Gesamtfehler für die Kohlenstoffvorratsveränderungsschätzung des Totholzes für die Inventurperioden der Bundeswaldinventur 1987-2002, 2002-2008 und 2008-2012.....	758
Tabelle 441:	Fehlerbudget für die Emissionsfaktoren von Mineralboden und Streu, mit se = Standardabweichung des Mittelwertes; C 90, C 06 = Laborfehler bei der Kohlenstoffgehaltsbestimmung BZE I und BZE II; FE = Fehler bei der Bestimmung des Feinbodenvorrates.....	759
Tabelle 442:	Kohlenstoffvorratsänderungen in lebender Biomasse (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012).....	761
Tabelle 443:	Kohlenstoffvorratsänderungen in Streu (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012) .....	761
Tabelle 444:	Kohlenstoffvorratsänderungen in Totholz (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012) .....	761
Tabelle 445:	Kohlenstoffvorratsänderungen in mineralischen Böden (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012).....	762
Tabelle 446:	Kohlenstoffvorratsänderungen in organischen Böden (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012).....	762
Tabelle 447:	Flächengrößen der Aktivitäten, die nach 2013 begonnen haben.....	762
Tabelle 448:	Zusammenstellung der Verpflichtung zur Waldbewirtschaftung, zur Aufstellung von Plänen und zur forstlichen Rahmenplanung aus den Waldgesetzen der Bundesländer .....	767
Tabelle 449:	Kohlenstoffvorratsänderungen und Treibhausgasemissionen infolge Ackerlandbewirtschaftung im Basisjahr 1990 .....	768
Tabelle 450:	Kohlenstoffvorratsänderungen und Treibhausgasemissionen infolge Weidelandbewirtschaftung im Basisjahr 1990 .....	769
Tabelle 451:	Gegenüberstellung der Waldfunktionen nach dem Bundeswaldgesetz und nach IPCC .....	770
Tabelle 452:	Querschnittsmaßnahmen .....	777
Tabelle 453:	Energiepolitische Maßnahmen.....	778
Tabelle 454:	Landwirtschaft .....	778
Tabelle 455:	Wald- und Forstwirtschaft.....	778
Tabelle 456:	Abfallverwertung/-behandlung.....	779
Tabelle 457:	KP CRF Table NIR.3: Summary Overview for Key Categories for Land Use, Land-Use Change and Forestry Activities under the Kyoto Protocol .....	782
Tabelle 458:	Zur Erstellung der Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland verwendeten Erhebungen des StBA .....	794
Tabelle 459:	Übersicht: Auffällige Positionen beim Vergleich der Energiebilanz 2013 mit der Energiebilanz 2012 – Veränderungen 2013 gegenüber 2012 .....	795
Tabelle 460:	Aktionsplan Energiedaten Inventarverbesserung .....	799
Tabelle 461:	Vergleich der CO <sub>2</sub> -Emissionsfaktoren für die Steinkohlen .....	805
Tabelle 462:	Zusammensetzung und Emissionsfaktoren von Ottokraftstoffen.....	810
Tabelle 463:	Für die Emissionsberichterstattung abgeleitete Emissionsfaktoren für CO <sub>2</sub> ab 1990, Energie .....	815

Tabelle 464:	Für die Emissionsberichterstattung abgeleitete Emissionsfaktoren für CO <sub>2</sub> ab 1990, Industrieprozesse .....	819
Tabelle 465:	IPCC Standardwerte für EF & Unteren Heizwert .....	821
Tabelle 466:	Verifikation der Vollständigkeit des berichteten CO <sub>2</sub> aus der nichtenergetischen Verwendung von fossilen Energieträgern .....	822
Tabelle 467:	Anlagentypen nach Anhang der 4.BImSchV .....	827
Tabelle 468:	Klassifikation der Quellen nach Feuerungstyp .....	828
Tabelle 469:	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Rauchgasentschwefelung in Öffentlichen Kraftwerken .....	829
Tabelle 470:	Emissionsfaktoren 2014 für Flugbenzin, in [g/kg] und [kg/TJ] .....	831
Tabelle 471:	Übersicht der Emissionsfaktoren für Kerosin .....	832
Tabelle 472:	Übersicht der zu berücksichtigten Teilunsicherheiten der Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren .....	833
Tabelle 473:	Energieeinsatz im Straßenverkehr 1990-2014.....	834
Tabelle 474:	Heizwerte für Otto- und Dieselmotoren .....	835
Tabelle 475:	Korrekturfaktoren zur Anpassung an die Energiebilanz .....	835
Tabelle 476:	Ableitung der EF(CO <sub>2</sub> ) für Zweitaktgemische (Angaben in [kg/TJ]).....	839
Tabelle 477:	CO <sub>2</sub> aus in Zweitakt-Ottomotoren mitverbrannten Schmierstoffen (Angaben in [kt]).....	839
Tabelle 478:	Übersicht der verwendeten spezifischen Mitverbrennungsanteile.....	840
Tabelle 479:	Kohlendioxid aus mitverbrannten Schmierstoffen (Angaben in [kt], vgl. CRF 2.D.1).....	840
Tabelle 480:	modellierter AdBlue®- Einsatzmengen (Angaben in [kt]) .....	841
Tabelle 481:	aus dem Einsatz von AdBlue® resultierende CO <sub>2</sub> - Emissionen (Angaben in [kt]).....	841
Tabelle 482:	Gesamt-THG-Emissionen von Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren ...	842
Tabelle 483:	Mittlerer jährlicher Tierbestand nach Schätzungen des Statistischen Bundesamtes.....	842
Tabelle 484:	CH <sub>4</sub> -Emissionen aus der Verdauung bei Gehegewild, Kaninchen und Pelztieren ....	843
Tabelle 485:	CH <sub>4</sub> -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management bei Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren .....	843
Tabelle 486:	Gehegewild: Von anderen Ländern im NIR 2012 berichtete N-Auscheidungen $N_{excr}$ .....	844
Tabelle 487:	Strauße: Von anderen Ländern im NIR 2012 berichtete N-Auscheidungen $N_{excr}$ .....	844
Tabelle 488:	Direkte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management bei Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren .....	845
Tabelle 489:	Eingangsdaten zur Berechnung der NH <sub>3</sub> -Emissionen (Emissionsfaktoren [EF] in kg NH <sub>3</sub> -N pro kg TAN .....	846
Tabelle 490:	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen als Folge der Deposition reaktiven Stickstoffs aus NH <sub>3</sub> - und NO-Emissionen aus Stall und Lager .....	846
Tabelle 491:	Direkte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus Böden infolge Gehegewild-Freilandaufenthalt und Wirtschaftsdüngerausbringung bei Kaninchen, Straußen und Pelztieren. ....	846
Tabelle 492:	Parameter zur Berechnung der indirekten N <sub>2</sub> O-Emissionen aus der Deposition reaktiven Stickstoffs infolge Freilandaufenthalt und Ausbringung (Emissionsfaktoren [EF] in kg N <sub>2</sub> O-N pro kg reaktiven Stickstoffs).....	847
Tabelle 493:	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen als Folge der Deposition reaktiven Stickstoffs ( $N_{reac}$ ) aus NH <sub>3</sub> - und NO-Emissionen aus Gehegewild-Freilandaufenthalt und Ausbringung .....	847
Tabelle 494:	Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus Böden infolge Auswaschung/Oberflächenabfluss ....	847

Tabelle 495:	Häufigkeitsverteilungen von Tierhaltungsverfahren(in %) sowie zugehörige Einstreumengen und NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren .....	849
Tabelle 496:	Häufigkeitsverteilungen von Lagerverfahren (in %), Mengen an vergorenen Energiepflanzen sowie zugehörige Emissionsfaktoren.....	852
Tabelle 497:	Häufigkeitsverteilungen von Ausbringungsverfahren (in %) sowie zugehörige Emissionsfaktoren .....	857
Tabelle 498:	Legehennen, haltungsspezifische partielle NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren .....	860
Tabelle 499:	Mittlerer Kohlenstoffvorrat [bis 30 cm Bodentiefe in t C ha <sup>-1</sup> ± 1,96 * Standardfehler] in den mineralischen Waldböden Deutschlands von 1990 – 2013 ..	864
Tabelle 500:	Fläche [ha], mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) für Ackerflächen Deutschlands mit annuellen Kulturen.....	865
Tabelle 501:	Fläche [ha], mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [kt C ha <sup>-1</sup> ] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) für Ackerflächen Deutschlands mit perennierenden Kulturen .....	865
Tabelle 502:	Mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) für Ackerflächen Deutschlands .....	866
Tabelle 503:	Mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) für Grünlandflächen Deutschlands.....	866
Tabelle 504:	Mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) in Mineralböden unter Terrestrischen Feuchtgebieten, Siedlungen und Sonstigen Flächen .....	867
Tabelle 505:	Ergebnisse der letzten Obstbaumvollerhebung 2007 durch das Statistische Bundesamt 2007 .....	871
Tabelle 506:	Flächenbezogene Kohlenstoffvorräte [t C ha <sup>-1</sup> ] (Range, bzw. ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls) in der Biomasse von Obstgehölzen Deutschlands .....	871
Tabelle 507:	Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t ha <sup>-1</sup> ] (± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls) der Weihnachtsbaumbiomasse Deutschlands .....	872
Tabelle 508:	Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ] (± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls) der Weinstockbiomasse Deutschlands .....	873
Tabelle 509:	Mittlere, flächenbezogene Kohlenstoffvorräte [t C ha <sup>-1</sup> ] sowie 97,5%- und 2,5%- Perzentile [%] in der Biomasse von Kurzumtriebsplantagen .....	874
Tabelle 510:	Herleitung des mittleren flächenbezogenen Kohlenstoffvorrats [Mischwert <sub>Baumschulen</sub> in Mg C ha <sup>-1</sup> ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls] in der Biomasse von Baumschulen .....	875
Tabelle 511:	Ermittlung des flächengewichteten Kohlenstoffvorrates [t C ha <sup>-1</sup> ] für Ackerlandgehölze in Deutschland zu den statistischen Erhebungsterminen (KV 2 ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls).....	875
Tabelle 512:	Flächengewichteter Mischwert des Kohlenstoffvorrates der Biomasse [t C ha <sup>-1</sup> ] für perennierende Ackerlandgehölzflächen in Deutschland (C-Vorrat der ober- und unterirdischen Biomasse sowie gesamter C-Vorrat ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls) .....	876
Tabelle 513:	Uncertainty Calculation for the German GHG Emissions from Sector 4.A - 4.F (LULUCF) .....	878
Tabelle 514:	Vergleich der mittels sektoralen (1.AA) und Referenzansatz (1.AB) ermittelten Energieeinsätze (in [TJ]; fett: maximale positive und negative Abweichungen) .....	892

Tabelle 515:	Vergleich der mittels sektoralen (1.AA) und Referenzansatz (1.AB, ohne nicht-energetischen Verbrauch NEV) ermittelten CO <sub>2</sub> -Emissionen (fett: maximale positive und negative Abweichungen).....	893
Tabelle 516:	Vollständigkeit - Übersicht der Quellen und Senken, deren Emissionen nicht geschätzt (not estimated, NE) werden .....	896
Tabelle 517:	Vollständigkeit – Übersicht der Quellen und Senken, die an anderer Stelle berichtet werden (included elsewhere, IE) .....	896
Tabelle 518:	Dokumentationsinstrumente im Umweltbundesamt.....	914
Tabelle 519:	Allgemeine Checkliste für Fachverantwortliche .....	915
Tabelle 520:	Emissionsentwicklung in Deutschland, nach Treibhausgas und Quellgruppe .....	989
Tabelle 521:	Anteile an der Emissionsentwicklung in Deutschland, nach Treibhausgas und Quellgruppe .....	991
Tabelle 522:	Emissionen von direkten und indirekten Treibhausgasen und SO <sub>2</sub> in Deutschland seit 1990 .....	992
Tabelle 523:	Veränderungen der Emissionen direkter und indirekter Treibhausgase und SO <sub>2</sub> in Deutschland seit 1990 .....	993
Tabelle 524:	Veränderungen der Emissionen direkter und indirekter Treibhausgase und SO <sub>2</sub> in Deutschland, seit dem jeweils letzten Jahr .....	994
Tabelle 525:	Veränderungen der Emissionen in Deutschland nach Quellgruppen, seit 1990 / seit dem jeweils letzten Jahr .....	995
Tabelle 526:	Detailed numeric overview of re-estimated CO <sub>2</sub> emissions 1990 .....	996
Tabelle 527:	Detailed numeric overview of re-estimated CH <sub>4</sub> emissions 1990 .....	997
Tabelle 528:	Detailed numeric overview of re-estimated N <sub>2</sub> O emissions 1990 .....	998
Tabelle 529:	Detailed numeric overview of re-estimated HFC emissions 1990.....	998
Tabelle 530:	Detailed numeric overview of re-estimated PFC emissions 1990.....	998
Tabelle 531:	Detailed numeric overview of re-estimated SF <sub>6</sub> emissions 1990 .....	998
Tabelle 532:	Detailed numeric overview of re-estimated unspecified mix emissions 1990 .....	999
Tabelle 533:	Detailed numeric overview of re-estimated NF <sub>3</sub> emissions 1990.....	999
Tabelle 534:	Detailed numeric overview of re-estimated CO <sub>2</sub> emissions 2013 .....	999
Tabelle 535:	Detailed numeric overview of re-estimated CH <sub>4</sub> emissions 2013 .....	1000
Tabelle 536:	Detailed numeric overview of re-estimated N <sub>2</sub> O emissions 2013.....	1001
Tabelle 537:	Detailed numeric overview of re-estimated HFC emissions 2013.....	1001
Tabelle 538:	Detailed numeric overview of re-estimated PFC emissions 2013.....	1002
Tabelle 539:	Detailed numeric overview of re-estimated SF <sub>6</sub> emissions 2013 .....	1002
Tabelle 540:	Detailed numeric overview of re-estimated unspecified mix emissions 2013 .....	1002
Tabelle 541:	Detailed numeric overview of re-estimated NF <sub>3</sub> emissions 2013 .....	1002
Tabelle 542:	Tabelle 6.1 der IPCC Good Practice Guidance - Details .....	1004

## Abkürzungsverzeichnis

AbfAbIV	Abfallablagerungsverordnung
ABL	alte Bundesländer
AGEB	Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen
AK	Arbeitskreis
ALH	alle anderen Laubbäume hoher Lebenserwartung (BWI-Baumartengruppe)
ALN	alle anderen Laubbäume niedriger Lebenserwartung (BWI-Baumartengruppe)
ANCAT	Abatement of Nuisances from Civil Air Transport
AR	Aktivitätsrate
ARD	Afforestation, reforestation, deforestation (Aufforstung, Wiederbewaldung, Entwaldung)
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
AWMS	Animal Waste Management System
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BAT	Best Available Technique
BDZ	Bundesverband der Deutschen Zementindustrie
BEF	Biomasseexpansionsfaktoren
BEU	Bilanz der Emissionsursachen für stationäre und mobile Verbrennungsprozesse
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BGS	Brennstoff-, Gas-, und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Press- und Hammerwerke einschließlich der öffentlichen verbundenen sonstigen Betriebe( ohne eigene Kokereien)
BGW	Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft
BHD	Brusthöhendurchmesser (Stammdurchmesser eines Baumes in 1,30 m Höhe über dem Boden)
BHKW	Blockheizkraftwerk
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BImSchV	Rechtsverordnung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz
BML	siehe BMEL
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)
BMEL	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMVEL	siehe BMEL
BMVG	Bundesministerium der Verteidigung
BMWA	siehe BMWi
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BoHE	Bodennutzungshaupterhebung
BREF	BAT (Best Available Technique) Reference Documents
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
BSB <sub>5</sub>	Biologischer Sauerstoffbedarf innerhalb von 5 Tagen
BV Kalk	Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie
BÜK	Bodenübersichtskarte
BWI	Bundeswaldinventur
BZE	Bodenzustandserhebung im Wald

C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	Hexafluorethan
CAPIEL	Coordinating Committee for the Associations of Manufacturers of Industrial Electrical Switchgear and Controlgear in the European Union
CFC	Fluorchlorkohlenwasserstoffe (engl.: Chlorofluorocarbons) = FCKW
CFI	Continuous Forest Inventory (Kontrollstichprobe)
CH <sub>4</sub>	Methan
C <sub>org</sub>	Im Boden gespeicherter organischer Kohlenstoff
CO	Kohlenstoffmonoxid, Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid, Kohlendioxid
CORINAIR	Coordination of Information on the Environment, Teilprojekt: Air
CORINE	Coordinated Information on the Environment
CRF	Common Reporting Format
CSB	Chemischer Sauerstoff Bedarf
D	Deutschland
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle
DESTATIS	Statistisches Bundesamt Deutschland, offizielle Abkürzung StBA
DFIU	Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung an der Universität Karlsruhe
DG	Deponiegas
DGMK	Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle eV.
DIN	Deutsche Industrienorm
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMKW	Dieselmotorkraftwerke
D <sub>N</sub>	Stickstoff im Abwasser
DOC	Anteil des organisch abbaubaren Kohlenstoffs (engl.: Degradable Organic Carbon)
DOC <sub>F</sub>	Anteil des in Deponiegas umgewandelten DOC (engl.: Fraction of DOC dissimilated)
DSWF	Datenspeicher Waldfonds
DTKW	Dampfturbinenkraftwerke
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfachs eV.
D7	Stammdurchmesser eines Baumes in 7 m Höhe über dem Boden
EBZ	Energiebilanzzeile in der BEU
EEA	Europäische Umweltagentur (engl.: European Environment Agency)
EECA	European Electronic Component Manufacturers Association
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz, Gesetzestext (BGBl. Teil I Nr. 40 v. 31.07.2004, Seite 1918 ff.)
EF	Emissionsfaktor
EI	Emissionsindex = Emissionsfaktor
E <sub>KA</sub>	Einwohner mit Kläranlagenanschluss
EL	Heizöl EL (extra leicht flüssig)
EM	Emission
EMEP	Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe
EMEV	Emissionsrelevanter Energieverbrauch

ERT	Expert Review Team
ESIA	European Semiconductor Industry Association
ETS	Emissionshandelssystem mit Treibhausgasen in der EU (engl. Emissions Trading Scheme)
EU	Europäische Union
EU-EH	Europäischer Emissionshandel, auch ETS genannt
EUROCONTROL	Europäische Organisation zur Sicherung der Luftfahrt
EUROSTAT	Statistisches Amt der Europäischen Gemeinschaften
EW	Einwohnerzahl
FA	Feuerungsanlagen
FAP	Fachlicher Ansprechpartner im NaSE
FAL	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
FAO	Organisation für Ernährung und Landwirtschaft (engl.: Food And Agriculture Organisation) der Vereinten Nationen
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
F-Gase	Fluorierte Treibhausgase
FHW	Fernheizwerke
FKW	Vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (engl.: PFC)
FKZ	Forschungskennzahl
FV	Fachverantwortlicher im NaSE
FWL	Feuerungswärmeleistung
GAS-EM	GASeous EMISSIONS (Programm zur Berechnung der landwirtschaftlichen Emissionen)
GEREF	GERman Emission Factor Database
GFA	Großfeuerungsanlagen
GG	Gesamtgewicht
GIS	Gasisolierte Schaltanlagen
GMBL	Gemeinsames Ministerialblatt
GMES	Global Monitoring for Environment and Security
GMKW	Gasmotorkraftwerke
GPG	Good Practice Guidance
GSE FM-INT	GMES Services Elements Forest Monitoring: Inputs für die Nationale Treibhausgasberichterstattung
GT	Gasturbinen
GTKW	Gasturbinenkraftwerke
GuD	Gas- und Dampfturbinenkraftwerke
GWP	Globales Treibhauspotential (engl.: Global Warming Potential)
HFC	Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (engl.: Hydrofluorocarbons) = HFKW
HFCKW	Wasserstoffhaltige Fluorchlorkohlenwasserstoffe
HFKW	Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (engl.: Hydrofluorocarbons, HFC)
Hi	Heizwert
HK	Hauptkategorie (engl.: key category) berücksichtigt sowohl Emissionsquellen als auch -senken.
HS-GIS	Hochspannungs- und Gasisolierte Schaltanlagen
IAI	International Aluminium Institute

IE	an anderer Stelle einbezogen (engl.: Included Elsewhere)
IEA	Internationale Energie Agentur (engl. International Energy Agency)
IEF	implizierter Emissionsfaktor (engl.: implied emission factor)
IfE	Institut für Energetik
IFEU	Institut für Energie- und Umweltforschung
IKW	Industriekraftwerke
IMA	Interministerielle Arbeitsgruppe
IPCC	Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen (engl.: Intergovernmental Panel On Climate Change)
IS08	Inventurstudie 2008
K	Brennstoffeinsatz zur Krafterzeugung (Direktantrieb)
k.A.	keine Angabe
KP	Kyoto-Protokoll
KS	Klärschlamm
I	level (im Rahmen des "Level Assessment" nach den IPCC-Good Practice Guidance)
LF	Landwirtschaftlich genutzte Flächen
LKW	Lastkraftwagen
LTO	Landing/Take-off-Zyklus
LUCF	Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (engl.: Land Use Change and Forestry)
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (engl.: Land Use, Land Use Change and Forestry)
MBA	Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung
MCF	Methankonversionsfaktor (engl.: Methane Conversion Factor)
MS	Mittelspannung
MSW	Deponierte Menge an Siedlungsabfall
MVA	Müllverbrennungsanlage
MW	Megawatt
N	Stickstoff
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid, Lachgas
NA	nicht anwendbar (engl.: Not Applicable)
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NaSE	Nationales System Emissionsinventare
NBL	neue Bundesländer
NE	Nicht geschätzt (engl.: Not Estimated)
NEAT	Non-energy Emission Accounting Tables
NEC	EU-Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001, in der nationale Emissionshöchstmenge (engl.: National Emission Ceilings) für bestimmte Luftschadstoffe geregelt sind.
NEV	Nichtenergetischer Verbrauch
NF <sub>3</sub>	Stickstofftrifluorid
NFR	Berichtsformat für die Berichterstattung an die UN ECE (engl.: New Format on Reporting, Nomenclature for Reporting)
NFZ	Nutzfahrzeuge
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NIR	Nationaler Inventarbericht (engl.: National Inventory Report)

NMVOG	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (engl.: Non Methane Volatile Organic Compounds)
NO	nicht vorkommend (engl.: Not Occurring)
NO	Stickstoffmonoxid
NSCR	Nicht-selektive katalytische Reduktion
OCF	Montageschaum (engl.: One Component Foam)
OX	Oxidationsfaktor
PAH	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (engl.: Polycyclic aromatic hydrocarbons), auch PAK
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (engl.: Polycyclic aromatic hydrocarbons), auch PAH
PARTEMIS	Measurement and prediction of emissions of aerosols and gaseous precursors from gas turbine engines
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzodioxine und -furane
PF	Prozessfeuerungen
PFC	Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (engl.: Perfluorocarbons) = FKW
PKW	Personenkraftwagen
PU	Polyurethan
QK	Qualitätskontrolle
QS	Qualitätssicherung
QSE	Qualitätssystem Emissionsinventare
REA	Rauchgasentschwefelungsanlage
ROE	Rohöleinheiten
RSt	Rohstahl
RWI	Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung
S	Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung
S	Heizöl S (schwer flüssig)
S&A report	Synthesis and Assessment Report
SA	Heizöl SA (schwer flüssig, schwefelarm)
SE	Stichprobenfehler (sampling error)
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid
SKE	Steinkohleneinheiten
SNAP	Selected Nomenclature for Air Pollution
SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
StBA	Statistisches Bundesamt Deutschland
STEAG	STEAG Aktiengesellschaft (ein großer Stromerzeuger in Deutschland)
T	Trend (im Rahmen des "Trend Assessment" nach den IPCC-Good Practice Guidance) in den Übersichtstabellen der Quellgruppen
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft; Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz
TAN	Total Ammoniacal Nitrogen
THG	Treibhausgase
TI	Johann Heinrich von Thünen-Institut
TI-AK	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Agrarklimaschutz
TI-WO	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Waldökosysteme
TM	Trockenmasse
TOC	Gesamtkohlenstoff (engl.: Total Organic Carbon)

---

TREMOD	Emissionsberechnungsmodell für den Verkehr (engl.: Traffic Emission Estimation Model)
TS	Trockenstoff
TÜV	Technischer Überwachungsverein
TVF	Tonne verwertbare Förderung
UBA	Umweltbundesamt
UN ECE	Europäische Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen (engl.: United Nations Economic Commission for Europe)
UN FCCC	Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (engl.: United Nations Framework Convention on Climate Change)
UN	Vereinte Nationen (engl.: United Nations)
UStatG	Umweltstatistikgesetz
VDEh	Verein Deutscher Eisenhüttenleute, seit 2003 in Stahlinstitut VDEh umbenannt (Eisen/Stahlverband)
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
VDN	Verband der Netzbetreiber e.V.
VDZ	Verein Deutscher Zementwerke e.V.
VGB	Technische Vereinigung der Großkraftwerksbetreiber e.V.
VIK	Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V.
VOC	Volatile Organic Compounds
VS	Glühverlust, Gehalt an organischer Substanz (engl. Volatile Solids)
W	Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung
WS	Anteil eines bestimmten Systems der Abwasserbehandlung (z.B. aerob, anaerob)
WZ	Wirtschaftszweig
XPS	Extrudiertes Polystyrol
ZSE	Zentrales System Emissionen
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V.

## Einheiten und Größen

### Multiplikationsfaktoren, Abkürzungen, Vorsilben und Symbole

Multiplikationsfaktor	Abkürzung	Vorsatz	
		Name	Symbol
1.000.000.000.000.000	10 <sup>15</sup>	Peta	P
1.000.000.000.000	10 <sup>12</sup>	Tera	T
1.000.000.000	10 <sup>9</sup>	Giga	G
1.000.000	10 <sup>6</sup>	Mega	M
1.000	10 <sup>3</sup>	Kilo	k
100	10 <sup>2</sup>	Hekto	h
0,1	10 <sup>-1</sup>	Dezi	d
0,01	10 <sup>-2</sup>	Zenti	c
0,001	10 <sup>-3</sup>	Milli	m
0,000.001	10 <sup>-6</sup>	Mikro	μ

### Einheiten und Abkürzungen

Abkürzung	Einheit
°C	Grad Celsius
a	Jahr
cal	Kalorie
g	Gramm
h	Stunde
ha	Hektar
J	Joule
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
ppm	parts per million
t	Tonne
W	Watt

### Standardentsprechungen

Einheit	entspricht
1 Tonne (t)	1 Megagramm (Mg)
1 Kilotonne / Tausend Tonnen (kt)	1 Gigagramm (Gg)
1 Megatonne / Million Tonnen (Mt)	1 Teragramm (Tg)

## Erklärung der Einleitenden Informationstabellen

Die Einleitenden Informationstabellen finden sich am Beginn jedes Quellgruppen-Kapitels. Sie sollen einen schnellen Überblick über die Relevanz der Quellgruppe und die verwendeten Methoden geben.

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2013 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2013
L/T	1A1c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	all fuels	CO2	65.289,0	(5,36%)	10.267,5	(1,10%)	-84,3%
-/-	1A1c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	all fuels	N2O	659,2	(0,05%)	150,1	(0,02%)	-77,2%
-/-	1A1c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	all fuels	CH4	92,0	(0,01%)	13,9	(0,00%)	-84,9%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	NS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>			CS

### Hauptkategorie

Im oberen Teil der Tabelle werden die für die Quellgruppe relevanten Zeilen der Hauptkategorien-Analyse die Emissionen absolut (kt CO<sub>2</sub>-äquivalent) und als prozentualen Anteile im Jahr 1990 und im letzten berichteten Jahr sowie der Emissionstrend zwischen Basisjahr (1990 oder 1995 für die F-Gase) und dem letzten berichteten Jahr in übersichtlicher Form dargestellt. Der Begriff Hauptkategorie wird im NIR synonym mit dem englischen „key category“ verwendet.

- L = Hauptkategorie nach Emissionshöhe (Level)
- T = Hauptkategorie nach dem Emissions-Trend
- 2 = Hauptkategorie nach der Tier-2-Analyse

### Schadstoff

Der untere Teil der Tabelle liefert Informationen über angewandte Methode, die Quelle der Aktivitätsdaten und die verwendeten Emissionsfaktoren (EF).

### Angewandte Methode

- D = IPCC Default
- RA = Reference Approach (Referenz-Verfahren)
- Tier 1 = IPCC tier 1
- Tier 2 = IPCC tier 2
- Tier 3 = IPCC tier 3
- C = CORINAIR
- CS = Country specific (landesspezifisch)
- M = Model (Modell)

### Quelle der Aktivitätsdaten

- M = Model (Modell)
- Q = Questionnaires, surveys (Fragebögen, Umfragen)
- PS = Plant specific data (Anlagenspezifische Daten)
- AS = Associations, business organizations (Verbände-Informationen)
- RS = Regional Statistics (regionale oder föderale Statistiken)
- NS = National Statistics (Nationale Statistiken)
- IS = International Statistics (Internationale Statistiken)

### Emissionsfaktor (EF)

- D = IPCC Default
- C = CorinAir
- CS = Country specific (landesspezifisch)
- PS = Plant specific (anlagenspezifisch)
- M = Model (Modell)

## 0 ZUSAMMENFASSUNG (ES)

Als Vertragsstaat der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC) ist Deutschland seit 1994 dazu verpflichtet, Inventare zu nationalen Treibhausgasemissionen zu erstellen, zu veröffentlichen und regelmäßig fortzuschreiben. Mit dem Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls im Februar 2005 ist die internationale Staatengemeinschaft verpflichtet, verbindliche Handlungsziele und Umsetzungsinstrumente für den globalen Klimaschutz zu realisieren. Hieraus ergeben sich sehr weitreichende und detaillierte Verpflichtungen für die Erstellung, die Berichterstattung und die Überprüfung von Emissionsinventaren. Entsprechend Artikel 3 des Kyoto-Protokolls nutzt die europäische Staatengemeinschaft die Möglichkeit der gemeinsamen Erfüllung aller EU-Staaten der Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls und der Klimarahmenkonvention. Dies erfolgt durch europäische Regelungen, zuletzt durch die Festlegungen der EU-Verordnung 525/2013<sup>1</sup> und ihrer Durchführungsverordnung 749/2014<sup>2</sup>. Durch die aktuelle europäische Umsetzung des Kyoto-Protokolls auf dem Verordnungsweg sind dessen Anforderungen für Deutschland rechtsverbindlich geworden.

Gemäß Entscheidung 24/CP.19 müssen alle im ANNEX I der Klimarahmenkonvention aufgeführten Staaten jährlich einen Nationalen Inventarbericht (National Inventory Report, NIR) erstellen und übermitteln, der detaillierte und vollständige Angaben über den gesamten Prozess der Erstellung der Treibhausgasinventare bereitstellt. Durch diesen Bericht soll die Transparenz, Konsistenz und Vergleichbarkeit der Inventare sichergestellt und der unabhängige Überprüfungsprozess unterstützt werden.

Gemäß der Entscheidung 15/CMP.1 müssen alle im ANNEX I der Klimarahmenkonvention aufgeführten Staaten, die auch Mitgliedsstaaten des Kyoto-Protokolls sind, ab dem Jahr 2010 jährliche Inventare vorlegen, um die flexiblen Mechanismen nach Artikel 6, 12 und 17 des Kyoto-Protokolls in Anspruch nehmen zu können.

Deutschland legt zusammen mit den Inventartabellen den Nationalen Inventarbericht (NIR) vor, der sich auf den Zeitraum der Inventartabellen bezieht und die Methoden sowie die Datenquellen beschreibt, auf denen die Berechnungen basieren. Der Bericht und die Berichtstabellen im Common Reporting Format (CRF) wurden gemäß der UNFCCC Richtlinie zur Berichterstattung über jährliche Inventare (FCCC/CP/2013/10/Add.3) und in Übereinstimmung mit den 2006 IPCC Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories (IPCC Guidelines, 2006) und den IPCC Good Practice Guidance (IPCC-GPG, 2000) erstellt. Der NIR enthält einen Teil II sowie weitere Unterkapitel, um die erweiterten Anforderungen des Kyoto-Protokolls und der damit verbundenen Verpflichtungen auf europäischer Ebene zu erfüllen.

Der **Teil I des NIR** beinhaltet in den Kapiteln 1 bis 10 alle Informationen zum jährlichen Treibhausgasinventar.

---

<sup>1</sup> VERORDNUNG (EU) Nr. 525/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 21. Mai 2013 über ein System für die Überwachung von Treibhausgasemissionen sowie für die Berichterstattung über diese Emissionen und über andere klimaschutzrelevante Informationen auf Ebene der Mitgliedstaaten und der Union und zur Aufhebung der Entscheidung Nr. 280/2004/EG

<sup>2</sup> DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 749/2014 DER KOMMISSION vom 30. Juni 2014 über die Struktur, das Format, die Verfahren der Vorlage und die Überprüfung der von den Mitgliedstaaten gemäß der Verordnung (EU) Nr. 525/2013 des Europäischen Parlaments und des Rates gemeldeten Informationen

**Kapitel 1** gibt Hintergrundinformationen zum Klimawandel, den Treibhausgasinventaren sowie weitere Informationen zum Kyoto-Protokoll. Danach wird das Nationale System beschrieben, welches gemäß Artikel 5.1 des Kyoto-Protokolls die Erfüllung aller Berichtspflichten zu atmosphärischen Emissionen und zu Einbindungen in Senken unterstützen und sicherstellen soll. Weiterhin werden in diesem Kapitel die grundlegenden Prinzipien und Methoden, mit denen die Emissionen und Senken der IPCC-Kategorien berechnet werden, eine Kurzfassung der Hauptkategorienanalyse sowie das Qualitäts-System Emissionsinventare (QSE) beschrieben. Abgeschlossen wird das Kapitel durch Texte zur Unsicherheitenanalyse und einer Analyse der Vollständigkeit.

**Kapitel 2** gibt einen generellen Überblick über die Entwicklung der Emissionen von direkten und indirekten Treibhausgasen sowie der Einbindung von Kohlendioxid in Senken.

In den **Kapiteln 3 bis 9** werden Angaben zu den einzelnen Quell- und Senkengruppen gemacht, neben einer allgemeinen Beschreibung und Informationen zur angewendeten Methodik finden sich in den Unterkapiteln auch Informationen zu den Unsicherheiten, zu Qualitätssicherung und -kontrolle, durchgeführten Rückrechnungen und geplanten Verbesserungen in der jeweiligen Quell- oder Senkengruppe.

In Reflexion auf die Ergebnisse der in den letzten Jahren durchgeführten Überprüfungen wurden Inventare, Nationales System und das Qualitäts-System Emissionsinventare weiter verbessert. Genauere Angaben zu Rückrechnungen und Informationen zu den durchgeführten Verbesserungen und Änderungen gegenüber dem letzten Treibhausgasinventar sind in **Kapitel 10** zu finden.

Im **Teil II des NIR** werden der vorgegebene Gliederung (annotated NIR) entsprechend die erweiterten Anforderungen der Kyoto-Berichterstattung zusammengefasst, die **Kapitel 11 bis 16** stellen den sog. „Kyoto-NIR“ dar.

In **Kapitel 11** findet sich alle Informationen zur Kyoto-Berichterstattung des Bereichs Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF), insbesondere die gewählte Walddefinition, Details zur Technik der Landklassifizierung sowie alle Angaben zu den gewählten Aktivitäten nach Artikel 3.3 und 3.4 des Kyoto-Protokolls.

**Kapitel 12** befasst sich ganz mit der Buchhaltung der Kyoto-Einheiten, in Deutschland durch die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt).

**Kapitel 13 und 14** geben eine Übersicht über die Änderungen des Nationalen Systems und bei der Deutschen Emissionshandelsstelle, um Einflüsse auf die Kyoto-Berichterstattung auszuschließen.

Das **Kapitel 15** listet alle Maßnahmen auf, die Deutschland zur Minimierung der negativen Einflüsse nach Artikel 3, Absatz 14 durchführt.

**Kapitel 16** enthält ggf. weitere Informationen zur Kyoto-Berichterstattung.

Die Anhänge 1 bis 7 in **Kapitel 17-23** enthalten detailliertere Beschreibungen von Hauptkategorien, den einzelnen Quellgruppen, dem CO<sub>2</sub>-Referenzverfahren, der Vollständigkeit, dem Nationalen System und dem Qualitätssystem, zur Emissionsdatenbank ZSE und den Unsicherheiten.

Detailliertere Angaben zu einzelnen Bereichen sind der angegebenen weiterführenden Literatur in **Kapitel 24** zu entnehmen.

Das Treibhausgasinventar wird durch das Umweltbundesamt berechnet und zusammengestellt. Daten zu Emissionen und Senken aus der Landwirtschaft, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft wurden vom Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI) bereitgestellt.

## **0.1 Hintergrundinformationen zu Treibhausgas-Inventaren und Klimawandel (ES.1)**

### **0.1.1 Hintergrundinformationen zum Klimawandel (ES1.1)**

Seit Beginn der Industrialisierung werden deutliche überregionale bzw. globale Änderungen im Stoffhaushalt der Atmosphäre als Folge menschlicher Aktivitäten beobachtet. So stiegen weltweit die Konzentrationen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) um ca. 43 %, die von Methan (CH<sub>4</sub>) um 150 % und die von Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) um 20 % gegenüber den Werten vorindustrieller Zeiten. Zum Teil gelangen völlig neue Stoffe wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Halone, vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) oder Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) in die Atmosphäre, die in der Natur praktisch nicht vorkommen, sondern fast ausschließlich durch den Menschen erzeugt werden. Der fünfte Sachstandsbericht der Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC)<sup>3</sup> verdeutlicht den Einfluss des Menschen auf das Klima wissenschaftlicher Fakt ist.

### **0.1.2 Hintergrundinformationen zu den Treibhausgas-Inventaren (ES1.2)**

Mit dem Inkrafttreten des Kyoto-Protokolls im Februar 2005 ist die internationale Staatengemeinschaft verpflichtet, verbindliche Handlungsziele und Umsetzungsinstrumente für den globalen Klimaschutz zu realisieren. Die Europäische Gemeinschaft (damals mit 15 Mitgliedstaaten) hatte im Rahmen der ersten Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012 die Verpflichtung übernommen, ihre Treibhausgasemissionen gegenüber dem Basisjahr (1990 bzw. 1995<sup>4</sup>) um 8 % zu mindern. Diese Verpflichtung wurde innerhalb der EU im Rahmen einer Lastenteilung<sup>5</sup> zwischen den beteiligten Mitgliedstaaten aufgeteilt und erfüllt. Deutschland hatte mit der Verpflichtung zu einer Emissionsminderung von 21 % gegenüber dem Basisjahr einen erheblichen Beitrag zur Erfüllung der EU-Verpflichtung übernommen. Dieses Ziel wurde bis 2012 mit einer Minderung von 25,8 % übertroffen.

Im Rahmen der jetzt begonnenen zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls hat sich die europäische Staatengemeinschaft verpflichtet, die Freisetzung der Treibhausgas Emissionen bis 2020 um 20 % zu mindern. Gleichzeitig wurde aber auch erklärt, dass unter bestimmten Voraussetzungen dieser europäische Beitrag auf eine Minderung von 30 %<sup>6</sup> gegenüber 1990 erhöht werden könnte.

<sup>3</sup> IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2007, im Internet unter: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

<sup>4</sup> Für HFC, PFC und SF<sub>6</sub>

<sup>5</sup> burden sharing agreement, beschlossen mit Entscheidung 2002/358/EG des Rates vom 25. April 2002 über die Genehmigung des Protokolls von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen im Namen der Europäischen Gemeinschaft sowie die gemeinsame Erfüllung der daraus erwachsenden Verpflichtungen [Amtsblatt L 130 vom 15.5.2002]

<sup>6</sup> Information on the quantified emission limitation or reduction objectives (QELROs) for the second commitment period under the Kyoto Protocol; SUBMISSION BY DENMARK AND THE EUROPEAN COMMISSION ON BEHALF OF THE EUROPEAN UNION AND ITS MEMBER STATES, Copenhagen, 19 April 2012

In Deutschland hat das Bundeskabinett am 3. Dezember 2014 das Aktionsprogramm Klimaschutz 2020<sup>7</sup> beschlossen. Damit stellt die Bundesregierung sicher, dass Deutschland seine Treibhausgasemissionen bis 2020 um 40 Prozent gegenüber 1990 reduziert.

### **0.1.3 Hintergrundinformationen zu ergänzenden Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert (ES.1.3)**

Im vorliegenden Bericht werden entsprechend der Entscheidung 15/CMP.1 ergänzende Informationen nach Artikel 7 Absatz 1 des Kyoto-Protokolls zur Unterstützung des Überprüfungsprozesses des Kyoto-Protokolls bereitgestellt. Diese Informationen beziehen sich auf:

- Generelle Informationen zur Inventarermittlung im Zusammenhang mit der Berichterstattung nach Artikel 3 Absatz 3 sowie für die gewählten zusätzlichen Aktivitäten nach Artikel 3 Absatz 4 des Kyoto-Protokolls; (Siehe Kapitel 11)
- Informationen zu den Zertifikaten des Kyoto-Protokolls im Zusammenhang mit den Entscheidungen 13/CMP.1 und 5/CMP.1; (Siehe Kapitel 12)
- Informationen zu Änderungen des Nationalen Systems der Emissionsberichterstattung nach Artikel 5 Absatz 1 des Kyoto-Protokolls; (Siehe Kapitel 12.1)
- Informationen zu Änderungen des Nationalen Registers; (Siehe Kapitel 14)
- Informationen zur Minimierung negativer Einflüsse entsprechend Artikel 3 Absatz 14 des Kyoto-Protokolls; (Siehe Kapitel 15)

## **0.2 Zusammengefasste Emissionen von Treibhausgasen sowie deren Einbindung in Senken und Emissionen und Einbindungen aus KP-LULUCF-Aktivitäten (ES.2)**

### **0.2.1 Treibhausgas-Inventar (ES.2.1)**

Im maßgeblichen Intervall von 2008 bis 2012 konnte die Verpflichtung Deutschlands im Rahmen der o.g. europäischen gegenüber den 2007<sup>8</sup> festgelegten Basisjahremissionen in Höhe von 1.232.429,543 Gg CO<sub>2</sub>-äquivalent voll erfüllt werden. Die Emissionen im Folgejahr 2013 sind gegenüber dem Vorjahr 2012 um 2,0 % gestiegen, dafür im Jahr 2014 im Vergleich zu 2013 massiv um 4,6% zurückgegangen, vor allem die kalte Winter-Witterung in 2013 und ein sehr milder Winter in 2014 führten zu diesem Ausschlag vor allem der Emissionen aus Haushalten & Gewerbe, Handel & Dienstleistungen (vgl. Kapitel 2.1).

---

<sup>7</sup> <http://www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/aktionsprogramm-klimaschutz/>

<sup>8</sup> Im Ergebnis der 2007 erfolgten Überprüfung des Initial Reports und der Berichterstattung des Jahres 2006 entsprechend Artikel 8 des Kyoto-Protokolls sind – unabhängig von weiteren möglichen Verbesserungen der Datengrundlagen – die Bezugsgrößen für die Erreichung der Minderungsverpflichtung des Kyoto-Protokolls festgelegt. Die Minderungsverpflichtung für Deutschland liegt gemäß den Verpflichtungen des Kyoto-Protokolls und der EU-Lastenteilung (Ratsentscheidung 2002/358/EG) bei 21 %.

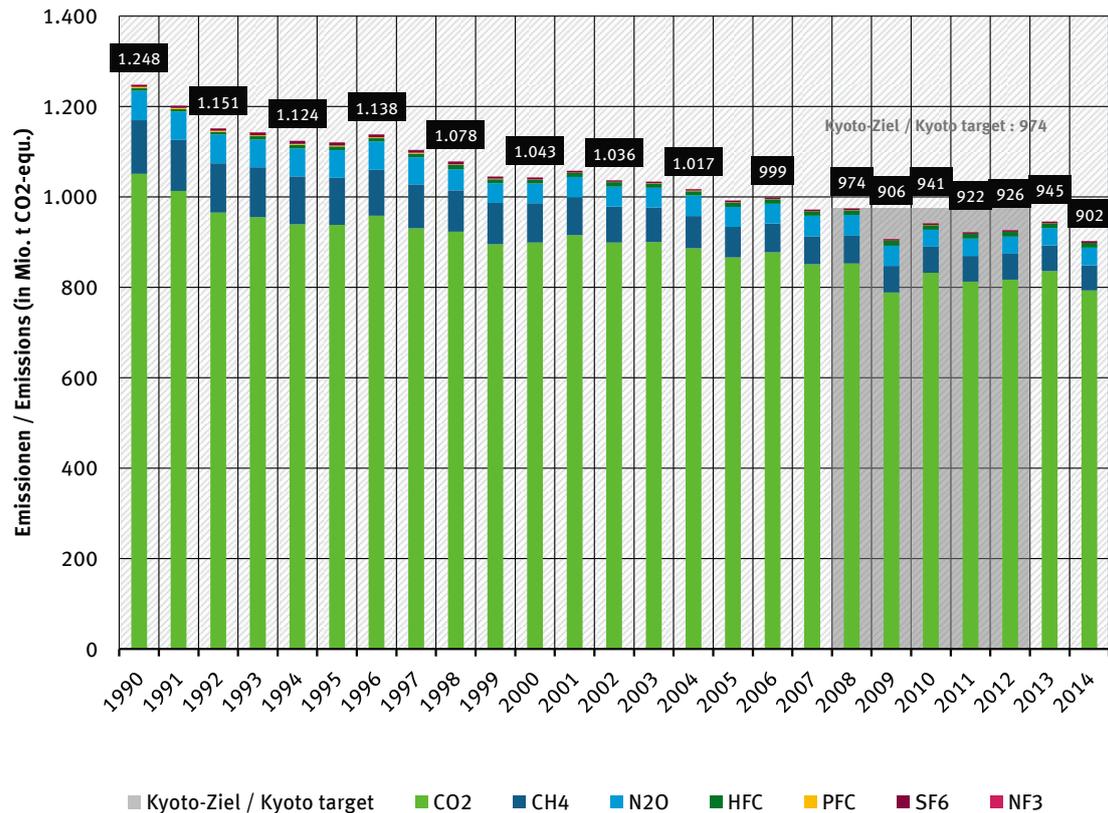


Abbildung 1: Entwicklung der Treibhausgase in Deutschland seit 1990, nach Treibhausgasen<sup>9</sup>.

Die einzelnen Treibhausgase trugen dabei in unterschiedlichem Maße zu dieser Entwicklung bei (siehe Tabelle 1). Dies ist bei der Berücksichtigung der unterschiedlichen Anteile der einzelnen Treibhausgase an den Gesamtemissionen eines Jahres auch nicht verwunderlich (siehe Tabelle 2). Detaillierte Tabellen finden sich im Anhangkapitel 22.2.4.3.

Die Freisetzung von Kohlendioxid ist auch 2014 mit einem Anteil von 87,9 % Hauptverursacher der Treibhausgasemissionen. Diese stammten größtenteils aus der stationären und mobilen Verbrennung fossiler Energieträger. Durch den überdurchschnittlichen Rückgang der Emissionen der anderen Treibhausgase ist der relative Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen an den gesamten Treibhausgasemissionen seit dem Basisjahr um etwa 4 Prozentpunkte gestiegen. Die überwiegend durch Tierhaltung, Brennstoffverteilung und Deponiewirtschaft verursachten Methanemissionen (CH<sub>4</sub>) hatten aktuell einen Anteil von 6,2 %. Lachgasemissionen (N<sub>2</sub>O) wurden hauptsächlich durch die Landwirtschaft, Industrieprozesse und die Verbrennung fossiler Brennstoffe verursacht und trugen zu 4,3 % zu den Treibhausgasfreisetzungen bei. Die fluorierten Treibhausgase (die sogenannten F-Gase) trugen etwa 1,6 % zu den Gesamtemissionen bei, das neu berichtete Treibhausgas NF<sub>3</sub> ist mit 0,002% Anteil vernachlässigbar. Die Verteilung der Treibhausgasemissionen in Deutschland ist typisch für ein hoch entwickeltes und industrialisiertes Land.

Informationen zu den Trends finden sich in Kapitel 2, alle detaillierten Tabellen zur Trenddiskussion finden sich im Anhangkapitel 22.2.4.3.

<sup>9</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen und Festlegungen in Böden werden unter Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft berichtet.



Tabelle 1: Emissionsentwicklung in Deutschland, nach Treibhausgas und Quellgruppe

<b>Emissions Trends (kt CO<sub>2</sub> equi.)</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Net CO <sub>2</sub> emissions/removals	1.017.974	903.302	859.579	852.187	863.332	837.241	832.811	768.706	814.220	795.085	800.812	819.721	776.170
CO <sub>2</sub> emissions (without LULUCF)	1.050.959	938.047	899.204	865.912	877.378	850.750	853.194	788.377	832.220	812.440	816.990	835.746	792.859
CH <sub>4</sub>	118.443	103.932	87.059	68.028	64.124	61.921	60.995	58.806	57.991	56.916	57.612	56.978	55.617
N <sub>2</sub> O	65.239	61.291	43.385	43.735	43.452	45.383	45.869	45.087	37.103	38.451	37.640	38.205	38.885
HFC (1995 base year)	5.756	8.379	8.050	9.664	9.887	9.988	10.170	10.724	10.281	10.530	10.730	10.763	10.902
PFC (1995 base year)	3.060	2.086	956	837	668	587	566	406	345	279	242	258	234
SF <sub>6</sub> (1995 base year)	4.428	6.467	4.072	3.320	3.242	3.181	2.971	2.924	3.047	3.163	3.155	3.261	3.396
NF <sub>3</sub> (1995 base year)	7	5	9	34	28	12	30	29	61	61	35	16	20
<b>Total Emissions/Removals with LULUCF (CO<sub>2</sub> equivalent)</b>	<b>1.214.906</b>	<b>1.085.463</b>	<b>1.003.112</b>	<b>977.805</b>	<b>984.733</b>	<b>958.313</b>	<b>953.412</b>	<b>886.682</b>	<b>923.049</b>	<b>904.485</b>	<b>910.226</b>	<b>929.203</b>	<b>885.226</b>
<b>Total Emissions without CO<sub>2</sub> from LULUCF (CO<sub>2</sub> equivalent)</b>	<b>1.247.892</b>	<b>1.120.208</b>	<b>1.042.736</b>	<b>991.530</b>	<b>998.779</b>	<b>971.822</b>	<b>973.795</b>	<b>906.353</b>	<b>941.049</b>	<b>921.840</b>	<b>926.404</b>	<b>945.227</b>	<b>901.914</b>
<b>Emission source and sink categories * (kt CO<sub>2</sub> equi.)</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
1. Energy	1.035.684	917.311	869.840	831.685	841.251	815.072	819.658	761.731	801.420	781.217	787.897	806.408	762.338
2. Industrial Processes	96.493	97.496	77.133	75.301	75.514	76.545	72.765	65.088	61.966	62.074	61.092	61.010	60.989
3. Agriculture	77.698	67.368	66.967	62.920	62.024	61.446	63.776	63.105	62.309	63.936	63.498	64.650	66.070
4. Land-Use Change and Forestry <i>CO<sub>2</sub> (net emissions)</i>	-31.279	-33.060	-37.952	-12.110	-12.419	-11.873	-18.734	-18.007	-16.323	-15.667	-14.475	-14.317	-14.977
<i>N<sub>2</sub>O + CH<sub>4</sub></i>	<i>1.706</i>	<i>1.688</i>	<i>1.673</i>	<i>1.614</i>	<i>1.627</i>	<i>1.636</i>	<i>1.649</i>	<i>1.665</i>	<i>1.677</i>	<i>1.688</i>	<i>1.703</i>	<i>1.707</i>	<i>1.712</i>
5. Waste	36.311	36.347	27.123	20.011	18.363	17.124	15.948	14.765	13.677	12.924	12.213	11.452	10.805

Tabelle 2: Anteile an der Emissionsentwicklung in Deutschland, nach Treibhausgas und Quellgruppe

<b>GHG Emission Fractions(%)</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
CO <sub>2</sub> emissions (without LULUCF)	84,22	83,74	86,24	87,33	87,85	87,54	87,62	86,98	88,44	88,13	88,19	88,42	87,91
CH <sub>4</sub>	9,49	9,28	8,35	6,86	6,42	6,37	6,26	6,49	6,16	6,17	6,22	6,03	6,17
N <sub>2</sub> O	5,23	5,47	4,16	4,41	4,35	4,67	4,71	4,97	3,94	4,17	4,06	4,04	4,31
HFC	0,46	0,75	0,77	0,97	0,99	1,03	1,04	1,18	1,09	1,14	1,16	1,14	1,21
PFC	0,25	0,19	0,09	0,08	0,07	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
SF <sub>6</sub>	0,35	0,58	0,39	0,33	0,32	0,33	0,31	0,32	0,32	0,34	0,34	0,35	0,38
NF <sub>3</sub>	0,0006	0,0005	0,0009	0,0035	0,0028	0,0012	0,0030	0,0032	0,0065	0,0066	0,0038	0,0017	0,0022
<b>GHG Emission Fractions for Categories (%)</b>	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
1. Energy	82,99	81,89	83,42	83,88	84,23	83,87	84,17	84,04	85,16	84,75	85,05	85,31	84,52
2. Industrial Processes	7,73	8,70	7,40	7,59	7,56	7,88	7,47	7,18	6,58	6,73	6,59	6,45	6,76
3. Agriculture	6,23	6,01	6,42	6,35	6,21	6,32	6,55	6,96	6,62	6,94	6,85	6,84	7,33
4. Land-Use Change and Forestry (N <sub>2</sub> O & CH <sub>4</sub> )	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19
5. Waste	2,91	3,24	2,60	2,02	1,84	1,76	1,64	1,63	1,45	1,40	1,32	1,21	1,20

\* Informationen zur Gliederung des Common Reporting Format (CRF): <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ri.pdf>

### **0.2.2 KP-LULUCF-Aktivitäten (ES.2.2)**

Die Einbindungen von CO<sub>2</sub> unter Artikel 3.3 (Aufforstung und Entwaldung) haben im Vergleich zu 2013 um 4,6 % zugenommen. Das entspricht einer CO<sub>2</sub>-Einbindung für das Jahr 2014 von -4.453 kt.

Unter Artikel 3.4 werden die Aktivitäten Wald-, Acker- und Weidebewirtschaftung (Forest, Cropland and Grazingland Management) berichtet. Die Emissionen und Senken aller drei Aktivitäten haben sich zum Vorjahr 2013 kaum verändert und liegen bei jeder einzelnen Aktivität unter ein Prozent. Für die Gesamtemissionen konnte eine Zunahme des Senkenpotentials um 0,66 % zum Vorjahr 2013 ermittelt werden. Dies entspricht einer CO<sub>2</sub>-äquivalent -Einbindung für das Jahr 2014 von -18.523 kt.

## **0.3 Zusammengefasste Emissionsschätzungen und Trends der Quell- und Senkengruppen, inklusive KP-LULUCF-Aktivitäten (ES.3)**

### **0.3.1 Treibhausgas-Inventar (ES.3.1)**

In Abbildung 2 ist der Beitrag der einzelnen Kategorien an den Gesamtemissionen der Treibhausgase dargestellt. Hier werden die weitgehend konstanten relativen Anteile der einzelnen Kategorien und die absolute Dominanz der energiebedingten Emissionen deutlich. Letztere nahmen absolut im zeitlichen Verlauf kontinuierlich ab. Diesen Trend überlagernde Variationen sind größtenteils temperaturbedingt. Unterschiedliche Temperaturverläufe insbesondere im Winter beeinflussen das Heizverhalten und damit den Energieverbrauch zur Erzeugung von Raumwärme, mit großen Auswirkungen auf den jährlichen Trend der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Insgesamt gingen die Emissionen der Treibhausgase gegenüber 1990 um 27,9 % zurück. Betrachtungen der einzelnen Komponenten belegen diesen Trend in unterschiedlicher Ausprägung. Gegenüber den Basisjahremissionen (1995 für die F-Gase & NF<sub>3</sub>, sonst 1990) betragen die Emissionsveränderungen bei den mengenmäßigen Haupttreibhausgasen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) - 24,6 %, bei Methan (CH<sub>4</sub>) - 53,0 % und bei Lachgas (N<sub>2</sub>O) - 40,4 %. Bei den so genannten F-Gasen, die insgesamt etwa 1,6 % zu den Treibhausgasemissionen beitragen ist diese Entwicklung dagegen nicht ganz so einheitlich. In Abhängigkeit von der Einführung neuer Technologien sowie der Verwendung dieser Stoffe als Substitute sanken die Emissionen seit dem Basisjahr 1995 bei SF<sub>6</sub> um 47,5 % und bei FKW um 88,8 %, wohingegen sie bei den H-FKW um 30,1 % anstiegen. Für das neue zu berichtende Treibhausgas NF<sub>3</sub> steigen die Emissionen seit 1995 mit über +283% deutlich, der Beitrag zu den Gesamtemissionen ist jedoch mit ca. 0,002 % verschwindend gering.

Gegenüber dem Vorjahr 2013 sanken die Gesamtemissionen deutlich um 4,6 %. Den größten Einfluss auf die Emissionsentwicklung hatte die milde Witterung. Das Jahr 2014 war ein außergewöhnlich warmes Jahr. Von daher wurde deutlich weniger Heizenergie benötigt, was zu einem geringeren CO<sub>2</sub> Ausstoß führte.

Weiterhin kam es 2014 zu einer deutlichen Senkung der CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Stromerzeugung. Der Einsatz sämtlicher fossiler Energieträger ging zurück. Den deutlichsten Rückgang verzeichneten Erdgas und Steinkohle, obwohl neue Steinkohlekraftwerke ans Netz gingen. Der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung nahm zu.

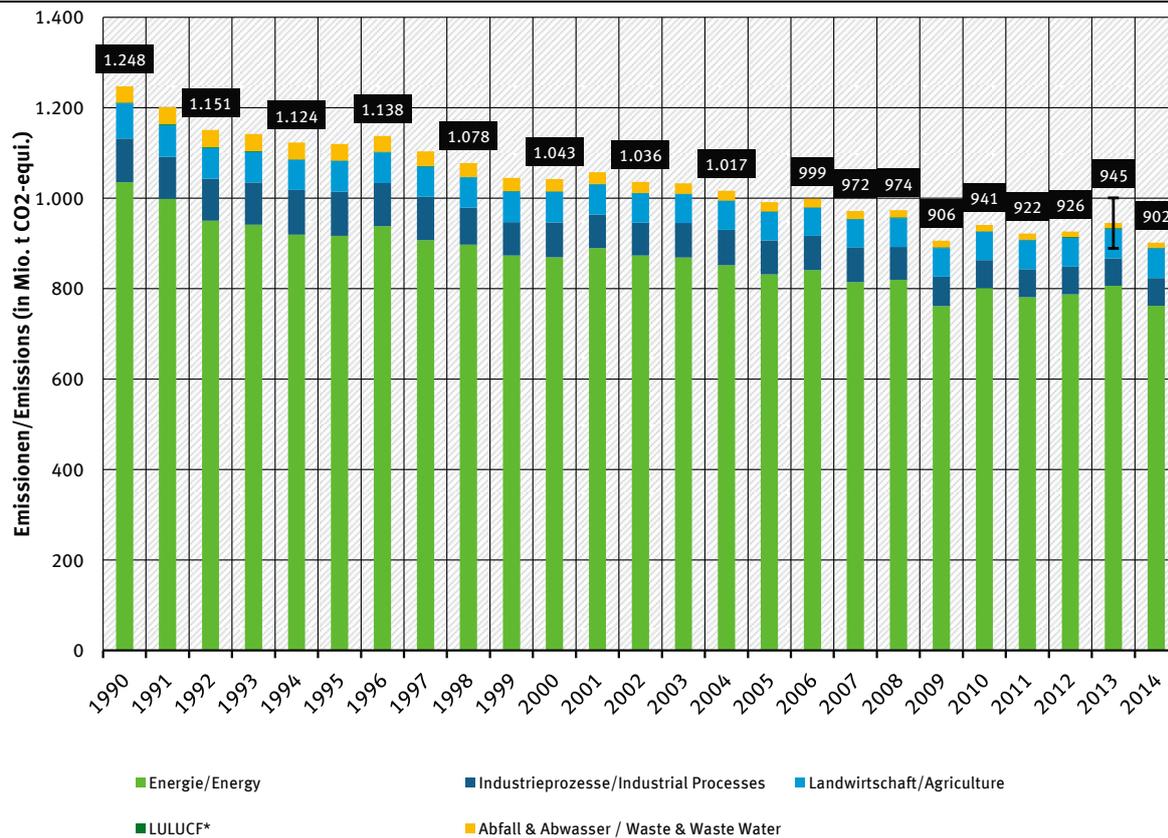
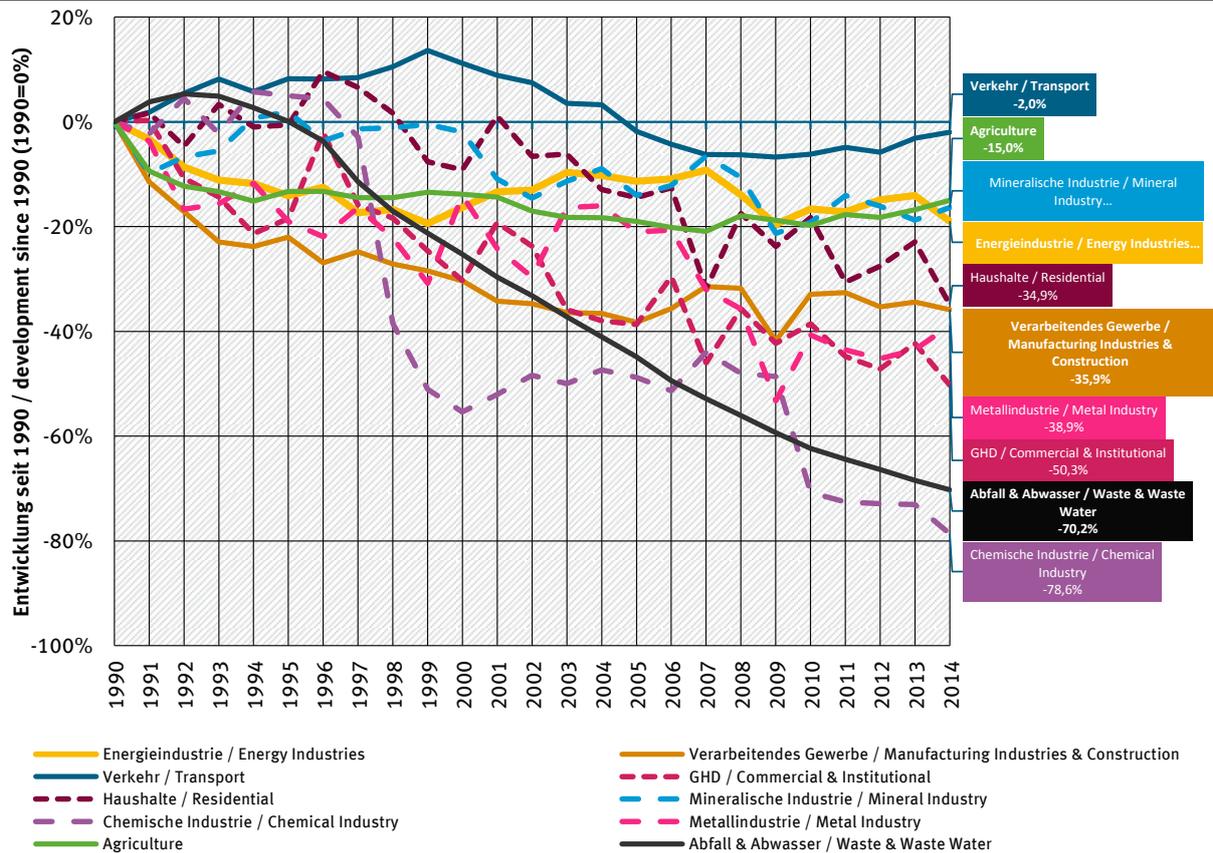


Abbildung 2: Emissionsentwicklung in Deutschland seit 1990, nach Kategorien<sup>10</sup>.

In Abbildung 3 wird die relative Entwicklung der Emissionen aus den Kategorien seit 1990 dargestellt. Die deutlichste Minderung trat hier im Bereich der Abfallemissionen auf. Dort haben die Einführung eines verstärkten Recyclings von wiederverwertbaren Stoffen (Verpackungsverordnung) und die Verwertung als Kompost (Bioabfallverordnung) zu einem starken Rückgang der zu deponierenden Abfallmenge und damit zu einer kontinuierlichen Minderung der Deponieemissionen geführt. Bei den Emissionen aus Industrieprozessen haben insbesondere die emissionsmindernden Maßnahmen im Bereich der Adipinsäureproduktion 1997 und 2009 einen großen Effekt. Die Emissionen der Lösemittel- und Produktverwendung sanken deutlich durch die zurückgehende Anwendung von N<sub>2</sub>O zu Narkosezwecken. Die Entwicklung der Emissionen aus der Landwirtschaft folgt im Wesentlichen dem Verlauf der Tierbestandsangaben. Eine detaillierte Betrachtung der Emissionsentwicklung findet sich in Kapitel 2, Trends der Treibhausgase.

<sup>10</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen und Festlegungen in Böden werden unter Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft berichtet.

Abbildung 3: Relative Entwicklung der Treibhausgasemissionen seit 1990 nach Kategorien<sup>11,12</sup>

### 0.3.2 KP-LULUCF-Aktivitäten (ES.3.2)

Deutschland berichtet unter KP-LULUCF Artikel 3 Absatz 3 Aufforstung und Entwaldung sowie Wald-, Acker- und Weidewirtschaft nach Artikel 3 Absatz 4 des Kyoto-Protokolls. Berichtet werden die Treibhausgase Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas.

Unter Artikel 3.3 werden für das Jahr 2014 Einbindungen von -4.452,74 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent berichtet. Die Einbindung setzt sich zusammen aus der Einbindung durch Aufforstung und Wiederaufforstung von -6.449,29 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent und aus Emissionen von Entwaldung von 1.996,54 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent. Unter Aufforstung und Entwaldung werden Emissionen von CO<sub>2</sub> mit -4.604,43 kt CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> mit 14,01 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent und N<sub>2</sub>O mit 137,68 Gg CO<sub>2</sub>-äquivalent berichtet.

Unter Artikel 3.4 werden Einbindungen im Jahr 2014 von -18.523 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent berichtet. Das setzt sich zusammen aus der Einbindung von -55.357,16 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent aus Waldbewirtschaftung und Emissionen von 14.519,86 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent aus Ackerbewirtschaftung sowie 22.314,01 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent aus Weidewirtschaft. Die Emissionen für die drei Aktivitäten unterteilt nach den Gasen beträgt für CO<sub>2</sub> -19.686,99 kt, CH<sub>4</sub> 752,62 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent und N<sub>2</sub>O 411,07 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent.

<sup>11</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen und Festlegungen in Böden werden unter Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft berichtet.

<sup>12</sup> Bezugspunkt sind die Emissionen des Jahres 1990 (=100%), nicht das Basisjahr.

## 1 EINLEITUNG

### 1.1 Hintergrundinformationen zu Treibhausgas-Inventaren, Klimawandel und ergänzende Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert

#### 1.1.1 Hintergrundinformationen zum Klimawandel

Klimawandel ist die Veränderung der durchschnittlichen Witterungsverhältnisse und der Extremereignisse über einen längeren Zeitraum in einem bestimmten Gebiet oder global.

Klimaänderungen können folgende Ursachen haben:

- Veränderungen so genannter geostrophysikalischer Parameter wie Solarkonstante, Erdbahnelemente u.a.
- Veränderungen der Erdoberfläche
- Änderungen des Energiehaushaltes im System "Erdoberfläche und Atmosphäre"
- Änderungen des Stoffhaushaltes der Atmosphäre (wie die Änderungen der Treibhausgaskonzentration).

Treibhausgase, zu denen neben Kohlendioxid, Lachgas, Methan, Ozon und andere Gase insbesondere auch Wasserdampf, als das wichtigste natürliche Treibhausgas gehört, haben eine besondere Eigenschaft: sie lassen die von der Sonne (vor allem im sichtbaren, kurzwelligigen Bereich) auf die Erde fallende, energiereiche Strahlung nahezu ungehindert passieren, absorbieren aber teilweise die im Gegenzug von der erwärmten Erde ausgehende langwellige Strahlung. Hierdurch werden sie in einen energetisch angeregten Zustand versetzt, um nach kurzer Zeit unter Aussendung infraroter Strahlung wieder in den ursprünglichen Grundzustand zurückzukehren. Die Aussendung von Wärmestrahlung erfolgt gleichwertig in alle Raumrichtungen, d.h. zu einem erheblichen Anteil auch zurück zur Erdoberfläche (*thermische Gegenstrahlung*). Damit diese zusätzlich zugeführte Energiemenge dennoch abgestrahlt werden kann (aus Gründen des dynamischen, energetischen Gleichgewichts, in dem sich Erde und Atmosphäre im Mittel befinden, muss dies erfolgen), muss die Erde eine entsprechend höhere Temperatur aufweisen. Dies ist eine vereinfachte Darstellung des Treibhauseffektes.

Ohne die natürlicherweise vorkommenden Treibhausgase wäre ein Leben auf unserem Planeten nicht möglich. Statt einer globalen Erdmitteltemperatur von ca. 15°C würde eine mittlere Temperatur von etwa -18°C auf der Erde herrschen. Der natürliche Treibhauseffekt sichert also unser irdisches Leben.

Seit Beginn der Industrialisierung hat der Mensch allerdings insbesondere durch seine energieintensive Lebensweise und die damit verbundenen Emissionen von Treibhausgasen deutliche Veränderungen im Stoffhaushalt der Atmosphäre hervorgerufen. Bis 2014 stieg die Konzentrationen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) seit 1750 weltweit um ca. 43 %. Die gegenwärtige CO<sub>2</sub> Konzentration von fast 400ppm in der Atmosphäre ist die höchste der letzten 800.000 Jahre (Global Carbon Project, 2015). Die Konzentration von Methan (CH<sub>4</sub>) in der Atmosphäre stieg im gleichen Zeitraum etwa um Faktor 2,5, während die Konzentration von Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) um etwa 20 % (BLASING, T.J., 2014). Zum Teil gelangten völlig neue Stoffe wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Halone, vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) und Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) und Stickstofftrifluorid

(NF<sub>3</sub>) in die Atmosphäre, die in der Natur praktisch nicht vorkommen, sondern fast ausschließlich durch den Menschen erzeugt werden.

Treibhausgase sind so genannte Spurengase, aber ihre Wirkung ist erheblich. Durch ihre Konzentrationszunahme kommt es zum anthropogenen (durch den Menschen verursachten) Treibhauseffekt der eine Verstärkung des (natürlichen) Treibhauseffektes darstellt.

Der Fünfte Sachstandsbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen (IPCC, 2013) bestätigt eindeutig, dass sich das Klima gegenwärtig ändert: Im gesamten Klimasystem finden seit Mitte des letzten Jahrhunderts vielfältige Veränderungen statt. Nicht nur die Temperatur der unteren Atmosphäre steigt, auch die Ozeane erwärmen sich, Gletscher tauen, Permafrostböden werden wärmer, Eisschilde verlieren an Masse, der Meeresspiegel steigt weiter an.

Umfassendere Beobachtungen, erweiterte Modelle und ein tiefergehendes Verständnis der Zusammenhänge zeigen: Die Aktivitäten des Menschen sind mit großer Sicherheit die Hauptursache des aktuellen Klimawandels.

Einige markante Beispiele der beobachteten Klimaänderungen sind:

- Die globale Mitteltemperatur in Bodennähe stieg im Zeitraum von 1880 bis 2012 um 0,85 °C. Jedes der drei vergangenen Jahrzehnte war wärmer als alle vorhergehenden seit 1850. In der Nordhemisphäre war die letzte 30-jährige Periode (von 1983 bis 2012) die wärmste seit 1400 Jahren.
- Neun der zehn wärmsten Jahre, die seit Beginn der regelmäßigen Aufzeichnungen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts beobachtet wurden, traten im 21. Jahrhundert auf. Lediglich ein Jahr im 20. Jahrhundert – das Jahr 1998 - schafft es unter die zehn wärmsten
- Die Ozeane haben im Zeitraum 1971 bis 2010 mehr als 90 % der Energie, die dem Klimasystem zusätzlich zugeführt wurde, gespeichert. Die **oberen Wasserschichten** der Ozeane (0 bis 700 Meter) erwärmten sich im Zeitraum 1971 bis 2010 deutlich. In den oberen 75 Metern stieg die Temperatur von 1971 bis 2010 im Mittel um 0,11°C pro Dekade an. Wahrscheinlich hat sich der Ozean im Beobachtungszeitraum 1957 bis 2009 auch in **Wassertiefen zwischen 700 und 2.000 Metern** erwärmt. Für größere Wassertiefen liegen erst für den Zeitraum 1992 bis 2005 ausreichende Beobachtungen vor, die für Wassertiefen unterhalb von 3.000 Metern eine Erwärmung zeigen, die in den südlichen Ozeanen am stärksten ausgeprägt war. Der bisherige Rückgang der Gletscher setzte sich global bis auf wenige Ausnahmen fort und auch die polaren Eiskappen nahmen an Masse ab. Der durchschnittliche jährliche Massenverlust der **Gletscher** (hier ohne Berücksichtigung der Gletscher am Rande der großen Eisschilde) betrug weltweit für den Gesamtzeitraum 1971 bis 2009 etwa 226 Gigatonnen pro Jahr, wuchs jedoch in der jüngsten Zeit (1993 bis 2009) auf etwa 275 Gigatonnen pro Jahr an.
- Der **Antarktischen Eisschild** verlor im Zeitraum 1992 bis 2001 durchschnittlich 30 Gigatonnen pro Jahr an Eismasse. Im Zeitraum 2002 bis 2011 war es mit 147 Gigatonnen pro Jahr fast fünfmal so viel. Die Verluste traten hier hauptsächlich im nördlichen Teil der Antarktischen Halbinsel und im Bereich der Amundsen-See in der West-Antarktis auf.

- Die Ausdehnung des **Arktischen Meereises** verringerte sich im Zeitraum 1979 bis 2012 um eine Rate von 3,5 bis 4,1 Prozent pro Dekade. Im Sommer-Minimum (September) belief sich der Rückgang sogar auf 9,4 bis 13,6 Prozent pro Dekade. Die Dauer der Schmelzperiode verlängerte sich in diesem Zeitraum um etwa 5,7 Tage pro Dekade und die Dicke der winterlichen Eisdecke des Nordpolarmeeres nahm um etwa 1,3 bis 2,3 Meter ab.
- Die **Schneebedeckung** nahm insbesondere im Frühling auf der Nordhalbkugel seit Mitte des 20. Jahrhunderts ab. Sie verringerte sich im Zeitraum 1967 bis 2012 in den Monaten März und April um durchschnittlich 1,6 Prozent pro Dekade und um 11,7 Prozent pro Dekade im Juni.
- Infolge der fortgesetzten Tauprozesse von Gletschern und Eisschilden und der Ausdehnung des erwärmten Ozeanwassers stieg der globale mittlere Meeresspiegel von 1901 bis 2010 um etwa 19 cm an. Der mittlere Anstieg betrug in dieser Zeit etwa 1,7 Millimeter pro Jahr. In den letzten 20 Jahren war dieser Wert mit ca. 3,2 Millimetern pro Jahr fast doppelt so groß.

Die Veränderung des Klimas hat weitreichende Auswirkungen auf ökologische und gesellschaftliche Systeme mit bedrohlichen Folgen.

Um gefährliche Auswirkungen des Klimawandels zu verhindern, darf eine globale Erwärmung von 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau (davon sind 1,0°C bereits erreicht (WMO, 2015)) nicht überschritten werden. Nur bei einem Szenario mit sehr ambitionierter Klimapolitik ist davon auszugehen, dass die Erwärmung auf unter 2 °C zu begrenzen ist.

Nach derzeitigem Stand der Forschung muss dazu bis spätestens 2020 der Höhepunkt der Treibhausgasemissionen erreicht und eine Trendwende herbeigeführt sein. Im weiteren Verlauf ist bis zum Jahr 2050 eine Minderung der globalen Emissionen um mindestens 50 % gegenüber dem Jahr 2000 dringend erforderlich.

### **1.1.2 Hintergrundinformationen zu den Treibhausgas-Inventaren**

Die Staaten der Welt haben früh erkannt, dass aufgrund der zu erwartenden Temperaturänderungen Gefahren für die Ökosysteme und die menschliche Zivilisation drohen, weil diese Änderungen relativ schnell erfolgen und sich die bestehenden Systeme nicht so schnell ohne Schäden an die neuen Klimaverhältnisse anpassen können.

1992 wurde in Rio de Janeiro das Rahmenabkommen über Klimaänderungen (Klimarahmenkonvention) von fast allen Staaten der Welt verabschiedet. Seit 1994 müssen die in Annex I der Klimarahmenkonvention benannten Staaten jährlich zum 15. April ein Inventar der Treibhausgase an das Sekretariat der Klimarahmenkonvention übermitteln. Es sind Angaben zu den Emissionen und Senken des Basisjahres (1990 für CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>; 1995 für HFKW, FKW, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>) für alle Jahre bis zwei Jahre vor dem Jahr der Berichterstattung vorzulegen.

Auf der dritten Vertragsstaatenkonferenz in Kyoto wurden erstmals rechtsverbindliche Begrenzungs- und Reduktionsverpflichtungen für die Industrieländer festgelegt. Nach dem Kyoto-Protokoll mussten die Industrieländer ihre Emissionen der sechs Treibhausgase Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW), vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW) und

Schwefelhexafluorid (SF<sub>6</sub>) im Zeitraum der Jahre 2008 bis 2012 um durchschnittlich 5,2 Prozent<sup>13</sup> vermindern.

In der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls wurden die bisherigen Gase um das Gas Stickstofftrifluorid (NF<sub>3</sub>) sowie sechs wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFKW-152, HFKW-161, HFKW-236cb, HFKW-236ea, HFKW-245fa, HFKW-365mfc) und zwei vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (C-C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>10</sub>F<sub>18</sub>) erweitert. Nach einer übernommenen Reduktionsverpflichtung um 8 % gegenüber dem Basisjahr in der ersten Verpflichtungsperiode, hat die Europäische Union im Rahmen der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls die Verpflichtung übernommen, ihre Treibhausgasemissionen bis 2020 gegenüber dem Basisjahr um 20 % zu mindern. Diese Verpflichtung wurde in der Europäischen Effort Sharing Decision <sup>14</sup> zwischen den 28 Mitgliedsstaaten und der Europäischen Union aufgeteilt. Während die Emissionsminderungen der emissionshandelspflichtigen Teile der Inventare auf europäische Ebene umgesetzt werden, sind die Mitgliedsstaaten für Emissionsminderungen den nicht-emissionshandelspflichtigen Teilen national verantwortlich. Deutschland ist hier zu einer Minderung seiner Emissionen auf 445,9 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-äquivalent verpflichtet.

Wie schon in der ersten Verpflichtungsperiode ist die Wirksamkeit und der Erfolg der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls hinsichtlich der Senkung von weltweiten Treibhausgasemissionen von zwei kritischen Faktoren abhängig: Ob die Vertragsstaaten sich an die Regeln des Protokolls halten und ihre Verpflichtungen erfüllen und ob die Emissionsdaten, die zur Erfüllungskontrolle genutzt werden, zuverlässig sind. Damit kommt der nationalen Berichterstattung und der anschließenden internationalen Überprüfung von Emissionsinventaren eine Schlüsselrolle zu.

### **1.1.3 Hintergrundinformationen zu ergänzenden Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert (KP NIR 1.1.3.)**

Gemäß der Entscheidung 15/CMP.1 der 1. Vertragsstaatenkonferenz des Kyoto-Protokolls müssen alle im ANNEX I der Klimarahmenkonvention aufgeführten Staaten, die auch Mitgliedsstaaten des Kyoto-Protokolls sind, ab dem Jahr 2010 jährliche Inventare vorlegen, um die flexiblen Mechanismen nach Art. 6, 12 und 17 des Kyoto-Protokolls in Anspruch nehmen zu können.

Deutschland hat auf freiwilliger Basis bereits seit 2008 (NIR 2008) mit dieser Berichtspflicht begonnen und sich damit intensiv auf die verpflichtende Berichterstattung nach Art. 7 des Kyoto-Protokolls vorbereitet.

Die erste verpflichtende Berichterstattung 2010 (NIR 2010) wurde im September 2010 im Rahmen eines In-Country-Reviews detailliert überprüft. Die Anmerkungen des In-Country-Reviews 2010 wurden in einer Resubmission im November 2010 und mit den folgenden Berichterstattungen 2011 bis 2013 und nun mit der Berichterstattung 2014 umgesetzt.

Mit der Vorlage des dreizehnten Nationalen Inventarberichtes (NIR 2015) legt Deutschland ebenso seinen achten Inventarbericht nach dem Kyoto-Protokoll, den ersten unter der zweiten

---

<sup>13</sup> Die durchschnittliche Minderung von 5,2 ist ein rechnerischer Wert, der in der Anlage B des Kyoto-Protokolls eingetragenen Emissionsbegrenzungen und –minderungen der jeweiligen Vertragsparteien.

<sup>14</sup> Entscheidung Nr. 406/2009/EC des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates vom 23.04.2009

Verpflichtungsperiode, vor, der alle im Art. 7 geforderten Informationen enthält. Ebenso legt Deutschland gemeinsam mit dem NIR 2015 seinen gemäß der Entscheidung 2/CMP.8 geforderten Bericht zur Berechnung der zugeteilten Menge an Emissionserlaubnissen (Kyoto-Einheiten) vor.

Informationen zu den Art. 3.3 und 3.4 des Kyoto-Protokolls (KP-LULUCF) können in Kapitel 11 gefunden werden. Informationen zur Buchführung der Kyoto-Einheiten in der zweiten Verpflichtungsperiode werden in Kapitel 12 gegeben. Die Änderungen im Nationalen System werden in Kapitel 12.1 und die in den Nationalen Registern in Kapitel 14 beschrieben. Informationen zur Minimierung der negativen Einflüsse gemäß Art. 3 Abs. 14 des Kyoto-Protokolls enthält das Kapitel 15.

## **1.2 Beschreibung der Institutionalisierung der Inventarerstellung, inklusive der rechtlichen und prozeduralen Festlegungen zur Planung, Erstellung und Management des Inventars**

Die Entscheidung 24/CP.19 fordert alle Annex I Staaten zum Aufbau und Beschreibung nationaler institutioneller Festlegungen für die Erstellung von Treibhausgasinventaren auf. Vertragsparteien des Kyoto-Protokolls werden weiterhin durch Artikel 5.1 des *Kyoto-Protokolls* zum Aufbau Nationaler Systeme für die Erstellung von Treibhausgasinventaren aufgefordert, deren Anforderungen in den *Guidelines for National Systems* (UNFCCC Decision 19/CMP.1) spezifiziert sind. Das Nationale System für Deutschland erfüllt die Anforderungen beider Entscheidungen und der Europäischen Verordnung über ein System zum Monitoring und Berichterstattung von Treibhausgasen in der Europäischen Union und ihren Mitgliedsstaaten<sup>15</sup>

Das Nationale System dient dazu, die Inventarerstellung in Übereinstimmung mit den Prinzipien der Transparenz, Konsistenz, Vergleichbarkeit, Vollständigkeit und Genauigkeit sicherstellen. Dies wird durch die Anwendung der methodischen Vorschriften aus den 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, durch ein ständiges Qualitätsmanagement und eine kontinuierliche Inventarverbesserung erreicht.

Ausgehend von einer Vereinbarung der Staatssekretäre der beteiligten Ministerien im Jahre 2007 wurde die Institutionalisierung des Nationalen Systems bis zum Jahr 2011 aufgebaut. Dies geschah anfänglich durch die Einrichtung des nationalen Koordinierungsausschusses und einer Hausanordnung für das Umweltbundesamt. Später wurde die weitere Institutionalisierung vorwiegend durch den Abschluss von Vereinbarungen mit anderen Bundesinstitutionen bzw. mit Industrieverbänden und Einzelunternehmen komplettiert. In den Jahren 2013 und 2014 wurde das Nationale System an die Anforderungen der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls angepasst und erweitert (siehe Kapitel 14)

Die anforderungskonforme Institutionalisierung und Funktionsweise des Nationalen Systems wurde von allen bisherigen Überprüfungen im Rahmen der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls bestätigt.

---

<sup>15</sup> Verordnung (EU) Nr. 525/2013 des Europäischen Parlamentes und des Europäischen Rates vom 21.05.2013

### **1.2.1 Übersicht über die institutionellen, rechtlichen und prozeduralen Festlegungen zur Erstellung der Treibhausgas-Inventare und ergänzende Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert**

Das Nationale System wurde in Deutschland im Wesentlichen auf drei Ebenen institutionalisiert; auf ministerieller Ebene der Bundesregierung, auf der Ebene der nachgeordneten Bundesverwaltung, insbesondere des Umweltbundesamtes, und der Ebene außerhalb der Bundesverwaltung.

Auf ministerieller Ebene ist das Nationale System federführend vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) durch eine Vereinbarung der Staatssekretäre der beteiligten Ministerien als Grundsatzpapier „Nationales System zur Emissionsberichterstattung“ vom 05.06.2007 etabliert. Mit der Einbeziehung der Bundesministerien für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL); für Wirtschaft und Energie (BMWi); für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI); des Innern (BMI); der Finanzen (BMF) und der Verteidigung (BMVg) werden alle wesentlichen Institutionen und Organisationen in die Erstellung der Emissionsinventare eingebunden, die einen fachlich hochwertigen Beitrag hierfür leisten können (siehe Kapitel 1.2.1.4). Im Grundsatzpapier wurden die Zuständigkeiten der Bundesministerien definiert und beschlossen das Nationale System auf bestehenden Datenströmen aufzubauen. Bei Fehlstellen in den Datenströmen sollen diese von den zuständigen Ressorts durch geeignete Aktivitäten geschlossen werden. Zur Begleitung des Prozesses der Berichterstattung richteten die beteiligten Ministerien einen Koordinierungsausschuss ein (siehe Kapitel 1.2.1.1).

Ebenfalls im Grundsatzpapier „Nationales System zur Emissionsberichterstattung“ wird dem Umweltbundesamt die Aufgaben der Nationale Koordinierungsstelle für Deutschland übertragen (siehe Kapitel 1.2.1.2). Die Nationale Koordinierungsstelle bindet auf der Ebene des Umweltbundesamtes andere Facheinheiten in das Nationale System ein und koordiniert die Beiträge der übrigen in die Emissionsberichterstattung eingebundenen Institutionen und Organisationen. Zur Koordinierung der Arbeiten innerhalb des Umweltbundesamtes wurde ein Arbeitskreis Emissionsinventare eingerichtet (siehe Kapitel 1.2.1.3). Zur Umsetzung der IPCC Good Practice Guidance zur Qualitätskontrolle und -sicherung innerhalb des Umweltbundesamtes wurde durch eine Hausanordnung im Jahre 2005 ein Qualitätssystem Emissionen etabliert (siehe Kapitel 1.3.3.1.1).

Die folgende Abbildung 4 zeigt die Struktur der drei Ebenen des Nationalen Systems in Deutschland im Überblick.

Das Grundsatzpapier „Nationales System zur Emissionsberichterstattung“ vom 05.06.2007 ist in Anhangkapitel 22.1.1 zu finden.

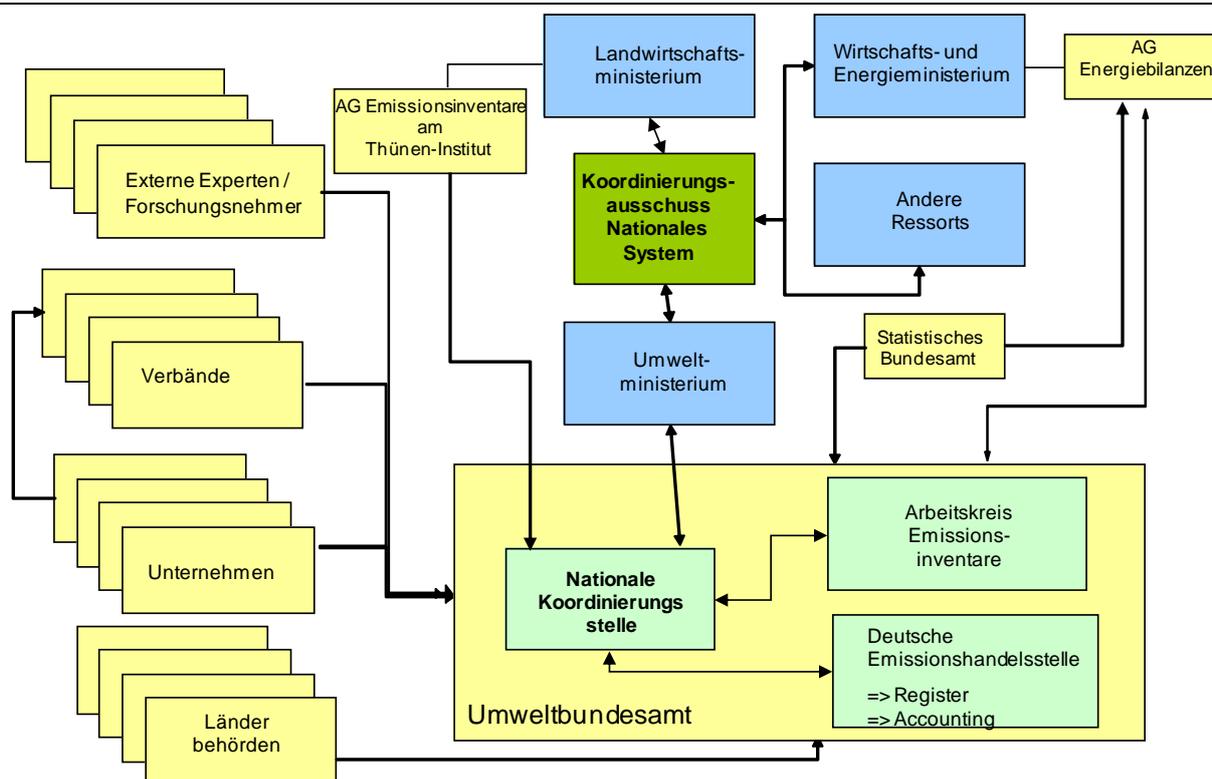


Abbildung 4: Struktur des Nationalen Systems Emissionen (NaSE)

### 1.2.1.1 Der Nationale Koordinierungsausschuss

Der Staatssekretärsbeschluss vom 05.06.2007 legt in § 2 die Einrichtung eines Koordinierungsausschusses unter Federführung des BMUB und Einbezug aller an der Emissionsberichterstattung beteiligten Bundesministerien fest.

Der Koordinierungsausschuss soll den Prozess der Emissionsberichterstattung begleiten und alle zu klärenden Fragen des Nationalen Systems erörtern. Insbesondere berät der Ausschuss Fehlstellen in den Datenströmen und klärt Zweifelsfragen zu Zuständigkeiten.

Des Weiteren entscheidet der Koordinierungsausschuss über die Freigabe der Inventare und der nach den Art. 5, 7 und 8 des Kyoto-Protokolls notwendigen Berichte.

Der Koordinierungsausschuss trat am 21.12.2007 erstmalig zusammen. Er tagt mindestens einmal jährlich auf Einladung des BMUB. Zwischen den Sitzungen findet die Abstimmung zwischen den beteiligten Bundesministerien durch elektronische Kommunikation statt.

Der Koordinierungsausschuss ist auch in der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls ein fester Bestandteil des Nationalen Systems.

### 1.2.1.2 Koordinierungsstelle des Nationalen Systems

Das Umweltbundesamt (UBA) wurde durch das Grundsatzpapier der Staatssekretäre vom 05.06.2007 mit der Wahrnehmung der **Aufgaben der nationalen Koordinierungsstelle** zur Emissionsberichterstattung (Single National Entity) betraut. Die Hausanordnung 11/2005 des UBA hat das Fachgebiet Emissionssituation (FG I 2.6) für die Wahrnehmung dieser Funktion festgelegt.

Zu den Aufgaben der Nationalen Koordinierungsstelle gehört die Planung, Erstellung, und Archivierung der Inventare und die Beschreibung dieser in den Inventarberichten sowie die

Qualitätskontrolle und –sicherung bei allen relevanten Prozessschritten. Die Nationale Koordinierungsstelle dient als zentrale Anlaufstelle, koordiniert und informiert alle Teilnehmer des Nationalen Systems. Im Zeitraum 2003 bis 2007 hat die Koordinierungsstelle prioritär neue Datenquellen erschlossen. Seit 2008 liegt der Fokus auf der Verbesserung und langfristigen Sicherung vorhandener Datenquellen und der Aufrechterhaltung der **Institutionalisierung des Nationalen Systems**. In das *Nationale System* einzubindende institutionelle Einrichtungen wurden identifiziert und sukzessive eingebunden (siehe Kapitel 1.2.1.4). Im Jahr 2014 lag der Schwerpunkt auf der Umsetzung der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls und der Revised UNFCCC Reporting Guidelines in die Berichterstattung und im Nationalen System. Weitere wesentliche Arbeiten beziehen sich auf die Umsetzung des Qualitätssystems Emissionsinventare (siehe Kapitel 1.2.2).

Die Nationale Koordinierungsstelle hat zur Erfüllung ihrer Aufgaben zwei zentrale **Instrumente** entwickelt:

Die Datenbank *Zentrale System Emissionen* (ZSE) des Umweltbundesamtes ist die zentrale, nationale Datenbank zur Emissionsberechnung und -berichterstattung. Sie wird für die zentrale Datenhaltung aller für die Emissionsberechnung benötigten Informationen (Methoden, Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren) verwendet. Das ZSE ist das wesentliche Instrument für die Dokumentation und die Qualitätssicherung auf der Datenebene.

Das Qualitätssystem Emissionsinventare (QSE) schafft innerhalb und außerhalb des Umweltbundesamtes die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Einhaltung einer guten Inventarpraxis und die Durchführung einer routinemäßigen Qualitätssicherung. Es wurde im Umweltbundesamt über die Hausanordnung 11/2005 im Jahr 2005 installiert und umfasst die notwendigen Prozesse, um eine kontinuierliche Qualitätsverbesserung der Treibhausgasemissionsinventare zu ermöglichen. Hierzu gehört die Festlegung der Verantwortlichkeiten sowie der Qualitätsziele hinsichtlich der Methodenwahl, der Datengewinnung, der Berechnung von Emissionen und der Unsicherheitsbestimmung und die Erfassung der durchgeführten Qualitätsprüfungen sowie deren Ergebnisse (Bestätigung der Zielerreichung oder bei Nichterreichung von Zielen Benennung der geplanten Maßnahmen zur zukünftigen Abhilfe). Zur Umsetzung der kontinuierlichen Qualitätsverbesserung im Rahmen des QSE dient eine Datenbank. Hierin werden alle tabellarischen Dokumente der nationalen QK/QS vorgehalten (QK/QS-Plan, Checklisten, Listen über Verantwortlichkeiten etc.).

Die Verfahren der Qualitätskontrolle sind unter besonderer Berücksichtigung der Arbeitsstrukturen des UBA, unter generellen Gesichtspunkten der Qualitätssicherung und nach den *IPCC Good Practice Guidance* unter Einbindung externer Experten entwickelt worden. Für die zweite Verpflichtungsperiode wurden die Verfahren der Qualitätskontrolle an die Anforderungen der 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories angepasst.

Seit 2008 ist durch die Einbeziehung weiterer Behörden, Institutionen und Inventarexperten in das Qualitätsmanagement über die Vorgabe von Mindestanforderungen an die Datendokumentation, QK/QS und Archivierung das QSE auf das gesamte Nationale System erweitert worden. Das Verfahren erlaubt es anderen Organisationen, auf Ihren vorhandenen Strukturen aufbauend eigene hausspezifische Systeme zur Qualitätssicherung zu entwickeln. Das QSE ist in Kapitel 1.2.2 ausführlich beschrieben.

Das Zusammenwirken dieser Instrumente im Rahmen der Inventarerstellung ist in Abbildung 5 dargestellt.

## Nationales System (NaSE)

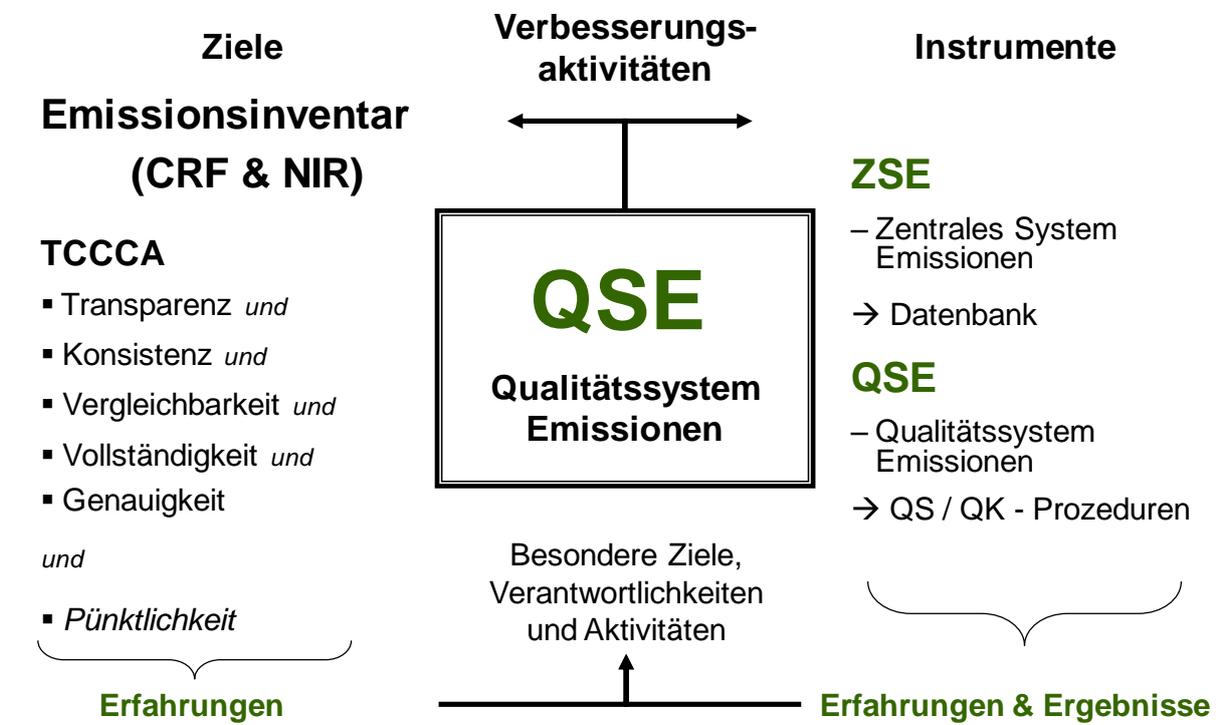


Abbildung 5: NaSE - Ziele und Instrumente

### 1.2.1.3 Arbeitskreis Emissionsinventare im Umweltbundsamt

Wesentliche Zuarbeiten zu den Inventaren – insbesondere zu den Emissionsfaktoren – erhält die Nationale Koordinierungsstelle aus anderen Arbeitseinheiten des UBA. Die datenseitige Einbindung von Verbänden, Unternehmen und anderen unabhängigen Organisationen in das Nationale System erfolgt ebenfalls in erster Linie über die für konkrete Fragestellungen zuständigen Facheinheiten des UBA.

Für die Koordinierung der Arbeiten innerhalb des Umweltbundesamtes wurde im Jahr 2003 ein *Arbeitskreis Emissionsinventare* eingerichtet, über den seither alle an der Inventarerstellung beteiligten Mitarbeiter des UBA eingebunden werden.

Die Nationale Koordinierungsstelle lädt mindestens einmal jährlich zu Sitzungen des Arbeitskreises ein. Weiterhin finden zur Erörterung spezifischer Fragestellungen und zur ggf. erforderlichen Festlegungen von Hauslösungen Treffen der betroffenen Mitglieder des Arbeitskreises statt.

Die Bereitstellung notwendiger Informationen erfolgt neben den Veranstaltungen des Arbeitskreises auch über ein Intranetangebot der Nationalen Koordinierungsstelle zur Emissionsberichterstattung und jeweils einen von der Nationalen Koordinierungsstelle erstellten Newsletter zum Nationalen System und zur Datenbank Zentrales Systems Emissionen (ZSE).

#### 1.2.1.4 Zusammenarbeit der Nationalen Koordinierungsstelle mit anderen Bundesinstitutionen und Nichtregierungsorganisationen im Rahmen des Nationalen Systems

Durch das Grundsatzpapier „Nationales System zur Emissionsberichterstattung“ vom 05.06.2007 haben die beteiligten Bundesministerien ihre Zuständigkeiten für die Quell- und Senkengruppen in der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls geregelt.

Weiterhin legt der Beschluss fest, dass auftretende Datenlücken, die in den Zuständigkeitsbereich der benannten Bundesministerien fallen, durch geeignete Aktivitäten dieser Ministerien geschlossen werden sollen. Dies erfolgt, soweit notwendig, in Form der Bereitstellung von vorhandenen Daten bzw. Berechnungen oder gegebenenfalls durch die gesicherte Bereitstellung der erforderlichen Daten durch Dritte.

Diese Regelungen behalten auch in der zweiten Verpflichtungsperiode ihre Gültigkeit.

Für einige Datenströme anderer Bundeseinrichtungen zur Nationalen Koordinierungsstelle sind spezielle Vereinbarungen zwischen der jeweiligen Einrichtung und der Nationalen Koordinierungsstelle getroffen worden.

So ist im Jahr 2009 für die **Datenlieferung des Statistischen Bundesamtes** zur Emissionsberichterstattung im Rahmen des 3. Mittelstandsentlastungsgesetzes (MEG 3) eine gesetzliche Regelung getroffen worden. Diese ermöglicht die Bereitstellung von Daten der Energie-, Umwelt- und Produktionsstatistik für die Emissionsberichterstattung, die der statistischen Geheimhaltung unterliegen. Auf dieser Grundlage trat am 13. Januar 2010 eine Verwaltungsvereinbarung zwischen dem Umweltbundesamt und dem *Statistischen Bundesamt* in Kraft, die die Datenlieferungen für die Emissionsberichterstattung spezifiziert. Die Vereinbarung sieht eine jährliche Überprüfung des Datenbedarfs des Umweltbundesamtes vor. Darüber hinaus ist ein enger direkter Austausch zwischen der Nationalen Koordinierungsstelle und dem Statistischen Bundesamt zu Fragen der Emissionsberichterstattung institutionalisiert worden.

Durch das Grundsatzpapier „Nationales System zur Emissionsberichterstattung“ wurde die Zuständigkeit für den Bereich Landwirtschaft und den Bereich LULUCF dem BMEL übertragen. Das BMEL hat seinen nachgeordneten Bereich mit der Durchführung der für die Emissionsberichterstattung erforderlichen Aufgaben beauftragt. Dies geschah mit Erlass vom 29.08.2007 an die damalige Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL). Nach der zum 01.08.2008 erfolgten Umstrukturierung des Geschäftsbereiches werden diese Aufgaben vom **Thünen – Institut (TI)** durchgeführt. Zu den Aufgaben gehören alle Arbeiten aus dem Bereich der Land- und Forstwirtschaft, die zur Sicherstellung der jährlichen Emissionsinventare erforderlich sind, einschließlich der Abfassung des Berichtes. Das TI übersendet Daten und Bericht an die Nationale Koordinierungsstelle. Die Erstellung der Emissions- und Kohlenstoffinventare der Quell- und Senkengruppen 3 und 4 (Land- und Forstwirtschaft) inklusive des Qualitätssicherungskonzepts für KP-LULUCF (Art. 3.3. und 3.4 KP) wurde von BMEL und TI in einem Konzept kodifiziert, das alle Prozesse und Akteure und deren Rollen benennt und spezifiziert.

Weiterhin hat das TI am 13. Februar 2008 eine Vereinbarung mit dem Statistischen Bundesamt zur Bereitstellung von Emissionsdaten auf Basis der landwirtschaftlichen Statistiken abgeschlossen. Seit dem 07.07.2009 besteht ein Forschungs- und Entwicklungsvertrag zwischen dem TI und dem *Kuratorium für Technik und Bauwesen in der*

*Landwirtschaft e.V.* (KTBL), der die benötigten Zuarbeiten für die Emissionsberichterstattung regelt.

Als Schnittstelle zur Nationalen Koordinierungsstelle im UBA wurde eine Arbeitsgruppe Emissionsberichterstattung am TI eingerichtet, die auch die Zuständigkeit für Planung und QK/QS für die Kategorien CRF 3 und CRF 4 inne hat.

Die Koordination der Arbeitsgruppe Emissionsberichterstattung obliegt im TI dem Institut für Agrarklimaschutz (AK). Die Berichterstattung für Landwirtschaft und LULUC obliegt dem selbigen Institut, während die Berichterstattung für Wald unter der Konvention und Artikel 3.3 und 3.4 unter dem Kyoto Protokoll dem TI für Waldökosysteme untergestellt ist. Das TI für Holzforschung hat ab der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls die Zuständigkeit für die Berichterstattung der Emissionen aus Holzwirtschaftsprodukten (HWP).

Die Einbindung der Arbeitsgruppe Emissionsberichterstattung am TI in das Nationale System erfolgt über die direkte (ressortübergreifende) Integration der Arbeitsgruppe in die Kommunikationsstrukturen der Nationalen Koordinierungsstelle. Die Arbeitsgruppe am TI ist ebenso Bestandteil des Arbeitskreises Emissionsinventare (AKEI) im Umweltbundesamt und ist vollständig in das QSE der Nationalen Koordinierungsstelle integriert.

Mindestens zweimal jährlich finden zusätzliche Koordinationstreffen zwischen der Arbeitsgruppe am TI und der Nationalen Koordinierungsstelle zur Abstimmung und Information bspw. zu Inventarverbesserungen und Forschungsprojekten statt.

Die **Einbindung von Wirtschaftsverbänden, Unternehmen** und anderen unabhängigen Organisationen erfolgt in erster Linie über die für konkrete Fragestellungen zuständigen Facheinheiten des Fachbereichs I und III aus dem Umweltbundesamt. Die *Nationale Koordinierungsstelle* leistet den Facheinheiten bei der Diskussion von Berichtsanforderungen und der Bestimmung von erforderlichen Datenflüssen mit den Verbänden Unterstützung. Die Datenströme werden kontinuierlich von der Nationalen Koordinierungsstelle überprüft und soweit nötig durch geeignete Vereinbarungen der Nationalen Koordinierungsstelle mit Verbänden bzw. Unternehmen abgesichert.

Die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) ist vertraglich durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) zur Bereitstellung der Energiebilanzen verpflichtet. Ein abgestimmter Zeitplan sichert die rechtzeitige Erstellung einer vorläufigen Energiebilanz für das letzte Berichtsjahr und ihre Übermittlung zum 31. Juli eines jeden Jahres an das Umweltbundesamt für die Inventarerstellung. Eine Übermittlung der endgültigen Energiebilanz bis zum 28. Februar des Jahres x+2 wird angestrebt.

Für die Einbeziehung von nicht behördlichen Einrichtungen in das Nationale System wurde in 2008 eine Mustervereinbarung entworfen, über die relevante Akteure verbindlich in die Erstellung der Inventare eingebunden werden. Die Mustervereinbarung wird an die Erfordernisse und Bedürfnisse der jeweiligen Datenlieferanten angepasst. Im Juli 2009 haben das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und das Umweltbundesamt mit dem Verband der Chemischen Industrie (VCI) und den deutschen Produzenten eine Vereinbarung zur Datenbereitstellung in den Kategorien Ammoniak (2.B.1) und Salpetersäure (2.B.2) abgeschlossen, die im Frühsommer 2014 an die Erfordernisse der Revised UNFCCC Reporting Guidelines angepasst wurde. Ebenso konnte 2009 mit den in Deutschland ansässigen Produzenten von Adipinsäure (2.B.3) Vereinbarungen zur Datenbereitstellung erzielt werden. Weiterhin wurde eine Verbändevereinbarung dem Industrieverband Bitumen

Dach- und Dichtungsbahnen (vdd) in der Kategorie Bitumen für Dachbahnen (2.A.5) abgeschlossen. Auf Basis dieser Vereinbarungen erfolgt seit 2009 die Datenbereitstellung in den genannten Kategorien für die Emissionsberichterstattung. Im Juni 2011 hat die Nationale Koordinierungsstelle mit Unterstützung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie als zuständiges Ressort eine Kooperationsvereinbarung mit der Wirtschaftsvereinigung Stahl geschlossen. Diese Vereinbarung wurde erforderlich, da zum 31.12.2009 das Statistische Bundesamt aufgrund des Auslaufens der entsprechenden gesetzlichen Grundlage (Rohstoffstatistikgesetz) die Datenerhebung und Veröffentlichung der Fachserie 4 Reihe 8.1 (Eisen- und Stahlstatistik) eingestellt hat. Damit traten in der Verfügbarkeit der Berechnungsgrundlagen für diesen Bereich ein deutlicher Rückschritt und eine erhebliche Fehlstelle in den Datenströmen ein, die durch die neue Kooperationsvereinbarung gelöst werden konnte. Die Kooperationsvereinbarung stellt neben der Datenlieferung der Mitgliedsunternehmen auch die der Nicht-Mitglieder sicher.

Diese Vereinbarungen haben zu einer langfristigen Sicherung der Datenbereitstellung und einer erheblichen Verbesserung der Datenqualität in den betreffenden Kategorien geführt.

Am 31.12.2010 lief die Selbstverpflichtung der Halbleiterproduzenten mit Produktionsstätten in Deutschland, die auch die Grundlage für die Datenbereitstellung für die Kategorie 2.F.6 bildet, aus. Die Nationale Koordinierungsstelle hat im August 2012 zur Schließung einer potentiellen Datenlücke eine Kooperationsvereinbarung mit dem Fachverband Electronic Components and Systems (ECS) im Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V. (ZVEI) zur langfristigen Sicherung der Datenlieferung an das UBA für die Kategorie 2.E.1 abgeschlossen.

#### 1.2.1.5 Verbindlicher Terminplan im Rahmen des Nationalen Systems

Der verbindliche Zeitplan für die Erstellung der Emissionsinventare und des NIR wird allen internen und externen Akteuren über die Intranet-Seite des UBA und durch Veröffentlichung im NIR bekannt gemacht:

15. Mai	Anforderung zur Daten und Berichtstextlieferung durch die Nationale Koordinierungsstelle im UBA an die Fachverantwortlichen
31. Juli	Zulieferung der Energiedaten der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, der statistischen Daten des Statistischen Bundesamtes und der Daten aus den Vereinbarungen mit Verbänden und Unternehmen, die Grundlage für weiterführende Berechnungen sind
bis 01. September	Zulieferungen fertiger Inventardaten aus dem UBA und externer Einrichtungen des NaSE
ab 02. September	Validierung / Rücksprachen der Zulieferungen der Fach- und Qualitätsverantwortlichen unter Berücksichtigung der Überprüfungsergebnisse
bis 01. Oktober	Erstellung der CRF-Zeitreihen und der nationalen Trendtabellen, Endredaktion durch die Nationale Koordinierungsstelle im UBA
08. November	Hausabstimmung UBA
ab 15. November	Abschließende Qualitätssicherung durch QSE-, ZSE- und NIR-Koordinator
25. November	Bericht der Nationalen Koordinierungsstelle zur Einleitung der Ressortabstimmung für die CRF-Daten und den Nationalen Inventarbericht an das BMUB

bis 20. Dezember	Freigabe durch Ressortabstimmung (Einleitung durch BMUB)
ab 02. Januar	Endredaktion durch die Nationale Koordinierungsstelle im UBA
15. Januar	Bericht (CRF und bestimmte Teile des NIR) an die Europäische Kommission (im Rahmen des CO <sub>2</sub> Monitoring Mechanismus) und die Europäische Umweltagentur
15. März	Bericht (korrigierte CRF und vollständiger NIR) an die Europäische Kommission (im Rahmen des CO <sub>2</sub> Monitoring Mechanismus) und die Europäische Umweltagentur
15. April	Bericht an das Klimasekretariat
Mai	Initial Check durch das Klimasekretariat
Juni	Synthesis and Assessment Report I (durch das VN-Klimasekretariat)
August	Synthesis and Assessment Report II (länderspezifisch; durch das VN-Klimasekretariat)
September - Oktober	Inventarüberprüfung durch das Klimasekretariat

### 1.2.2 Übersicht über die Inventarplanung

Die Expertise von *Forschungseinrichtungen* wird über die Durchführung von Forschungsprojekten im Rahmen des Umweltforschungsplans (UFOPLAN) in die Inventarerstellung eingebunden. Dies erfolgt über die Bearbeitung konkreter Fragestellungen und durch übergreifende Vorhaben. In den UFOPLÄNEN 2002-2009 verfügte die Nationale Koordinierungsstelle für die Initiierung von Maßnahmen zur kontinuierlichen Inventarverbesserung jeweils über ein Globalvorhaben *Methodenaktualisierung für die Emissionsberechnung*. In den Jahren 2010 und 2011 wurden Maßnahmen zur kontinuierlichen Inventarverbesserung komplett aus dem Haushaltstitel für Sachverständigenleistungen finanziert. Für die Emissionsberichterstattung wurden der Nationalen Koordinierungsstelle durch das Umweltbundesamt aus dem Haushaltstitel für Sachverständigenleistungen (Titel 526 02, Kapitel 1605) zusätzlich zu den Forschungsmitteln aus dem UFO-Plan ab dem Jahr 2005 Mittel für kurzfristige Aufträge zur Inventarverbesserung in Zuständigkeit des Amtes zugesichert. Seit 2012 kann die Nationale Koordinierungsstelle Forschungsfragen im Rahmen der Emissionsberichterstattung wieder aus dem UFOPLAN finanzieren. Weiterhin steht aber auch der Haushaltstitel für Sachverständigenleistungen zur Verfügung.

### 1.2.3 Übersicht der Inventarerstellung und –management, inklusive der ergänzenden Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert

Bei der Emissionsberichterstattung handelt es sich um einen regelmäßig jährlich ablaufenden Vorgang, der allerdings, da dezentral und von verschiedenen Personen durchgeführt, für verschiedene Teile des Inventars unterschiedlich sein kann. Vor der Einführung des QSE (im Jahre 2005) wurde dieser Prozess daher intensiv untersucht und analysiert. Im Ergebnis unterscheidet das QSE im Gesamtprozess der Emissionsberichterstattung die folgenden Hauptprozesse, die in Kapitel 1.3.2 näher erläutert werden:

- Festlegung der Berechnungsgrundlagen,
- Datengewinnung,
- Datenaufbereitung und Emissionsberechnung sowie die
- Berichterstellung.

Die Hauptprozesse untergliedern sich in Teilprozesse gemäß Abbildung 6.

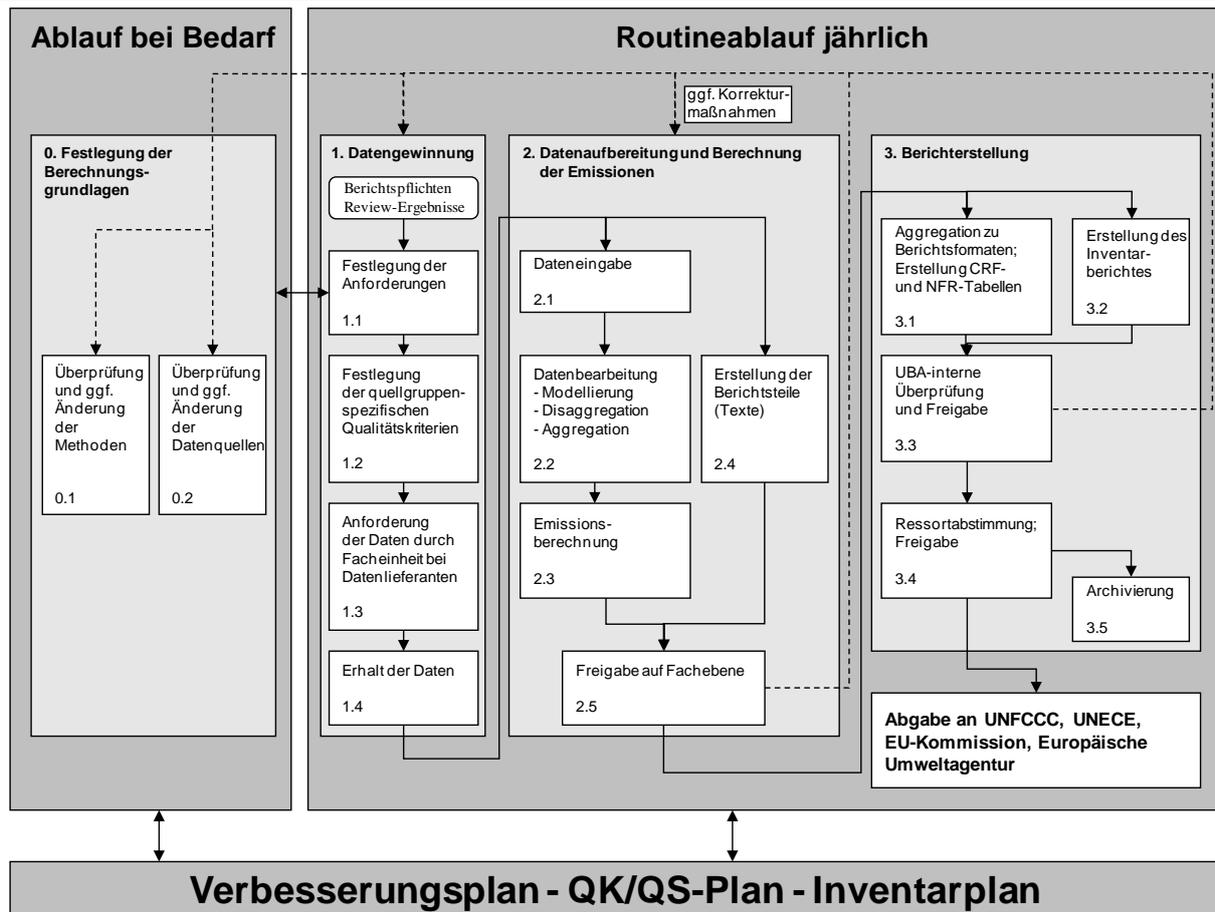


Abbildung 6: Übersicht über den Prozess der Emissionsberichterstattung

Es hat sich gezeigt, dass sich der Ablauf der Inventarplanung und -erstellung auf die Qualität der Inventare auswirken kann, die Reihenfolge des Vorgehens somit nicht unwesentlich für die Inventarqualität ist. Der Prozess der Inventarerstellung erfolgt auch aus diesem Grund in enger Verzahnung mit der Durchführung von Maßnahmen der Qualitätskontrolle und -sicherung. Jedem Teilprozess wurden hierfür geeignete QK/QS-Maßnahmen zugewiesen, um bei der Qualitätsprüfung nicht nur die Endqualität der Inventardaten sicherzustellen, sondern diese bereits auf dem Wege dorthin zu gewährleisten. Auf diese Weise können auch periodische interne Evaluationen des Prozesses der Inventarerstellung nach Paragraph 26 der *Reporting Guidelines* (24/CP.19) durchgeführt werden.

Der Ablauf inklusive der QK/QS-Maßnahmen deckt die Anforderungen des Paragraphen 21 (b) der *Reporting Guidelines* (24/CP.19) an die Inventarerstellung ab.

Der Ablauf der Inventarerstellung ist detailliert im Kapitel 1.3 beschrieben.

### 1.3 Inventarerstellung

Die Inventarerstellung folgt, wie in der Übersicht in Kapitel 1.2.3 dargestellt, einem regelmäßigen, jährlich ablaufenden Schema. Die Prozesse zur Treibhausgas-Inventarerstellung, zur Erstellung des KP-LULUCF-Inventars und des Nationalen Inventarberichtes und der Durchführung von Maßnahmen der Qualitätskontrolle und -sicherung sind sehr eng mit einander verknüpft.

Grundsätzlich ist zwischen den vorgelagerten Abläufen bei der Inventarerstellung (siehe Kapitel 1.3.1.1) der Festlegung der Berechnungsgrundlagen (siehe Kapitel 1.3.2.1), der

Sammlung, Verarbeitung und Speicherung von Daten (siehe Kapitel 1.3.2) und der Qualitätskontrolle und -sicherung (siehe Kapitel 1.3.3) zu unterscheiden.

### **1.3.1 Treibhausgas- und KP-LULUCF-Inventar**

Die vorgelagerten Abläufe der Inventarerstellung und die Festlegung der Berechnungsgrundlagen sind für die Treibhausgas-Inventare und das KP-LULUCF-Inventar identisch.

#### **1.3.1.1 Vorgelagerte Abläufe**

Unabhängig von den in Abbildung 6 dargestellten Teilprozessen der Emissionsberichterstattung bestehen vorgelagerte Abläufe, die jeweils zwischen zwei Zyklen der Emissionsberichterstattung durchgeführt werden.

Als vorgelagerte Abläufe werden die folgenden Teilprozesse gezählt:

- kontinuierliche Überprüfung und Sicherstellung der Datenströme von den Datenlieferanten zum Umweltbundesamt durch die Verbesserung der Institutionalisierung des Nationalen Systems;
- Umsetzung von Verbesserungen in der Inventarplanung und Inventarerstellung;
- die Bestimmung der Hauptkategorien (gemäß Methode 1 nach Kapitel 4.3.1, Vol. 1 der 2006 IPCC GL );
- die Berechnung und Aggregation der Unsicherheiten der Emissionen mittels Monte Carlo Simulation (gemäß Tier 1- oder Tier 2-Verfahren nach den *IPCC Good Practice Guidance*);
- die erweiterte Bestimmung der Hauptkategorien mittels Monte Carlo Simulation (gemäß Methode 2 nach Kapitel 4.3.2, Vol. 1 der 2006 IPCC GL).

##### **1.3.1.1.1 Verbesserung des Nationalen Systems**

Durch die Form der Etablierung des Nationalen Systems, die insbesondere auf bestehenden Datenströmen aufbaut und bei fehlender langfristiger Absicherung der Datenbereitstellung geeignete Maßnahmen zur Absicherung vorsieht (siehe Kapitel 1.2.1.2), ist eine stetige Überprüfung der Datenströme zwischen zwei Zyklen der Berichterstattung nötig.

Bei auslaufenden Selbstverpflichtungen sind Gespräche mit den Datenlieferanten über deren Verlängerung bzw. Überführung in eine Kooperationsvereinbarung zu führen. Nicht abgesicherte Datenströme sind mit verbindlichen Zusagen oder Kooperationsvereinbarungen zu unterlegen. Im Zweifelsfall sind gesetzliche Regelungen zur Datenbereitstellung zu prüfen und umzusetzen.

Bestehende Vereinbarungen müssen ggf. an neue Gegebenheiten und Berichterstattungserfordernisse (z.B. Wechsel des Berichterstattungsverfahrens) angepasst werden. Damit wird zu einer stetig hohen Qualität des Nationalen Systems und der Inventarerstellung beigetragen.

Veränderungen und Verbesserungen im Nationalen System im aktuellen Berichterstattungszyklus sind im Kapitel 12.1 beschrieben.

### **1.3.1.1.2 Umsetzung von Verbesserungen in der Inventarplanung und Inventarerstellung**

Das Qualitätssystem dient sowohl der Gewährleistung einer hohen Inventarqualität, als auch der stetigen Inventarverbesserung und Verbesserung der Inventarplanung.

Erkannte Verbesserungsnotwendigkeiten aus der zurückliegenden Qualitätskontrolle und -sicherung, zurückliegende Review-Ergebnisse und im NIR ausgewiesene geplante Verbesserungen werden wenn möglich jeweils zwischen den Berichterstattungszyklen umgesetzt.

Eine detaillierte Beschreibung der Prozeduren zur Qualitätskontrolle und -sicherung ist im Kapitel 1.6 zu finden. Die in den Kategorien erzielten Verbesserungen dieser Berichterstattung sind in den jeweiligen Kategorien-Kapiteln zu finden.

### **1.3.1.1.3 Bestimmung der Hauptkategorien (gemäß Tier 1-Verfahren)**

Um die für die Inventarerstellung und -verbesserung notwendigen, vielfältigen und detaillierten Aktivitäten und Kapazitäten auf die wesentlichen Kategorien der Inventare konzentrieren zu können, wurde durch IPCC die Definition einer Hauptkategorie eingeführt. Als solche werden Quell- bzw. Senkengruppen bezeichnet, die im nationalen Inventar herausgehoben sind, da ihre Emissionen bzw. Einbindungen einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtemission der direkten Treibhausgase haben, entweder in der absoluten Höhe der Emissionen, im Beitrag zum zeitlichen Emissionstrend, ihrer Unsicherheiten oder aufgrund ihrer Einschätzung als relevante Quelle durch einen Experten.

Die Bestimmung der Hauptkategorien wird von der Nationalen Koordinierungsstelle einmal jährlich vor dem Durchlaufen des Prozesses der Emissionsberichterstattung durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Rahmen der Berichterstattung für das Jahr x berichtet, können aber erst bei der Inventarerstellung für das Jahr x+1 fachlich berücksichtigt werden. Die Zugehörigkeit zu den Hauptkategorien dient als Kriterium dafür, welche Berechnungsmethode (Tier-Ansatz) und in Folge dessen welcher Detaillierungsgrad bei der Emissionsmodellierung für die Kategorie angewandt werden muss. Darüber hinaus wird das Ergebnis der Bestimmung der Hauptkategorien zur Ermittlung von Kategorien mit prioritärem Handlungsbedarf bei der Inventarverbesserung genutzt.

In der 2000 *IPCC Good Practice Guidance* (Vol. 1, Ch. 4) sind die für die Bestimmung der Hauptkategorien anzuwendenden Methoden festgelegt. Diese ermöglichen es, durch die Analyse des Inventars für ein Jahr im Hinblick auf die Emissionshöhe der einzelnen Kategorien (Tier 1 Level Assessment), die Analyse einer Zeitreihe der Inventarangaben (Tier 1 Trend Assessment) sowie durch eine detaillierte Analyse der fehlerbewerteten Inventarangaben (Tier 2 Level and Trend Assessment unter Berücksichtigung der Unsicherheiten) die jeweiligen Hauptkategorien zu identifizieren.

Zur Festlegung der Hauptkategorien wurden für die deutschen Treibhausgasemissionen die beide Methode 1-Verfahren Level (für das Basisjahr sowie das letzte berichtete Jahr) sowie Trend (für das letzte berichtete Jahr gegenüber dem Basisjahr) angewendet. Entsprechend den IPCC-Vorgaben wurde dabei neben den Emissionen aus Quellen auch die Einbindung der Treibhausgase in Senken in den Analysen berücksichtigt.

#### **1.3.1.1.4 Berechnung und Aggregation der Unsicherheiten der Emissionen**

Unsicherheiten sind elementarer Bestandteil der Emissionsinventare und ihre Bestimmung soll zu einem quantitativen Ausdruck für die Genauigkeit der Emissionsinventare führen. Während die Bestimmung der Unsicherheiten mit der Datenerhebung und damit im Prozessablauf der Emissionsberichterstattung unter dem Punkt Datengewinnung erfolgt, kann ihre Aggregation erst im Anschluss an die Inventarerstellung beziehungsweise den Zyklus der Emissionsberichterstattung erfolgen.

Bei der Berechnung und Aggregation der Unsicherheiten werden die Unsicherheiten der Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren, welche in der Regel auf der untersten Ebene der Kategorien im ZSE von Experten geschätzt wurden, in Unsicherheiten von Emissionen umgerechnet und aggregiert. Die Aggregation der Unsicherheiten nach Tier 1 wird jährlich am Ende des Berichtserstattungszyklus für das aktuelle Berichtsjahr durchgeführt. Alle drei Jahre wird zusätzlich eine Unsicherheitenbestimmung gemäß der Tier 2 Methode vorgenommen.

Deutschland berichtet im aktuellen NIR Unsicherheiten, die nach der Tier 1 Methode ermittelt worden sind. Zur Ermittlung der Unsicherheiten des Inventars wurden die Einzelunsicherheiten, soweit bisher möglich, durch die Daten liefernden Experten der Facheinheiten im UBA sowie externe Einrichtungen geschätzt.

#### **1.3.1.1.5 Erweiterte Bestimmung der Hauptkategorien**

Die aggregierten Unsicherheiten dienen als Grundlage zur erweiterten Bestimmung der Hauptkategorien (Tier-2-Hauptkategorienbestimmung).

### **1.3.2 Sammlung, Verarbeitung und Speicherung der Daten, inklusive KP-LULUCF-Inventare**

#### **1.3.2.1 Festlegung der Berechnungsgrundlagen**

**Die Auswahl, Überprüfung und ggf. Änderung der Berechnungsmethoden** zur Emissionsermittlung hat Auswirkungen auf den gesamten Emissionsberichterstattungsprozess. Daher steht die Prüfung der Angemessenheit der verwendeten Methoden am Anfang des Hauptprozesses „Festlegung der Berechnungsgrundlagen“. Die 2006 *IPCC Guidelines* geben für die jeweiligen Kategorien mit Hilfe von Entscheidungsbäumen (Decision Trees) vor, welche Methoden anzuwenden sind. Dies erfolgt in Abhängigkeit davon, ob es sich um eine Hauptkategorie handelt oder nicht. Kommt statt der vorgeschriebenen Methode eine andere – länderspezifische – Methode zur Anwendung, so ist dies im NIR zu begründen. Die Gleich- oder Höherwertigkeit der Methode ist darzulegen und nachvollziehbar zu dokumentieren.

Weiter stellen auch die **Auswahl, Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen** einen kritischen Erfolgsfaktor dar, denn die Ergebnisse der gesamten Folgeprozesse (Datenaufbereitung, Berechnung, Berichterstattung) können nicht besser als die Qualität der Primärdaten sein. Datenquellen können sich auf Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren oder Emissionen einer bestimmten Kategorie beziehen. In vielen Fällen wird es sich um bereits seit mehreren Jahren genutzte Datenquellen handeln. Die Auswahl neuer Datenquellen kann z.B. auf Grund einer erforderlichen Methodenumstellung, des Wegfalls einer bisherigen Datenquelle, der Notwendigkeit zusätzlicher Daten oder aufgrund von Ergebnissen der Qualitätskontrolle bei bisher genutzten Datenquellen erforderlich sein.

Verschiedene Kriterien beeinflussen die Eignung einer Datenquelle. Hierzu zählen u.a.:

- langfristige Verfügbarkeit,
- Institutionalisierung der Datenbereitstellung,
- gute Dokumentation,
- Durchführung von Maßnahmen der Qualitätskontrolle und –sicherung seitens der Datenlieferanten,
- Angabe von Unsicherheiten,
- Repräsentativität der Daten und
- Vollständigkeit der zu erwartenden Daten.

Wichtig ist, dass in jedem Fall die Entscheidung für die Auswahl einer Datenquelle dokumentiert wird und dass bei erheblich reduzierter Eignung der verwendeten Datenquellen geeignete Verbesserungsmaßnahmen geplant werden.

Die Weitergabe von Anforderungen zur Qualitätskontrolle, -sicherung und Dokumentation an Datenlieferanten ist immer erforderlich und insbesondere bei der Vergabe von Forschungsvorhaben von besonderer Relevanz, da das Umweltbundesamt als Auftraggeber in diesem Fall einen erheblichen Einfluss auf den Auftragnehmer ausüben muss.

### 1.3.2.2 Datengewinnung

Die Datengewinnung und -dokumentation erfolgt durch den jeweiligen Fachverantwortlichen. Dies kann durch die Auswertung von amtlichen oder Verbände-Statistiken, Studien, Periodika sowie fremden Forschungsvorhaben erfolgen. Ebenso kann sie über die Durchführung eigener Forschungsvorhaben oder die Verwendung persönlicher Informationen, sowie über einen Bund/Länder-Datenaustausch gewonnene Daten erfolgen. Häufig werden dabei anderweitig gewonnene Arbeitsergebnisse für die Emissionsberichterstattung weitergenutzt.

Die Datengewinnung umfasst die Teilschritte:

- Festlegung der Anforderungen,
- Festlegung der kategoriespezifischen Qualitätskriterien für die Daten,
- Anforderung der Daten durch die zuständige Facheinheit bei den Datenlieferanten, sowie
- Erhalt der Daten.

Über die Nationale Koordinierungsstelle wird die Anforderung an die Zuarbeit zu den Inventaren auch über die Fachvorgesetzten an die kategoriespezifischen Fachverantwortlichen geschickt. Für die Fertigung des NIR wird eine Master-Datei bereitgestellt, die die Struktur für die Zuarbeiten vorgibt. Als Anforderung für die späteren Dateneingaben gelten die Vorgaben aus dem ZSE (direkte Eingabe oder Befüllung des Importformats). Über Informationsveranstaltungen des *UBA AK Emissionsinventare*, die Intranet- und Share-Point-Seiten zur Emissionsberichterstattung des UBA und einer elektronischen Inventarbeschreibung (siehe Kapitel 1.3.3.1.5) werden den Fachverantwortlichen die Anforderungen an die Berichterstattung einschließlich der durchzuführenden Maßnahmen zur QK/QS, die Ergebnisse aller Inventarüberprüfungen sowie kategoriespezifisch der Datenbestand jeder Kategorie und die aktuellen Ergebnisse aus der Bestimmung der Hauptkategorien bekannt gemacht. Auf dieser Basis sind durch den Fachverantwortlichen die **Anforderungen** bezüglich der Datenquellen sowie der Berechnungsmethoden **festzulegen**.

Die Anforderungen beeinflussen den vorgelagerten Prozess der Festlegung von Berechnungsgrundlagen (Überprüfung und Auswahl der Methoden und Datenquellen), der immer dann stattfindet, wenn die Anforderungen noch nicht erfüllt sind oder sich verändert haben.

Nach Festlegung der Anforderungen an Datenquellen und Methoden soll vor der Einleitung der Datengewinnung bei Dritten eine **Festlegung der kategoriespezifischen Qualitätskriterien** für diese Daten erfolgen, um den Prozess der QK auf der Datenebene zu unterstützen.

Erfolgt die **Anforderung der Daten** durch den Fachverantwortlichen bei Dritten, soll der vom Datenlieferant erwartete Umfang, die Anforderungen an die Datenqualität und an die Dokumentation der Daten angegeben werden. Beim **Erhalt der Daten** werden diese auf Vollständigkeit, Einhaltung der Qualitätskriterien und Aktualität geprüft. Die Validierung der Daten erfolgt durch den Fachverantwortlichen.

### 1.3.2.3 Datenaufbereitung und Emissionsberechnung

Die Datenaufbereitung und Emissionsberechnung umfasst die Schritte:

- Dateneingabe,
- Datenbearbeitung (Modellbildung, Disaggregation, Aggregation),
- Emissionsberechnung,
- Erstellung Berichtsteile (Texte) sowie
- Freigabe auf der Fachebene.

Parallel zu den Zeitreihen für Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren, Unsicherheiten und Emissionen werden auch die Berichtsteile erstellt. Insofern wird der Begriff Daten in einem weiten Sinne verstanden. Er umfasst neben Zahlenwerten, Zeitreihen, etc. auch Kontextinformationen wie Quellen einer Zeitreihe sowie Wege der Berechnung und bezieht sich ebenfalls auf die **Erstellung der Berichtsteile** für den NIR und die Dokumentation von Rückrechnungen.

Große Teile der **Dateneingabe und –bearbeitung** (Bearbeitung von Daten und Emissionsberechnung) laufen im ZSE ab, wodurch die Transparenz und Konsistenz erheblich erhöht wird und sich für die Durchführung der erforderlichen Maßnahmen der Qualitätskontrolle auf der Datenebene die Möglichkeit eröffnet, im ZSE eine Automatisierung vorzunehmen (z.B. Prüfung von Größenordnungen und Vollständigkeit, sowie Formulierung von Prüfbedingungen im CalQlator). In solchen Fällen kann die manuelle Durchführung bestimmter QK-Maßnahmen entfallen. Um Berechnungsergebnisse komplexer Modelle zu plausibilisieren, sollen zur Überprüfung Cross-Checks mit vereinfachten Annahmen erfolgen.

Nach Durchlaufen der Prüfungen und evtl. Rücksprachen erfolgt die **Emissionsberechnung** im ZSE durch ein automatisiertes Verfahren nach dem Prinzip

Aktivitätsrate \* Emissionsfaktor = Emission.

Sind auch vorgelagerte Rechenwege im ZSE abgelegt, so werden diese Berechnungen zuerst angestoßen, bevor die eigentliche Emissionsberechnung durchgeführt wird.

Die **Freigabe auf der Fachebene** durch die jeweiligen QK-Verantwortlichen hat sowohl für Texte als auch für Ergebnisse der Berechnungen vor der weiteren Verwendung durch die nationale Koordinierungsstelle zu erfolgen. Dies geschieht in der Regel mit der Übermittlung

an die Nationale Koordinierungsstelle und durch die Freigabe der vollständig ausgefüllten QK/QS-Checklisten.

#### 1.3.2.4 Berichterstellung

Zur Berichterstellung gehören:

- die Aggregation der Emissionsdaten zu den nationalen Trendtabellen und zu den Berichtsformaten, Erstellung der Datentabellen für das NFR bzw. der Export der XML-Dateien für den CRF-Reporter sowie der Import der XML-Dateien in den CRF-Reporter
- die Zusammenfassung der zugelieferten Berichtstexte zum Berichtsentwurf (NIR) sowie die Gesamtreaktion des NIR,
- die UBA-interne Überprüfung des Entwurfs (nationale Trendtabellen und NIR) mit anschließender Freigabe,
- die Übergabe an das BMUB zur Ressortabstimmung mit abschließender Freigabe durch den Koordinierungsausschuss, sowie abschließend
- die Übergabe an das UNFCCC-Sekretariat, die EU-Kommission bzw. das UNECE Sekretariat und
- die Archivierung.

Nach der Fertigstellung der Daten, Berichtsteile und QK/QS-Checklisten durch die Fachexperten und die Übermittlung derselben an die Nationale Koordinierungsstelle werden sie von den kategoriespezifischen fachlichen Ansprechpartnern in der Nationalen Koordinierungsstelle anhand einer QK-Checkliste überprüft. Die Ergebnisse dieser Überprüfung werden den Fachverantwortlichen zur Verfügung gestellt, so dass diese (ggf. nach einer Rücksprache) ihren Beitrag entsprechend überarbeiten können.

Bevor die Emissionsdaten in die Berichtsformate für die Klimarahmenkonvention und des Kyoto-Protokolls (CRF= Common Reporting Format) bzw. die Genfer Luftreinhaltkonvention (NFR= New Format on reporting) übertragen werden können, muss eine **Aggregation der Emissionsdaten** aus den Zeitreihen des ZSE (im Erfassungsformat) zu den **Berichtsformaten** CRF- bzw. NFR-Kategorien erfolgen. Dies wird über eine hierarchische Zuordnung im ZSE realisiert, die im Anhang 3 für die einzelnen Hauptkategorien genauer beschrieben ist. Die Aggregationen erfolgen automatisiert, sofern keine Änderungen gegenüber dem Vorjahr auftreten.

Nach der rechnerischen Aggregation werden Aktivitätsdaten und Emissionen über den Export in XML-Dateien in den CRF-Reporter eingelesen, in dem automatisiert die CRF-Berichtstabellen des IPCC erstellt werden. Dennoch sind Qualitätskontrollen erforderlich, die eine Übereinstimmung der Werte sowie der durch den CRF-Reporter berechneten Implied Emission Factors zwischen dem Emissionsinventar und den CRF-Reporter Tabellen sicherstellen. Zudem ist eine hinreichende Kommentierung etwaiger Rekalkulationen sowie von Notation Keys erforderlich.

Die Berechnung der Treibhausgase in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten erfolgt nach Maßgabe des § 2 der Entscheidung 24/CP.19 bzw. des § 31 der Revised UNFCCC Reporting Guidelines (FCCC/CP/2013/10/Add. 3), auf Basis der mit dem *Fourth Assessment Report* veröffentlichten und in folgender Tabelle abgebildeten jeweiligen Treibhauspotentials (GWP), basierend auf den Wirkungen der Treibhausgase über einen Zeithorizont von 100 Jahren.

Tabelle 3: Global Warming Potential (GWP) der Treibhausgase

Greenhouse gas	Chemical formula	IPCC AR4 GWP
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	1
Methane	CH <sub>4</sub>	25
Nitrous oxide	N <sub>2</sub> O	298
<b>Hydrofluorocarbons (HFC)</b>		
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	14800
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	675
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	92
HFC-43-10mee	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CHFCHFCF <sub>3</sub>	1640
HFC-125	CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	3500
HFC-134	CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	1100
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1430
HFC-143	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> F	353
HFC-143a	CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	4470
HFC-152	CH <sub>2</sub> FCH <sub>2</sub> F	53
HFC-152a	CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub>	124
HFC-161	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	12
HFC-227ea	CF <sub>3</sub> CHFCF <sub>3</sub>	3220
HFC-236cb	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1340
HFC-236ea	CHF <sub>2</sub> CHFCF <sub>3</sub>	1370
HFC-236fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	9810
HFC-245ca	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> F	693
HFC-245fa	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1030
HFC-365mfc	CH <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	794
<b>Perfluorocarbons (PFC)</b>		
Perfluoromethane	CF <sub>4</sub>	7390
Perfluoroethane	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	12200
Perfluoropropane	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	8830
Perfluorocyclopropane	c-C <sub>3</sub> F <sub>6</sub>	17340
Perfluorobutane	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	8860
Perfluorocyclobutane	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	10300
Perfluoropentane	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	9160
Perfluorohexane	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	9300
Perfluorodecalin	C <sub>10</sub> F <sub>18</sub>	7500
<b>Sulphur hexafluoride</b>		
Sulphur hexafluoride	SF <sub>6</sub>	22800
<b>Nitrogen trifluoride</b>		
Nitrogene trifluoride	NF <sub>3</sub>	17200

Greenhouse gas	Chemical formula	IPCC AR4 GWP
<b>Fluorinated ethers</b>		
HFE-125	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>3</sub>	14900
HFE-134	CHF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub>	6320
HFE-143a	CH <sub>3</sub> OCF <sub>3</sub>	756
HFE-227ea	CF <sub>3</sub> CHFOCF <sub>3</sub>	1540
HCFE-235da2	CHF <sub>2</sub> OCHClCF <sub>3</sub>	350
HFE-236ca12	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub>	2800
HFE-236ea2	CHF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	989
HFE-236fa	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>3</sub>	487
HFE-245cb2	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	708
HFE-245fa1	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>3</sub>	286
HFE-245fa2	CHF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	659
HFE-254cb2	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	359
HFE-263fb2	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub>	11
HFE-329mcc2	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	919
HFE-338mcf2	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	552
HFE-338mmz1	(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOCHF <sub>2</sub>	380
HFE-338pcc13	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCHF <sub>2</sub>	1500
HFE-347mcc3	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	575
HFE-347mcf2	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	374
HFE-347mmy1	(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CFOCH <sub>3</sub>	343
HFE-347pcf2	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	580
HFE-356mec3	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	101
HFE-356mmz1	(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOCH <sub>3</sub>	27
HFE-356pcc3	CH <sub>3</sub> OCF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	110
HFE-356pcf2	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	265
HFE-356pcf3	CHF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub>	502
HFE-365mcf3	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OCH <sub>3</sub>	11
HFE-374pc2	CHF <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> OCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	557
HFE-449sl	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OCH <sub>3</sub>	297
HFE-569sf2	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	59
HFE-43-10pccc124	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> OC <sub>2</sub> F <sub>4</sub> OCHF <sub>2</sub>	1870
	CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH	42
	(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHOH	195
	-(CF <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH(OH)-	73
<b>Perfluoropolyethers</b>		
PFFPMIE	CF <sub>3</sub> OCF(CF <sub>3</sub> )CF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> OCF <sub>3</sub>	10300

Quelle : FCCC/CP/2013/10/Add. 3, S.24

Parallel hierzu erfolgt die **Zusammenfassung der geprüften Berichtstexte zum Berichtsentwurf** des NIR durch den Berichtskordinator.

Die **UBA-Interne Überprüfung und Freigabe** der fertig gestellten Berichtstabellen und des NIR, sowie dem zukünftig darin enthaltenen Inventarplan erfolgt durch die Mitzeichnung im Rahmen der **Hausabstimmung im UBA**. Danach erfolgt die **Übermittlung an das BMUB** zur zweiten Phase der Freigabe im Rahmen der **Ressortabstimmung**. Der Koordinierungsausschuss gibt die Berichtstabellen und den NIR abschließend zur Übermittlung an das UNFCCC-Sekretariat frei. Das Ministerium übernimmt die Übersetzung des NIR und die **Übergabe an das UNFCCC-Sekretariat**.

Die Datentabellen und der dazugehörige NIR werden in der Inventarbeschreibung (siehe auch Kapitel 1.3.3.1.5) gesichert archiviert. Der zur Berechnung verwendete Inhalt der ZSE-Datenbank wird ebenfalls archiviert.

### **1.3.3 Prozeduren zur Qualitätskontrolle und -sicherung (QK/QS) und ausführliche Überprüfung der Treibhausgas- und KP-LULUCF-Inventare**

#### **1.3.3.1 Das Qualitätssystem Emissionsinventare**

Im QSE werden die Anforderungen der 2006 *IPCC Guidelines (Vol. 1, Kapitel 6)*, die nationalen Gegebenheiten in Deutschland sowie die internen Strukturen und Abläufe der berichterstattenden Institution UBA berücksichtigt. Das QSE ist in seinen Verfahrensabläufen soweit flexibel gestaltet, dass auch zukünftige veränderte Anforderungen routinemäßig berücksichtigt werden können. Der Geltungsbereich des QSE umfasst den gesamten Prozess der Emissionsberichterstattung.

Das QSE umfasst alle Teilnehmer des NaSE. Im Umweltbundesamt wurde die Verbindlichkeit über die UBA-Hausanordnung 11/2005 hergestellt. Einzelheiten bezüglich der Regelung der Verbindlichkeit für andere NaSE-Teilnehmer können dem Anhang 22.1.1 entnommen werden.

##### **1.3.3.1.1 Hausanordnung 11/2005 des UBA**

Im Jahr 2005 hat das Umweltbundesamt über die *Hausanordnung 11/2005* ein *Qualitätssystem Emissionsinventare* im Umweltbundesamt installiert, das die erforderlichen Rahmenbedingungen für die Einhaltung einer guten Inventarpraxis und die Durchführung einer routinemäßigen Qualitätssicherung schafft. Es entspricht den Anforderungen der 2006 *IPCC Guidelines (Vol. 1, Kapitel 6)* und ist den nationalen Gegebenheiten in Deutschland sowie den internen Strukturen und Abläufe der berichterstattenden Institution UBA angepasst. Mit der Hausanordnung 11/2005 wurden verbindliche Zuständigkeitsregelungen innerhalb des UBA, die Terminkette bei der Erstellung der Inventare und die durchzuführenden Prüfhandlungen zur Qualitätskontrolle und -sicherung festgeschrieben.

Mit der Hausanordnung erfolgte die nach Paragraph 20 der *Reporting Guidelines (24/CP.19)* geforderte prozedurale Festlegung und die nach Paragraph 23 (a) erforderliche Festlegung spezifischer Verantwortlichkeiten auf der Amtsebene.

##### **1.3.3.1.2 Mindestanforderungen an ein System zur Qualitätskontrolle und -sicherung**

Die Anforderungen an das System zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung (QK/QS-System) und an die Maßnahmen zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung werden im Wesentlichen durch das Kapitel 6 der 2006 *IPCC Guidelines (Vol. 1)* definiert.

Aus den vormals geltenden Good Practice Guidance (Kapitel 8) wurden bereits 2007 vom UBA „Allgemeine Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Treibhausgasemissionsberichterstattung“ abgeleitet (siehe Kapitel 22.1.2.1). Für die externen Teilnehmer des Nationalen Systems ist die Übernahme der Mindestanforderungen, nach Beschlussfassung über diese Mindestanforderungen durch die Vertreter der beteiligten Bundesministerien im Koordinierungsausschuss des Nationalen Systems Emissionsinventare (siehe Anhangkapitel 22.1.1) erfolgt.

Weiterführende Informationen, welche organisatorischen Festsetzungen im UBA die Voraussetzung für die Umsetzung dieser Anforderungen bilden, können den folgenden Kapiteln und in Ergänzung hierzu dem Anhang 22.1.2.1.11 entnommen werden.

### 1.3.3.1.3 Aufbauorganisation des Qualitätssystems Emissionsinventare

Im Rahmen des QSE wurde ein Konzept zur Aufbauorganisation entwickelt, dass die Zuständigkeiten für die Umsetzung der erforderlichen QK und QS-Maßnahmen verbindlich für das UBA festlegt. Die festgelegten Rollen und Verantwortlichkeiten sollen einen effektiven Informationsaustausch und die anforderungskonforme Durchführung der QK und QS sicherstellen (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: QSE - Rollen und Verantwortlichkeiten

Rolle	Aufgabe	Verantwortlich
Fachverantwortlicher auf operativer Ebene (FV)	<p>Erstellung von Teilen des Nationalen Inventarberichts (NIR) Datengewinnung und Dateneingabe in das ZSE und Berechnung entsprechend der gewählten/vorgegebenen Methoden Durchführung von systematischen QK-Maßnahmen in NIR, ZSE und Inventarbeschreibung Durchführung von Verifikationsmaßnahmen Archivierung aller kategoriespezifischen Inventarinformationen (Inventarbeschreibung und dezentrale Dokumentation) Wenn erforderlich (für kategoriespezifische QK): Festlegung von kategoriespezifischen Qualitätszielen und den Kriterien ihrer Zielerreichung in Abstimmung mit dem QK-Verantwortlichen, dem Fachlichen Ansprechpartner und dem QSEK. Prüfung, Aufbereitung und Beantwortung von Reviewergebnissen Aktive Teilnahme bei Reviewprozessen. Dies umfasst das Halten von Vorträgen, geben von Erläuterungen und die Erreichbarkeit für Nachfragen (im Vorfeld, während dessen und im Nachgang). Initiierung, Ausarbeitung (Leistungsbeschreibung) und fachliche Begleitung von FE-Projekten</p>	Alle vom Fachgebietsleiter (FGL) kategoriespezifisch benannten Mitarbeiter
QK/QS-Verantwortlicher für das Fachgebiet (QKV)	<p>Durchführung von systematischen Maßnahmen zur Sicherstellung der Qualität der an die Nationale Koordinierungsstelle zu liefernden Daten und Berichtsteile Freigabe der Daten und Berichtsteile Sicherstellung dass die erforderlichen Inventararbeiten, Qualitätskontrollen sowie die Dokumentation und Archivierung erfolgt sind Festlegung von fachlichen Verantwortlichkeiten zur Emissionsberichterstattung im Fachgebiet und Bereitstellung der notwendigen zeitlichen Ressourcen Unterstützung und Teilnahme bei Reviewprozessen</p>	Alle zuständigen FGL
Fachliche Ansprechpartner (kategoriespezifisch) in der Nationalen Koordinierungsstelle (FAP)	<p>Kategoriespezifische Betreuung von FV und QKV Unterstützung/Anleitung der FV/QKV bei der:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umsetzung der internationalen Anforderungen</li> <li>• fachlichen Zuarbeit von Daten und Berichtstexten</li> <li>• Qualitätskontrolle/Qualitätssicherung <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Erstellung fehlender Teile des Nationalen Inventarberichts (NIR)</li> <li>○ Gewinnung und Eingabe fehlender Daten in das ZSE und Berechnung entsprechend der gewählten/vorgegebenen Methoden</li> <li>○ Sicherstellung dass die erforderlichen Inventararbeiten, Qualitätskontrollen sowie die Dokumentation und Archivierung erfolgt sind</li> <li>○ Durchführung von systematischen QK-/QS-Maßnahmen in NIR, ZSE und Inventarbeschreibung</li> <li>○ Archivierung fehlender kategorie-spezifischer Inventarinformationen (Inventarbeschreibung und dezentrale Dokumentation)</li> </ul> </li> </ul> <p>Initiierung und Begleitung von FE-Projekten Durchführung sämtlicher Arbeiten mit dem CRF-Reporter und Qualitätskontrolle Übernahme der Aufgaben von abwesenden FV bzw. bei nicht besetzten Stellen Prüfung, Aufbereitung und tlw. Beantwortung von Reviewergebnissen</p>	kategoriespezifisch benannte Mitarbeiter aus der Nationalen Koordinierungsstelle

Rolle	Aufgabe	Verantwortlich
	Unterstützung, Begleitung, Teilnahme und tlw. Übernahme von FV-Aufgaben bei Reviewprozessen Durchführung von Kategorieübergreifenden Arbeiten Wenn erforderlich (für kategoriespezifische QK): Festlegung von kategoriespezifischen Qualitätszielen und den Kriterien ihrer Zielerreichung in Abstimmung mit dem QK-Verantwortlichen dem FAP und dem QSEK.	
Berichtskordinator (NIRK)	Koordination von textlichen Zuarbeiten Erstellung des NIR aus den einzelnen Zuarbeiten Übergreifende QK und QS für den NIR NIR und in Teilen auch Abgleich mit den CRF	Ein benannter Mitarbeiter aus der Nationalen Koordinierungsstelle
ZSE-Koordinator (ZSEK)	Übergreifende QK und QS bei der Eingabe und Berechnung des Inventars (Daten) Sicherstellung der Integrität der Datenbanken und der Berichtstabellen (Common Reporting Format (CRF)) Emissionsberechnung und Aggregation zu Berichtsformaten Unterstützung der Facheinheiten bei Fragen zum ZSE und zu den Berichtstabellen Bestimmung der Unsicherheiten (nach Tier 2) mittels Monte Carlo Simulation	Ein benannter Mitarbeiter der nationalen Koordinierungsstelle
QSE-Koordinator (QSEK)	Übergreifende QK und QS im gesamten Berichterstattungsprozess Aufrechterhaltung und Fortentwicklung des QSE Pflege und Fortschreibung von QK-, QS-Plan, QK-Checklisten und QSE-Handbuch Federführung für Pflege und Fortschreibung Inventarplan sowie Verbesserungsplan Wenn erforderlich (für kategoriespezifische QK): Festlegung von kategoriespezifischen Qualitätszielen und den Kriterien ihrer Zielerreichung in Abstimmung FV, QK-Verantwortlichen und dem FAP.	Ein benannter Mitarbeiter aus der Nationalen Koordinierungsstelle
NaSE-Koordinator (NaSEK)	Sicherstellung der termingerechten und anforderungskonformen Berichterstattung Initiierung der Umsetzung übergreifender Maßnahmen aus dem Inventarplan Festlegung / Dokumentation von institutionellen Einrichtungen und rechtlichen Vereinbarungen Organisation von Expert-Peer-Reviews z.B. im Rahmen von NaSE-Workshops Sicherstellung der zentralen Archivierung aller, über die Archivierung in der Inventarbeschreibung hinausgehenden Inventarinformationen Vorbereitung Durchführung und Nachbereitung von Inventarüberprüfungen	Ein benannter Mitarbeiter aus der Nationalen Koordinierungsstelle



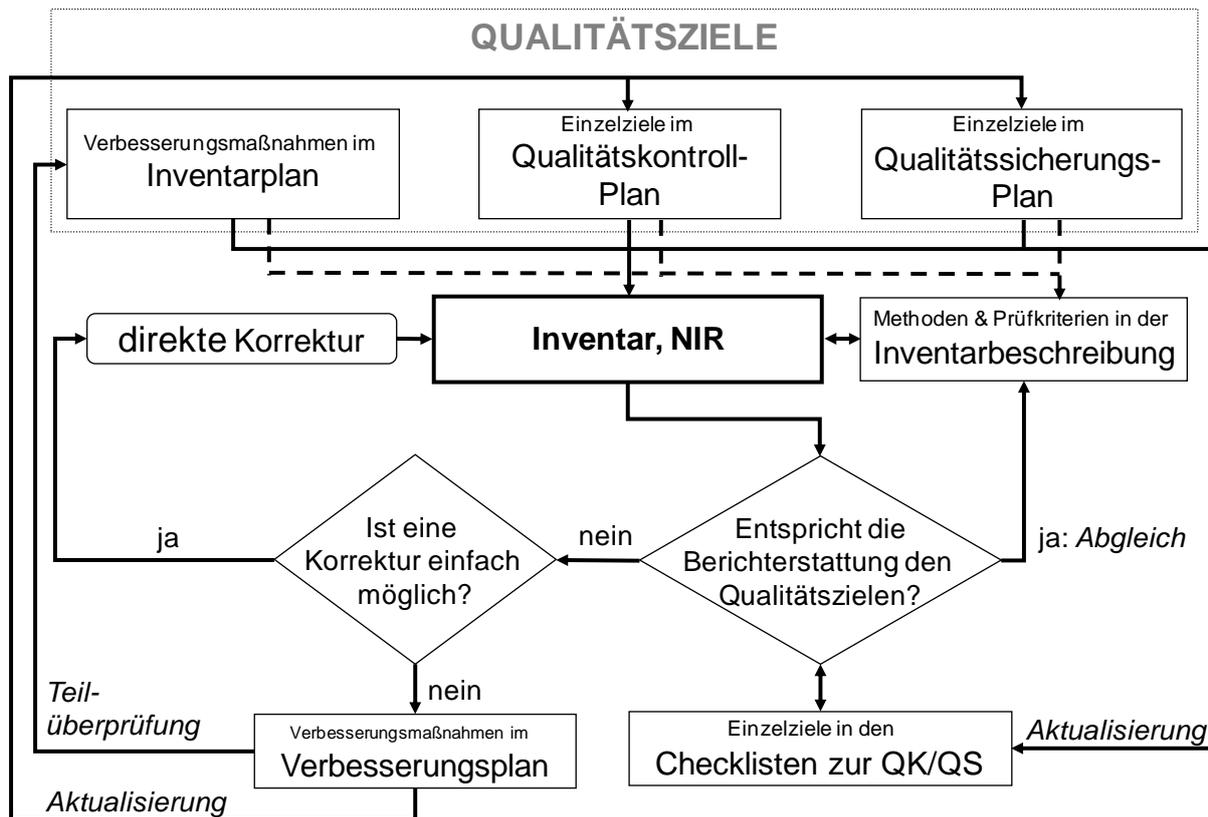


Abbildung 8: Steuerung und Dokumentation

Die allgemeine Beschreibung der **Qualitätsziele** erfolgt im QSE-Handbuch und leitet sich aus den 2006 *IPCC Guidelines (Vol.1, Kapitel 6)* ab. Darüber hinaus sind für die einzelnen Kategorien operative Einzelziele zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung aus dem Vergleich zwischen den Anforderungen aus den 2006 *IPCC Guidelines*, den Ergebnissen der unabhängigen Inventarüberprüfung, den im NIR gemeldeten Verbesserungsnotwendigkeiten und der Inventarrealität abzuleiten.

Gemäß den Anforderungen der IPCC 2006 *IPCC Guidelines (Vol.1, Kapitel 6)* und Paragraph 19 der *Reporting Guidelines (24/CP.19)* sollen die für die Emissionsberichterstattung notwendigen QK/QS-Maßnahmen in einem QK/QS-Plan zusammengefasst werden. Dabei ist die primäre Aufgabe eines QK/QS-Plans, diese Maßnahmen zu organisieren, zu planen und zu überwachen. Um die Durchführung und Kontrolle von Maßnahmen zur Erreichung der Qualitätsziele transparent und effektiv zu steuern, sind sie im **Qualitätskontrollplan (QK-Plan)** und **Qualitätssicherungsplan (QS-Plan)** rollenspezifisch sowie kategoriespezifisch vorgegeben. Dabei können die Qualitätsziele das Inventar, den Prozess der Berichterstattung oder das QSE selbst zum Gegenstand haben. Im Qualitätssicherungsplan erfolgt zusätzlich die zeitliche Planung von Qualitätssicherungsmaßnahmen, die sowohl durch interne, im Wesentlichen aber durch unabhängige und externe Dritte vorgenommen werden. Beide Pläne haben den Charakter eines Vorgabedokuments.

In ihrer Struktur sind QK- und QS-Plan mit den **Checklisten zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung** kombiniert, die zur Überprüfung und Dokumentation der erfolgreichen Durchführung der QK/QS dienen. Hierbei sind die Qualitäts-Checks nicht als Prüfungen sondern als Qualitätsziele (data quality objective gemäß 2006 IPCC GL, Vol. 1, Kapitel 6.5) definiert, deren Einhaltung jeweils zu bestätigen oder deren Nichteinhaltung zu begründen ist.

Die Checklisten zur QK/QS sind von den Teilnehmern des NaSE<sup>16</sup> parallel zur Inventarerstellung auszufüllen und dienen zum einen der sofortigen Verbesserung. Falls eine sofortige Verbesserung aber nicht möglich ist, geben sie statt dessen wichtige Auskunft über die Güte der dem Inventar zugrunde liegenden Daten, Methoden und Texte). Die systematische QK/QS in Form von Checklisten wurde vom UBA erstmalig für die Berichterstattung 2006 mit den Teilnehmern des NaSE durchgeführt. Seitdem werden die Checklisten der allgemeinen Qualitätskontrolle in jedem Berichtsjahr und für alle berichteten Kategorien ausgefüllt, also sowohl für Hauptkategorien, als auch für solche, die dies nicht sind. Seit der Berichterstattung 2007 sind die Checklisten in elektronischer Form im Einsatz. Ebenfalls mit der Berichterstattung 2007 wurden die allgemeinen QK-Prüfungen (ehemals Tier 1) um einige kategoriespezifische QK-Prüfungen (ehemals Tier 2), bezogen auf Hauptkategorien, erweitert. Mit den Berichterstattungen 2008, 2009 und 2010 wurden die Checklisten für die Fachexperten und die fachlichen Ansprechpartner umfassend überarbeitet. Ziel der Überarbeitung war es, die Verständlichkeit, Anwendbarkeit und Übersichtlichkeit der Checklisten weiter zu verbessern. Um den Erfolg dieser Verbesserungsaktivität zu gewährleisten wurde eine Auswahl des betroffenen Personenkreises in die Überarbeitung einbezogen. Inhaltliche Anforderungen, sind dabei nicht verändert worden. Die CHKL werden jährlich auf etwaigen Aktualisierungsbedarf überprüft und ggf. überarbeitet oder ergänzt. Im gleichen Maße wie die Checklisten werden auch QK- und QS-Plan kontinuierlich weiterentwickelt. Mit Berichterstattung 2013 wurden erstmalig die vormals kategoriespezifischen Checklisten der QKV auf eine einzelne übergeordnete Checkliste je QKV umgestellt. Dies geschah im Wesentlichen um die Übersichtlichkeit über den QK/QS-Prozess für das Führungspersonal zu verbessern/erleichtern und aus Gründen der Ressourceneffizienz.

Mit der Berichterstattung 2015 wurden sichergestellt, dass die allgemeinen Checklisten die überarbeiteten Anforderungen der 2006 *IPCC Guidelines (Vol. 1, Kapitel 6)* erfüllen. Fehlende Anforderungen wurden ergänzt.

Beide Pläne und die QK/QS-Checklisten stellen Instrumente zur Überprüfung der Erfüllung der internationalen Anforderungen dar und ermöglichen die Steuerung der Inventarqualität über die Initiierung von Maßnahmen zur Qualitätssicherung gemäß Paragraph 13 der *Guidelines for National Systems*.

Im **Verbesserungsplan** werden zunächst alle Verbesserungsmöglichkeiten und zusätzlich die Beanstandungen aus den Ergebnissen der unabhängigen Inventarüberprüfung, die im Rahmen des jeweils abgeschlossenen Zyklus der Emissionsberichterstattung identifiziert wurden, gesammelt und mit möglichen Korrekturmaßnahmen hinterlegt. Diese Korrekturmaßnahmen werden durch die Nationale Koordinierungsstelle kategorisiert, mit Prioritäten versehen und in Rücksprache mit den Fachverantwortlichen in der Regel vollständig in den **Inventarplan** überführt. Dort werden sie mit Terminen und Verantwortlichkeiten hinterlegt. Der Inventarplan durchläuft als Anhang des NIR den Abstimmungs- und Freigabeprozess und stellt somit ein verbindliches Vorgabedokument für die im kommenden Berichtsjahr umzusetzenden Verbesserungsmaßnahmen dar.

Die **Inventarbeschreibung** wird in der Nationalen Koordinierungsstelle als zentrale Dokumentation für die einzelnen Kategorien geführt. In ihr werden alle wesentlichen Aspekte der Inventarerstellung beschrieben. Alle kategoriespezifischen Arbeiten, die relevant für die

---

<sup>16</sup> Hierzu gehören Fachverantwortliche (FV), Fachliche Ansprechpartner (FAP), Qualitätskontrollverantwortliche (QKV) und der NIRK (Kordinator für den Nationalen Inventar Report)

Inventarerstellung sind, sind hierin zu dokumentieren. Die Inventarbeschreibung besteht aus einem serverbasierten Ordnersystem, das sowohl auf mobilen Geräten, als auch auf den Arbeitsplatzrechnern der im Rahmen der Emissionsberichterstattung tätigen Personen verfügbar ist. Die Pflicht zur Erstellung der beschriebenen Dokumentationen wurde über eine Hausanordnung (siehe Kapitel 1.3.3.1.1) im UBA festgeschrieben und bildet die wesentliche Grundlage für die Archivierung der Inventarinformationen gemäß den Anforderungen aus Paragraph 27 (a) der *Reporting Guidelines* (24/CP.19).

- Aus vielfältigen Gründen sieht das Dokumentationskonzept, ein überwiegend, aber nicht ausschließlich zentrales Archiv vor. Ausschlaggebend für diese Entscheidung waren der umfangreiche und teilweise dezentrale Datenbestand, auf dessen Grundlage das deutsche Inventar berechnet wird,
- die teilweise externen Zuständigkeit für diese Daten,
- Aspekte der Geheimhaltung, die aus rechtlichen Gründen einer Weitergabe von Einzeldaten zum Zwecke der Archivierung an einer zentralen Stelle entgegenstehen.

In der Inventarbeschreibung werden Informationen vorgehalten, wo solche nicht zentral hinterlegten Dokumente zu finden sind.

#### **1.3.3.1.6 Das QSE-Handbuch**

Mit dem „Handbuch zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Erstellung von Emissionsinventaren und der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen sowie der EU Entscheidung 525/2013/EG“ wurden die internationalen Anforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Emissionsberichterstattung für das Nationale System Emissionsinventare (NaSE) in Deutschland spezifiziert. Es gilt verbindlich für das Umweltbundesamt und beschreibt das Qualitätssystem Emissionsinventare (QSE).

Das QSE-Handbuch wurde über eine Hausanordnung im Umweltbundesamt in Kraft gesetzt (siehe Kapitel 1.3.3.1.1). Es ist mit seinen mitgeltenden Unterlagen im Intranet des UBA veröffentlicht.

#### **1.3.3.1.7 Unterstützung UNFCCC-Review**

Neben den eigenen Maßnahmen der Qualitätskontrolle und -sicherung geben die Ergebnisse des UNFCCC-Review wichtige Impulse für die Inventarverbesserung. Insofern liegt die Erfüllung der Anforderungen zur Bereitstellung archivierter Inventarinformationen für den Überprüfungsprozess und der Beantwortung von Fragen der sachkundigen Überprüfungsgruppen im Eigeninteresse der Nationalen Koordinierungsstelle. Mit entsprechender Priorität wurden diese Aspekte bei der Konzeption des QSE berücksichtigt.

#### **1.3.3.1.8 Nutzung der Monitoring-Daten des Europäischen Emissionshandels zur Verbesserung der THG-Emissionsinventare**

Für Kategorien, die berichtspflichtige Anlagen unter dem CO<sub>2</sub>-Emissionshandelsregime (ETS) beinhalten, werden die Monitoring-Daten des Europäischen Emissionshandels zur Qualitätsverbesserung der jährlichen nationalen Emissionsinventare genutzt.

Durchgeführte Vergleiche haben die Nutzbarkeit zur Verifizierung einzelner Kategorien und Identifikation von Fehlstellen prinzipiell bestätigt. Für die regelmäßige Nutzung wurde für den

jährlich erforderlichen Datenaustausch ein formalisiertes Verfahren mit terminlichen und ablaufmäßigen Festlegungen vereinbart.

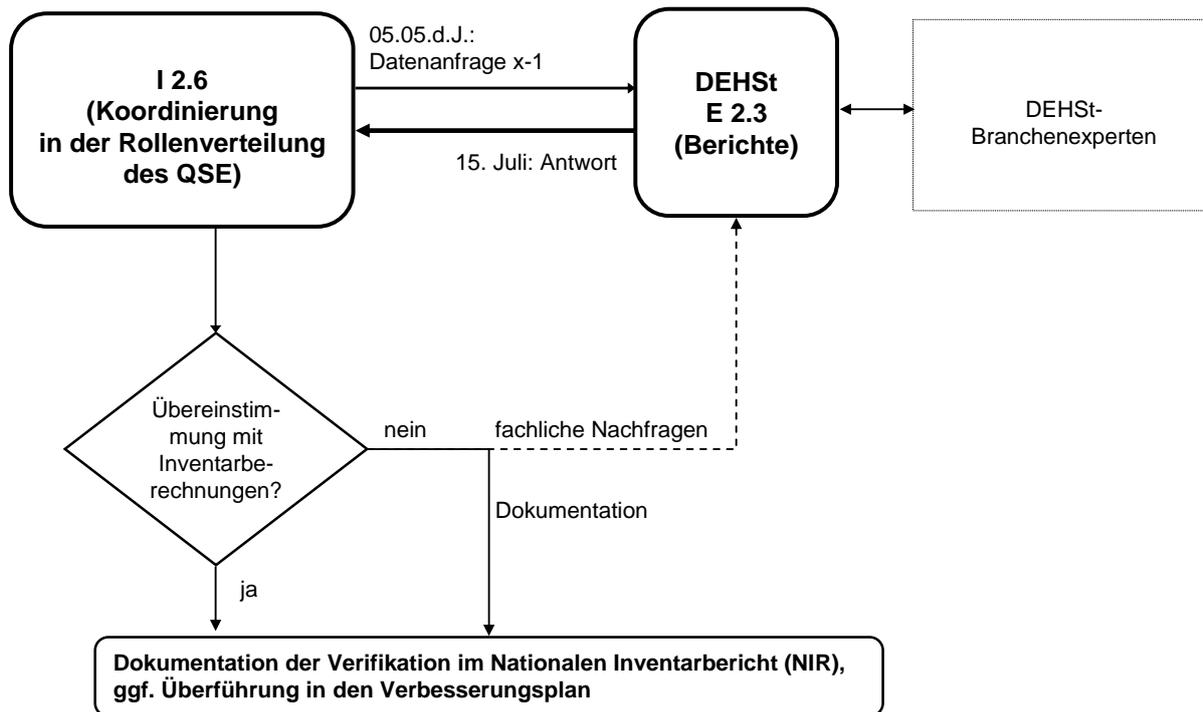


Abbildung 9: Verfahrensablauf für die jährliche Inventar-Verifikation mit ETS-Monitoring-Daten

Zu Details der Datenverwendung in der QK/ QS siehe auch Kapitel 1.6.2.1 Verifizierung ausgewählter Kategorien.

## 1.4 Kurze, allgemeine Beschreibung der angewandten Methodik und Datenquellen

### 1.4.1 Treibhausgas-Inventar

#### 1.4.1.1 Datenquellen

##### 1.4.1.1.1 Energie

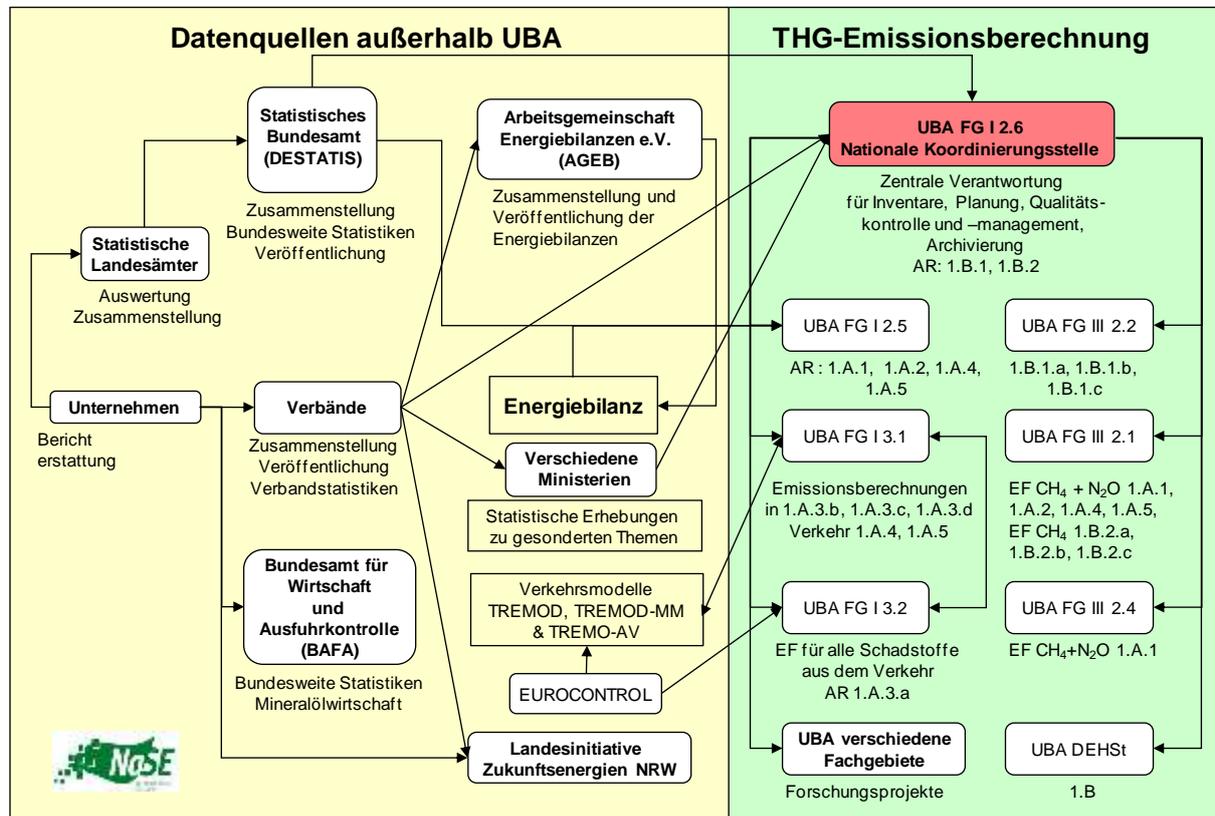


Abbildung 10: Verantwortlichkeiten und Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen im Energiebereich

Die wohl wichtigsten Datenquellen für die Ermittlung der Aktivitätsraten für die Kategorie 1.A sind die „Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland“ (nachfolgend: Energiebilanz), die von der *Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB)* herausgegeben werden. Die Energiebilanz bietet eine Übersicht über die energiewirtschaftlichen Verflechtungen innerhalb der Bundesrepublik und erlaubt eine Aufteilung nach Brennstoffen und Kategorien. Die Energiebilanz bezieht ihre Daten wiederum von einer Vielzahl anderer Quellen.

Mit Beauftragung der AGEB für die Erstellung der Energiebilanzen 2007 – 2012 und im Anschluss von 2013-17 durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie wurde die AGEB zur Anwendung der Mindestanforderungen zur Qualitätssicherung des Nationalen Systems verpflichtet. für die Energiebilanzen der letzten Jahre liegen Qualitätsberichte des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung (DIW) und der Energy Environment Forecast Analysis GmbH Co. KG vor, in denen die Maßnahmen zur Qualitätssicherung und -kontrolle beschrieben wurden. Seit 2012 legt die AGEB einen gemeinsamen Qualitätsbericht für die Energiebilanz vor (siehe Kapitel 18.4.1). Ebenfalls seit 2012 hat die AGEB einen Aktionsplan Energiedaten Inventarverbesserung (s. Kapitel 18.5) erarbeitet, in dem dargelegt wurde wie

den Beanstandungen aus der Inventarüberprüfung Rechnung getragen werden soll. Damit wird der Forderung aus Paragraph 39 des Überprüfungsbericht 2011 (FCCC/ARR/2011/DEU) nach einem Aktionsplan entsprochen.

Begleitend zur eigentlichen Energiebilanz erscheint die *Satellitenbilanz Erneuerbare Energieträger* (nachfolgend: Satellitenbilanz). In dieser wird das Aufkommen und der Verbrauch erneuerbarer Energieträger detailliert aufgeführt. Die Satellitenbilanz erscheint zusammen mit der Energiebilanz.

Eine weitere wichtige Datenquelle für die Ermittlung der Aktivitätsraten ist das *Statistische Bundesamt*. Verwendet werden die *Fachserien 4 Reihe 4.1.1, Reihe 6.4*, und für die Abfalldaten die Fachserie 19. Diese Daten sind zeitnah verfügbar (ungefähr ein Jahr nach Datenerhebung) und bieten insbesondere eine feine Untergliederung des Verarbeitenden Gewerbes. Zur weiteren Differenzierung der Daten und für Detailfragen werden vom Statistischen Bundesamt Sonderauswertungen zur Verfügung gestellt.

Für den Eisen und Stahl Bereich werden seit der Berichterstattung 2012 Daten der Wirtschaftsvereinigung Stahl genutzt, die u.a. den sogenannten BGS-Bogen (Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Press- und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokerei)) der zum 31.12.2009 eingestellten „Fachserie 4, Reihe 8.1“ ersetzen.

Als zusätzliche Datenquelle wird die STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT, insbesondere deren jährliche Veröffentlichung "Der Kohlenbergbau in der Energiewirtschaft der Bundesrepublik Deutschland" genutzt. Weiterhin werden vom Bundesverband Braunkohle (DEBRIV) Sonderauswertungen zur genaueren Differenzierung der eingesetzten Rohbraunkohlen verwendet. Zusätzlich liefert DEBRIV die nötigen Daten zur Berechnung der Brennstoffeinsätze zur Braunkohlentrocknung.

Eine weitere Datenquelle sind die *Mineralöl-Zahlen* des *Mineralölwirtschaftsverbandes e.V. (MWV)*, die Angaben zum Mineralölaufkommen und –verbrauch in Deutschland, differenziert in verschiedene Erzeugungs-, Umwandlungs- und Anwendungssektoren, enthalten. Die Statistik, die eine wesentliche Grundlage der nationalen Energiebilanz darstellt, wird nur wenige Monate nach Erhebung der Daten veröffentlicht und ist damit relativ zeitnah verfügbar.

Die zur Energieerzeugung eingesetzten Mengen an Sekundärbrennstoffen (verbucht unter CRF 1.A.2) werden dem Leistungsbericht des Verbandes der Papierindustrie und Berichten des Verbandes der Zementindustrie (VDZ) entnommen.

Die Emissionsfaktoren für die in Kategorie 1.A beschriebene stationäre Feuerung stammen im Wesentlichen aus den ETS Monitoringdaten der DEHSt und aus vom UBA initiierten Forschungsprojekten.

Für die Erhebung der Emissionen des Verkehrs (1.A.3) werden neben den Angaben aus den Energiebilanzen auch die *Amtlichen Mineralöl-daten des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)* und die *Mineralöl-Zahlen* des MWV verwendet.

Für die Erhebung der Emissionen des Verkehrs (1.A.3) werden neben den Angaben aus den Energiebilanzen auch die *Amtlichen Mineralöl-daten des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)* und die *Mineralöl-Zahlen* des MWV verwendet.

Für den Straßenverkehr werden die Erhebungen dabei überwiegend mit Hilfe des Modells *TREMOT* („*Transport Emission Estimation Model*“; aktuell: Version 5.5.2, IFEU, 2014)<sup>17</sup> durchgeführt. Für die in *TREMOT* stattfindenden Berechnungen werden zahlreiche Basisdaten aus allgemein zugänglichen Statistiken und speziellen Untersuchungen verwendet, aufeinander abgestimmt und ergänzt. Eine genaue Beschreibung der Datenquellen zu den Emissionsfaktoren findet sich im „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (HBEFA, Version 3.2) (INFRAS, 2014).

Für den Flugverkehr kommen neben den oben genannten Quellen für Verbrauchsdaten u.a. auch Daten der *europäischen Luftsicherheitsbehörde (EUROCONTROL)* und des *Statistischen Bundesamtes* zum Einsatz: Die Aufteilung von Kraftstoffverbräuchen und Emissionen auf nationalen und internationalen Flugverkehr erfolgt auf Basis von realen Flugbewegungen ermittelten jahresspezifischen Splitfaktoren. Diese werden für die Jahre ab 2003 von Eurocontrol zur Verfügung gestellt. Für alle Jahre davor werden diese aber durch vom Statistischen Bundesamt erfassten Flugbewegungen (Anzahl von Starts und Landungen) abgeleitet. Ebenfalls anhand der vom Statistischen Bundesamt erfassten Flugbewegungen erfolgt die Aufteilung von Verbräuchen und Emissionen auf die verschiedenen Flugphasen. Die Weiterverarbeitung der vielfältigen Eingangsdaten erfolgt innerhalb *TREMOT-AV*, einem eigenständigen Moduls der Datenbank *TREMOT*. - Von Eurocontrol bereitgestellte landesspezifische Verbrauchs- und Emissionsdaten werden derzeit lediglich zur Verifikation der eigenen Angaben herangezogen. Für die Erhebung der Emissionen der weiteren mobilen Quellen (in 1.A.4. und 1.A.5.) wird ebenfalls auf die Angaben von AGEB, BAFA sowie MWV zurückgegriffen. Eine Sonderstellung nimmt hier der militärische Verkehr (1.A.5.b) ein, für den die Verbrauchsdaten, da diese ab 1995 in den Energiebilanzen nicht mehr gesondert ausgewiesen werden. Die Verbrauchsdaten für den militärischen Land- und Flugverkehr entstammen den amtlichen Mineralöldata des BAFA, die des militärischen Seeverkehrs einem am Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie entwickelten Modell (BSH, 2015)

Da gesonderte Angaben zum Einsatz von Biokraftstoffen in Bau- und Landwirtschaftlichen Verkehr, mobilen Quellen der Haushalte sowie militärischem Verkehr fehlen, werden die jährlichen Mengen anhand der offiziellen Beimengungsraten berechnet.

Daten zu den Kategorien der Kategorie 1.B.1 werden aus den Veröffentlichungen der Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., des Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), des DEBRIV, der Deutschen Montan Technologie GmbH (DMT) und der Deutschen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. (DGMK), Interessenverband Grubengas e.V. (IVG) herangezogen.

Wesentliche Grundlage ist hierbei die Statistik der Kohlenwirtschaft. Die Bearbeitung erfolgt unter Einbeziehung von Bundes- und Landesministerien, beziehungsweise deren Behörden (u.a. Landesoberbergämter) und unter Bezugnahme auf Berichte und Stellungnahmen der Landesinitiative Zukunftsenergien NRW (hier AG Grubengas). Die Koordination der Inventarerstellung erfolgt mit Unterstützung des Gesamtverbandes Steinkohle (GVSt).

Daten zu den Kategorien der Kategorie 1.B.2 werden aus den Veröffentlichungen des *Statistischen Bundesamtes* Deutschland, des Mineralölwirtschaftsverband e.V. (MWV), der Deutschen Wissenschaftlichen Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. (DGMK), des

---

<sup>17</sup> Um Minderungsmaßnahmen ableiten und bewerten zu können, werden mit *TREMOT* auch der Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Fahrzeugkategorien berechnet. Die Werte werden anschließend mit dem Gesamtverbrauch und der Gesamtemission an CO<sub>2</sub> abgeglichen.

Wirtschaftsverbandes Erdöl und Erdgasgewinnung e.V. (WEG) und der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW), der Gasstatistik des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) und der Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) herangezogen.

**1.4.1.1.2 Industrieprozesse**

Für die Aktivitätsdaten der Mineralischen Industrie werden überwiegend Verbandsstatistiken herangezogen. Die Daten für die Zementindustrie (2.A.1) stammen vom Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) bzw. dessen Forschungsinstitut unter Beteiligung des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie e.V. (BDZ). Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Monitorings der freiwilligen Selbstverpflichtung der Industrie zum Klimaschutz veröffentlichten Daten. Die Produktionszahlen für Kalk und Dolomitkalk (2.A.2) werden vom Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V. (BV Kalk) anlagenscharf erhoben und jährlich in aggregierter Form bereitgestellt. Die Produktionszahlen für die Herstellung von Glas (2.A.3) werden den regelmäßig erscheinenden Jahresberichten des Bundesverbandes Glasindustrie entnommen, wobei Hilfsgrößen zum Glasrecycling anderen Statistiken entstammen. Die Produktionsentwicklung der Keramischen Industrie (2.A.4.a) wird unter Verwendung der amtlichen Statistik und Umrechnungsfaktoren des Bundesverbandes der Ziegelindustrie berechnet. Die Verwendung von Soda (2.A.4.b) erfolgt durch eine Expertenschätzung des Umweltbundesamtes. .

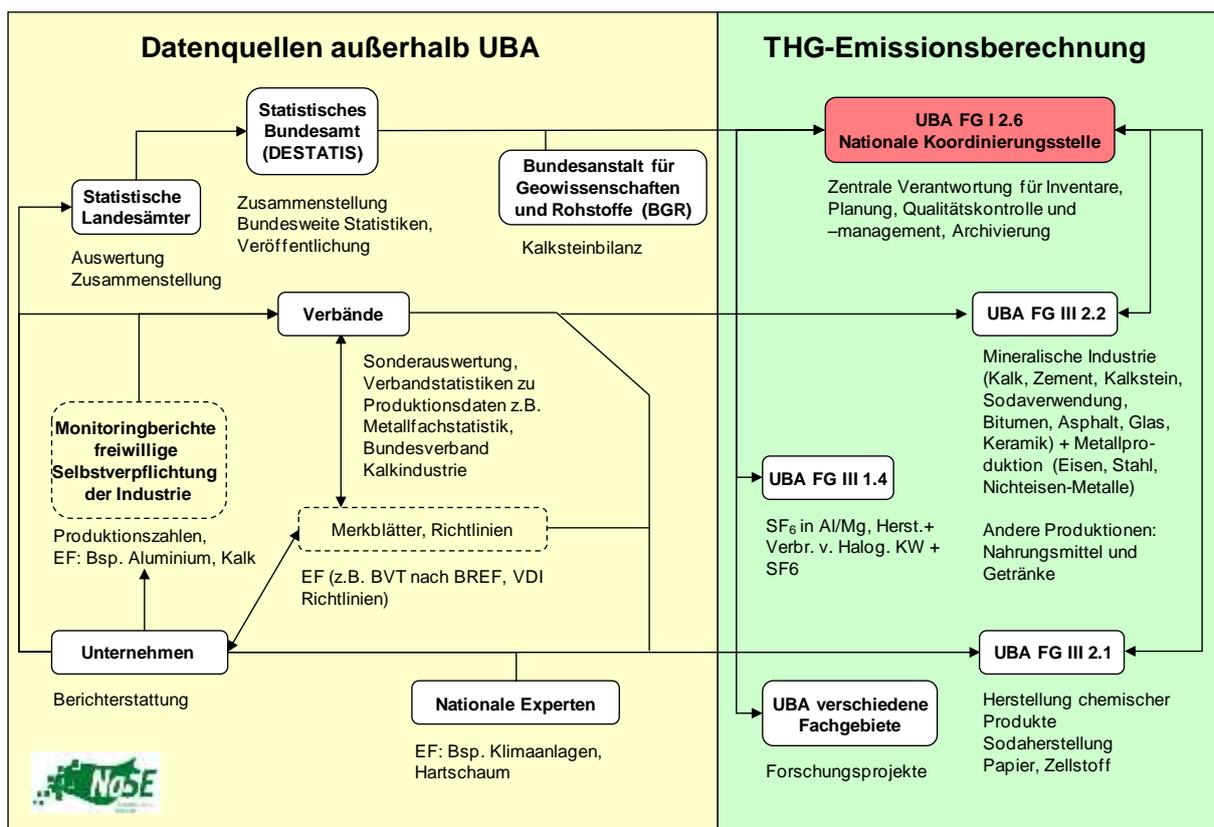


Abbildung 11: Verantwortlichkeiten und Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der Industrieprozesse

Für die Emissionsfaktoren der Mineralischen Industrie werden vielfältige Quellen genutzt. Der für die Emissionsberechnung der Zementklinkerherstellung (2.A.1) verwendete Emissionsfaktor beruht auf einer Berechnung des Vereins Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ)

durch Aggregation anlagenspezifischer Daten. Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kalkherstellung (2.A.2) und der Sodaverwendung (2.A.4.b) erfolgt über stöchiometrische Faktoren. Die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für verschiedene Glassorten (2.A.3) sind aus der Glaszusammensetzung und für die Keramische Industrie (2.A.4) aus dem Rohstoffinput von Fachverantwortlichen im UBA abgeleitet worden.

In der Kategorie 2.B Chemische Industrie werden die Aktivitätsdaten aus Daten des *Statistischen Bundesamtes (Fachserie 4 Reihe 3.1)* und direkten Hersteller- und Verbandsangaben ermittelt. Teilweise sind diese Daten vertraulich. Die Emissionsfaktoren sind von Experten im UBA, in Forschungsvorhaben oder von den Herstellern ermittelt worden. Für 2.B.1 Ammoniak-Produktion und 2.B.2 Salpetersäure-Produktion wurden bis 2008 die Aktivitätsdaten vom *Statistischen Bundesamt* erhoben. Seit 2009 werden die Daten für Ammoniak- und Salpetersäureproduktion aufgrund einer Vereinbarung mit der chemischen Industrie für die gesamte Zeitreihe ab 1990 von den Herstellern anlagenspezifisch erhoben und an den Verband weiter gegeben, der diese anonymisiert an das UBA weiterleitet. Dafür ermitteln die Hersteller neben der Aktivitätsrate jeweils für 2.B.1 die Emissionen und für 2.B.2 die Emissionsfaktoren. Für 2.B.3 Adipinsäure-Produktion wurden bis Mitte der 90er Jahre anlagenspezifische Aktivitätsdaten geliefert. Für diese wurde der Default-EF für N<sub>2</sub>O verwendet. Inzwischen liefern die Anlagenbetreiber auf vertraulicher Basis die Emissionsangaben direkt an das UBA. Auch für Adipinsäure ist durch eine Vereinbarung im Jahr 2009 die Datenlieferung langfristig gesichert worden. Die Default-EF für NO<sub>x</sub>, CO und NMVOC der IPCC sind von den Produzenten in Deutschland nicht nachvollziehbar, weshalb für diese bisher keine Emissionen berichtet werden. In 2.B.4 spielen nur Emissionen aus der Herstellung von Caprolactam eine Rolle. Die Aktivitätsraten konnten bis 2008 vom *Statistischen Bundesamt* zur Verfügung gestellt werden. Seitdem wird aufgrund einer Anpassung der nationalen Produktionsstatistik an internationale Vorgaben Caprolactam nicht mehr einzeln ausgewiesen, so dass eine Fortschreibung der vertraulichen Aktivitätsraten erfolgt. Die Emissionsfaktoren wurden durch ein Forschungsvorhaben und Herstellerangaben ermittelt. Da es für die Calciumcarbid-Produktion (2.B.4) in Deutschland nur einen Hersteller gibt, sind die Daten vertraulich. Das Umweltbundesamt erhält diese direkt vom Hersteller. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Titandioxidproduktion liegen unter dem Schwellenwert, weshalb sie nicht berichtet werden (2.B.6). Die Gesamtsumme an produziertem Soda (2.B.7) wird vom Statistischen Bundesamt erhoben. Die Emissionsfaktoren wurden aus den ETS Monitoringdaten der DEHSt abgeleitet. Für die Herstellung der unter 2.B.8 Petrochemikalien- und Industrierußherstellung aufgeführten Produkte werden die Aktivitätsdaten aus Statistiken des *Statistischen Bundesamtes* entnommen; teilweise unterliegen sie einer Vertraulichkeit. Die Emissionsfaktoren stammen aus Experten-Schätzungen, Forschungsvorhaben und Default-Angaben der IPCC-Guidelines. Im Bereich der Produktion der halogenierten Kohlenwasserstoffe und SF<sub>6</sub> (2.B.9) werden die Daten über *Herstellerangaben* und *Umfragen bei Herstellern* ermittelt. Die Aktivitätsdaten werden zum überwiegenden Teil im Rahmen von Forschungsprojekten gezielt nach den Anforderungen des Inventars recherchiert, z.T. werden nur Emissionsdaten vom Hersteller zur Verfügung gestellt. Es sind in den einzelnen Unterkategorien jeweils nur wenige Unternehmen involviert, so dass diese Bereiche der Vertraulichkeit unterliegen. Unter 2.B.10 Sonstige werden Emissionen von Vorläufersubstanzen aus der Produktion von Schwefelsäure und Düngemittel berichtet. Die Aktivitätsdaten stammen aus Herstellerangaben, und Daten des Statistischen Bundesamtes. Die Emissionsfaktoren stammen aus Experten-Schätzungen und Forschungsvorhaben.

Die Aktivitätsdaten der Metallindustrie (2.C) werden vom Statistischen Bundesamt den einschlägigen Verbänden (Stahlinstitut VDEh, Wirtschaftsvereinigung Metalle und Gesamtverband der Aluminiumindustrie) und Industriegasehändlern geliefert. Die Emissionsfaktoren der Metallindustrie (2.C) werden in der Regel durch die Facheinheiten im Umweltbundesamt berechnet, z.T. werden Emissionsfaktoren von Industrieverbänden zur Verfügung gestellt oder auch IPCC Default Werte benutzt.

Eine Ausnahme bildet die Kategorie Ferroalloys, hier werden die Aktivitätsdaten aus einer Statistik des UK Geological Survey verwendet, die Emissionsfaktoren stammen aus einem Forschungsvorhaben bzw. es werden auch IPCC Default Werte genutzt.

In der Kategorie 2.D Nichtenergetische Produkte aus Brennstoffen und Lösemittel stammen die Aktivitätsraten aus veröffentlichten Erhebungen des Statistischen Bundesamtes und anderer Bundesbehörden (Produktions- und Außenhandelsstatistik, Mineralölstatistik) sowie von den einschlägigen Verbänden (Industrieverband Bitumen-Dach- und Dichtungsbahnen e.V. (vdd), Deutscher Asphaltverband (DAV)). Die Aktivitätsdaten werden ergänzt durch Branchenstatistiken und Informationen von Fachexperten.

Die Emissionsfaktoren stammen aus unterschiedlichen Quellen: so werden die Emissionsfaktoren für die Schmiermittel- und Paraffinwachsenanwendung von der Facheinheit im Umweltbundesamt mit Hilfe von IPCC-Default-Werten berechnet; wobei NMVOC-Emissionen aus der Schmiermittelanwendung gemäß 2006 IPCC-Richtlinie nur als CO<sub>2</sub>-Emissionen angegeben werden. Die Emissionsfaktoren für die Herstellung und Verlegung von Dach- und Dichtungsbahnen (2.D.3) sowie für die Herstellung von Asphaltmischgut (2.D.3) beziehen sich nur auf NMVOC und sind Forschungsberichten entnommen.

Die Emissionsfaktoren und die anderen Parameter, die in die Berechnung der Emissionen aus der Lösemittelverwendung eingehen, sind nationalen Studien und Fachgutachten oder vom UBA direkt beauftragten Forschungsprojekten entnommen, teilweise basieren sie auch auf Expertenangaben aus Branchendialogen.

Genauere Angaben zu den Emissionsfaktoren sind in der Methodenbeschreibung der einzelnen Kategorien zu finden. Die Aktivitätsdaten für die Elektronikindustrie (2.E), die Produktverwendung als Ersatz von ODS (2.F) und Andere Produktherstellung und –verwendung (2.G) werden aus Hersteller- und Verbandsangaben, aus Erhebungen des Statistischen Bundesamtes und anderer Bundesbehörden, sowie mit Hilfe von Berechnungsmodellen ermittelt. In Einzelfällen liegen auch direkt vom Hersteller Emissionsangaben vor. Die Daten unterteilen sich in mehrere Subkategorien. Die Produktverwendung als Ersatz von ODS unterteilt man außerdem in Herstellungs-, Anwendungs- und Entsorgungsemissionen. Auch in diesen Kategorien unterliegen die Daten in einigen Bereichen der Vertraulichkeit.

Die Emissionsfaktoren für die fluorierten Treibhausgase werden teilweise aus nationalen und internationalen Merkblättern und Richtlinien entnommen, aus Expertenbefragungen gewonnen oder es werden IPCC Default-Werte übernommen.

Im Bereich 2.H.1 Andere Produktionen: Zellstoff- und Papierherstellung werden die Daten des Leistungsberichtes des Verbandes Deutscher Papierfabriken verwendet. Im Bereich 2.H.2 Andere Produktionen: Nahrungsmittel und Getränke werden Daten der Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie (BVE), des Statistischen Bundesamtes und des

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) genutzt. Emissionsfaktoren stammen aus einem Forschungsvorhaben, das 2008 abgeschlossen wurde.

1.4.1.1.3 **Landwirtschaft**

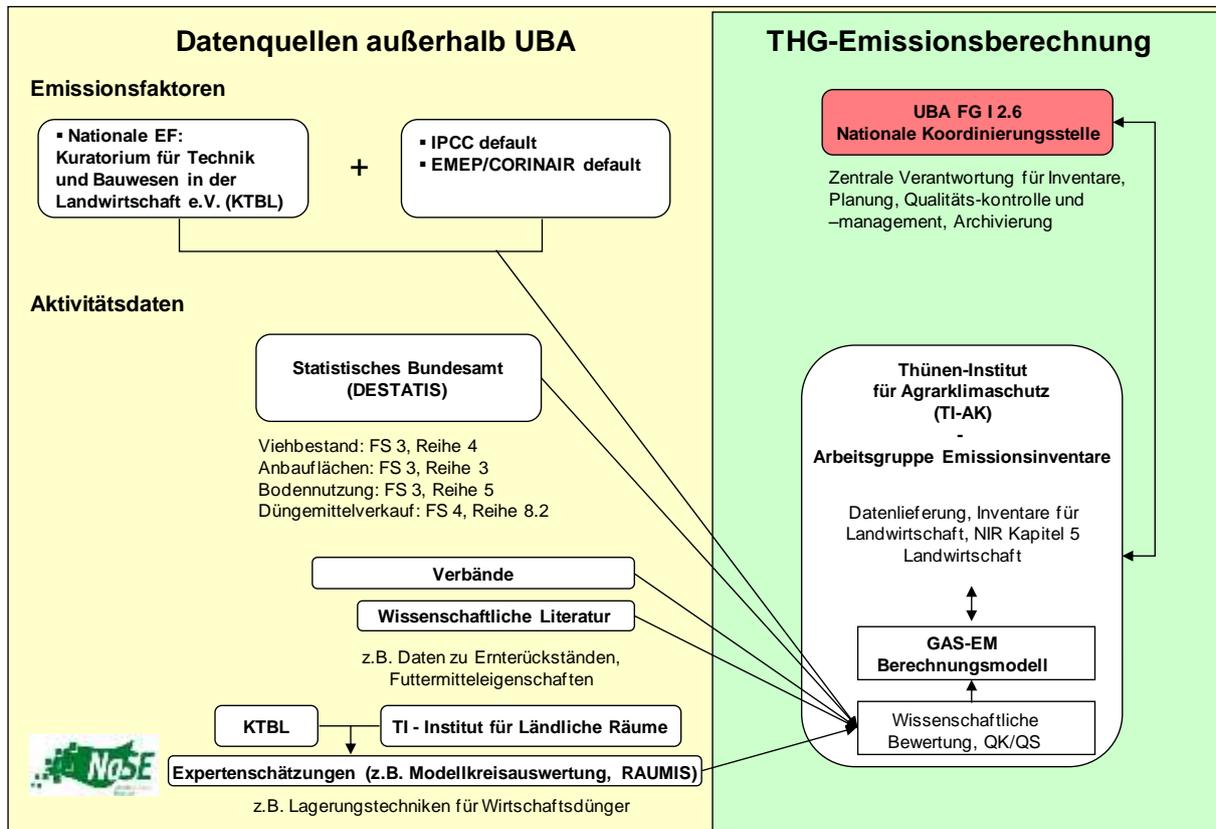


Abbildung 12: Verantwortlichkeiten und Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft

Die Berechnungen der Emissionen für die Kategorie 3 (Landwirtschaft) erfolgen durch das von Thünen Institut (TI). Zur Berechnung der landwirtschaftlichen Emissionen in Deutschland wurde von BMUB und BMEL ein Projekt initiiert, wonach die damalige FAL ein modulares Tabellenkalkulations-Modell (GASeous Emissions, GAS-EM) entwickelte (DÄMMGEN et al, 2002 & HAENEL et al. 2012). Den Daten- und Informationsaustausch und den Betrieb einer gemeinsamen Datenbank bei UBA und FAL regeln BMUB und BMEL im Rahmen einer Rahmen-Ressortvereinbarung.

Die Agrarstatistik des Statistischen Bundesamtes stellt eine wesentliche Datenquelle für die Berechnung der Landwirtschaftsemissionen dar. Die Tierzahlen sind der Fachserie 3, Reihe 4 des Statistischen Bundesamtes entnommen (STATISTISCHES BUNDESAMT, FS3 R4), weitere Fachserien stellen die verkauften Düngermengen oder die Angaben zu landwirtschaftlichen Anbauflächen zur Verfügung. In einzelnen Bereichen werden diese Daten aus der Literatur ergänzt (z.B. Ernterückstände, empfohlene Düngergaben). Daneben liegen Daten aus speziellen Expertenschätzungen vor (beispielsweise eine Auswertung von Modell-Landkreisen hinsichtlich Lagerungstechniken für Wirtschaftsdünger).

Die Berechnungen im Bereich Landwirtschaft basieren in vielen Bereichen auf stark differenzierten Aktivitätsdaten, die auf der Basis nationaler Datenquellen erhoben worden sind. Diese werden in vielen Bereichen mit den Standard-Emissionsfaktoren der 1996b und 2006

IPCC Guidelines oder dem EMEP/EEA-Handbuch der United Nation Economic Commission for Europe (UN ECE) kombiniert.

#### 1.4.1.1.4 Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft

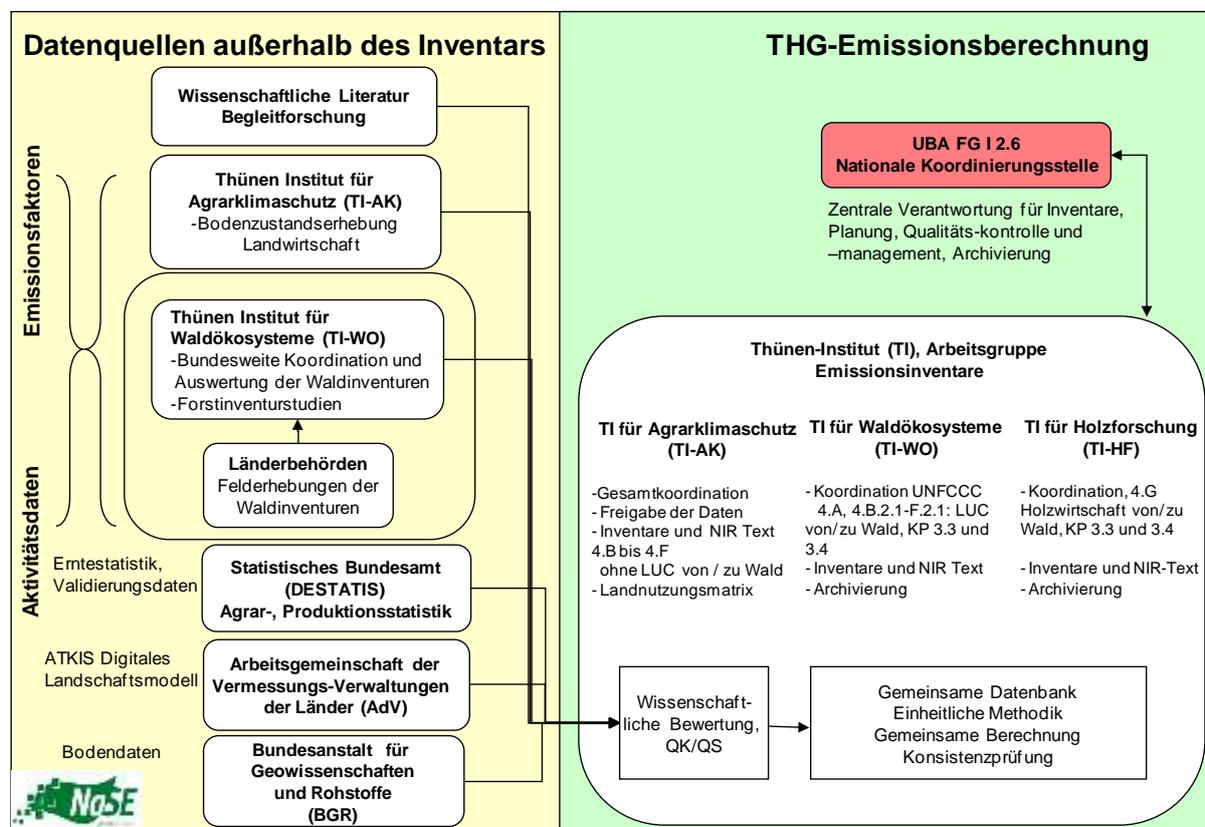


Abbildung 13: Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus dem Bereich Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF) und KP-LULUCF

In der Submission 2012 wurde eine konsistente einheitliche Methodik zur Erfassung von Landnutzungsänderungen im LULUC-Sektor und der Forstwirtschaft eingeführt. Die Methodik erweitert das stichprobenbasierte System für die Erfassung der Waldfläche und der Landnutzungsänderungen von und zu Wald auf alle Landnutzungskategorien und -änderungen.

Die Bodenkohlenstoffvorratsschätzung wird an Hand von nutzungsdifferenzierten Bodenkarten und Bodenprofildaten und der Bodenzustandserhebung (BZE) vorgenommen und die Veränderungen dieser Vorräte infolge Nutzungsänderungen mittels Änderungen in den mittleren Vorräten je Landnutzungskategorie abgeschätzt.

Die Schätzung der Kohlenstoffvorratsänderungen in der Biomasse erfolgt anhand der Angaben der Erntestatistik, der Bodennutzungshaupterhebung, der Bundeswaldinventur (BWI) und spezifischer Faktoren aus der wissenschaftlichen Literatur in Verbindung mit den Flächendaten.

Projekte zur Verbesserung von Aktivitätsdaten, vor allem aber zur Ermittlung landesspezifischer Emissionsfaktoren für Kohlenstoff und Stickstoff bzw. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O, z.B. Projekt „Organische Böden“ (seit 2009), Bodenzustandserhebung Landwirtschaft (seit 2011) u.a., werden die nationalen Abschätzungen der Emissionen und Festlegungen (emissions/removals) validieren bzw. verbessern.

## 1.4.1.1.5 Abfall und Abwasser

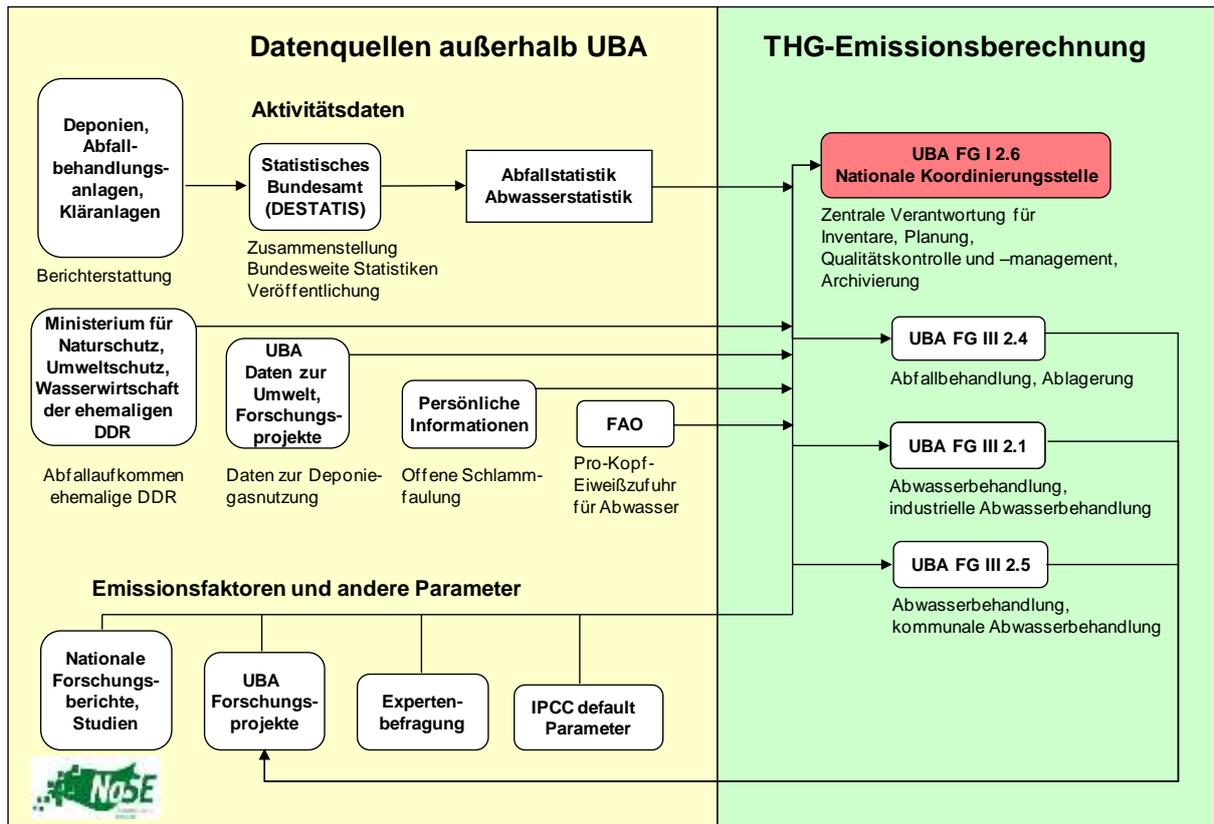


Abbildung 14: Datenfluss für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus dem Bereich Abfall und Abwasser

Für die Berechnung der Emissionen aus dem Bereich Abfall ist bezüglich der Methodik und der Wahl der Parameter und Daten für die Berechnungen das UBA-Fachgebiet *Abfalltechnik und Abfalltransfer* (FG III 2.4) zuständig. Bei der Neuberechnung der Emissionen aus der Deponierung (Entwicklung der Tier 2 Methode für die Bundesrepublik Deutschland) im Jahr 2003 sowie der Verfeinerung der Tier-2-Methode im Jahr 2006 wurde das UBA durch ein Forschungsprojekt unterstützt (ÖKO-INSTITUT, 2004b).

Für die Aktivitätsdaten im Bereich Abfall wird hauptsächlich auf veröffentlichte Daten des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen, das detaillierte und disaggregierte Zeitreihen liefert. Genaue Angaben, welche statistischen Fachserien und Quellen genutzt wurden, sind im Abschnitt Abfall enthalten. Das Statistische Bundesamt hat keine Daten zu Abfallmengen der ehemaligen DDR veröffentlicht. Hier wurde auf eine offizielle Quelle des Ministeriums für Naturschutz, Umweltschutz und Wasserwirtschaft der ehemaligen DDR zurückgegriffen. Die Berechnungen der Deponiegasnutzung basieren auf Daten der Energiebilanzen und der Fachserie 19 des Statistischen Bundesamtes. Im Rahmen des In-Country-Review 2010 wurde die Datenbasis für die Deponiegasnutzung aktualisiert. Daten der Gasfassung bei Deponien in der Nachsorgephase werden seit 2012 statistisch erfasst.

Die Emissionsfaktoren und die anderen Parameter, die in die Berechnung der Emissionen aus der Abfalldeponierung, der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung und der Kompostierung eingehen, stammen aus nationalen Studien und Forschungsberichten, aus vom UBA direkt beauftragten Forschungsprojekten. Darüber hinaus wurden auch IPCC default Parameter genutzt. Zu einigen wenigen Parametern (z.B. Wahl der Halbwertszeit) wurden

einzelne Experten befragt. Im entsprechenden Kapitel ist genauer dokumentiert, welche Parameter aus welchen Quellen stammen.

Für die Berechnung der Emissionen aus dem Bereich der industriellen Abwasser- und Schlammbehandlung (5.D.2) ist bezüglich der Methodik und der Wahl der Parameter und Daten für die Berechnungen das UBA-Fachgebiet *Übergreifende Angelegenheiten, Chemische Industrie, Feuerungsanlagen* (III 2.1) zuständig. Für die Berechnung der Emissionen aus dem Bereich der kommunalen Abwasser- und Schlammbehandlung (5.D.1) ist bezüglich der Methodik und der Wahl der Parameter und Daten für die Berechnungen das UBA-Fachgebiet *Überwachungsverfahren, Abwasserentsorgung* (FG III 2.5) zuständig.

Für die Aktivitätsdaten im Bereich Abwasser wird hauptsächlich auf veröffentlichte Daten des Statistischen Bundesamtes zurückgegriffen, das detaillierte und disaggregierte Zeitreihen liefert. Genaue Angaben, welche statistischen Fachserien und Quellen genutzt wurden, sind im Abschnitt Abwasser enthalten. Für die Pro-Kopf-Eiweiß-Zufuhr werden Daten der FAO verwendet.

Die Emissionsfaktoren und die anderen Parameter, die in die Berechnung der Emissionen aus der Abwasserbehandlung eingehen, stammen aus nationalen Studien und aus vom UBA direkt beauftragten Forschungsprojekten. Zudem werden IPCC default Parameter genutzt. Zu einigen wenigen Parametern und methodischen Fragen (z.B. Auftreten von CH<sub>4</sub>-Emissionen in aeroben Abwasserbehandlungsverfahren) wurden verschiedene Experten direkt befragt.

#### 1.4.1.2 Methoden

Die verwendeten Methoden für die einzelnen Kategorien werden in den Übersichtstabellen der einzelnen Kategorien und in den Summary Tables 3s1 und 3s2 der CRF-Berichtstabellen dargestellt. Zudem ist eine ausführliche Beschreibung in den jeweiligen Kategorienkapiteln zu finden.

Unterschieden werden Berechnungen nach länderspezifischen Methoden (CS – country specific), und nach in den einzelnen Kategorie unterschiedlich detaillierten IPCC Berechnungsmethoden (engl. *Tier*)<sup>18</sup>. Die Zuordnung der Berechnung zu den verschiedenen IPCC-Methoden hängt vom Anteil der Äquivalentemission der Kategorie an der Gesamtemission ab. Diese Zuordnung wird durch das Instrument der Key-Category Analyse getroffen (siehe hierzu Kapitel 1.5).

Die in indirektes CO<sub>2</sub> umgerechneten NMVOC Emissionen der Lösemittelverwendung werden auf Basis eines produktverbrauchs-orientierten Ansatzes gemäß den 2006 IPCC Guidelines berechnet. Ein ähnliches Verfahren wird bei der Schmiermittelanwendung eingesetzt.

#### 1.4.2 KP-LULUCF-Aktivitäten

Die unter der KP-Berichterstattung verwendeten Datenquellen und Methoden unterscheiden sich nicht von den verwendeten Datenquellen und Methoden der Berichterstattung der Kategorien der CRF Kategorien 4.A, 4.B und 4.G unter UNFCCC. Daher gibt es diesbezüglich keine Unterschiede. Siehe auch Kapitel 1.4.1.1.4 sowie Kapitel 5.2 und Anhang-Kapitel 19.3.

---

<sup>18</sup> Tier 1 bezeichnet die jeweils einfacheren, mit weniger Eingangsdaten benutzbaren Berechnungsmethoden, während Tier 2 bzw. Tier 3 differenziertere Eingangsdaten benötigen und somit üblicherweise zu genaueren Ergebnissen führen.

## 1.5 Kurzbeschreibung der Hauptkategorien

### 1.5.1 Treibhausgas-Inventar (mit und ohne LULUCF)

Zur Festlegung der Hauptkategorien wurden beide Methode 1-Verfahren Level (für das Basisjahr, 1990 und das aktuellste Jahr) sowie Trend (für das aktuellste Jahr gegenüber dem Basisjahr) für die deutschen Treibhausgasemissionen angewendet. Zusätzlich wurde auch das Methode -2-Verfahren angewendet. Es wurden entsprechend den IPCC-Vorgaben für das Methode -1-Verfahren hierbei nicht nur die Emissionen aus Quellen sondern auch die Einbindung der Treibhausgase in Senken in den Analysen berücksichtigt. Dazu werden die Analysen zunächst nur für die Emissionen aus den Quellen des Anhang 1 der Klimarahmenkonvention durchgeführt und in einem zusätzlichen zweiten Durchlauf die Einbindung der Treibhausgase in die Senken einbezogen. Alle festgelegten Hauptkategorien ergaben sich entweder durch die Levelanalysen oder die Trendbewertung oder die Methode -2-Hauptkategorienanalyse auf Basis der aktuellen Unsicherheitenbestimmung. Durch die Bewertung qualitativer Aspekte sind keine neuen Hauptkategorien hinzugekommen (Erläuterungen hierzu siehe Anhangkapitel 17.1.2).

Im Ergebnis wurden in der aktuellen Berichterstattung im Methode -1-Verfahren insgesamt 43 der untersuchten 150 Quell- bzw. Senkengruppen als Hauptquelle identifiziert. Nur 29 hiervon wurden gleichzeitig durch die Trend- und Levelanalysen als Hauptkategorie ermittelt. Zusätzlich wurden 9 Kategorien nur durch die Trend- bzw. 5 Kategorien nur durch die jeweiligen Levelanalysen als Hauptkategorie identifiziert. Im Methode -2-Verfahren wurden (das letzte Mal) 6 weitere Hauptkategorien identifiziert (s. Tabelle 8).

Letztendlich wurden damit 52 Hauptkategorien festgelegt, die in Tabelle 5 zusammengefasst dargestellt sind.

Tabelle 5: Anzahl der Kategorien und Hauptkategorien

Kategorie			120	Hauptkategorien
nach Level 5	Level & Trend 29	Trend 9		<b>43 (Tier 1)</b> <b>+6 (Tier 2*)</b> <b>52 (gesamt)</b>

\* Tier-2-Analyse noch nicht für 2014 aktualisiert

Eine Übersicht der Ergebnisse der Hauptkategorienanalyse nach Tier 1 ist in Tabelle 6 zusammengestellt. In Tabelle 8 sind die aufgrund der Tier 2 Analyse hinzugekommenen Hauptkategorien dargestellt. Detaillierte Darlegungen zur durchgeführten Hauptkategorien-Analyse sind im Anhang 1 (Kapitel 17) dieses Berichts zusammengestellt.

Gegenüber den im vergangenen Jahr ermittelten Ergebnissen haben sich nur geringe Änderungen ergeben. Die Anzahl der Hauptkategorien nach Tier-1-Analyse ist mit 43 um drei Hauptkategorien gesunken. Die folgenden Quellgruppen sind keine Hauptkategorien mehr: CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Petrochemie und Industrierußproduktion (2.B.8), CH<sub>4</sub> Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger Management von Schweinen (3.B.3), CO<sub>2</sub> Emissionen aus Holzprodukten (4.G) und CH<sub>4</sub> Emissionen aus Bioabfallbehandlung (5.B) Die neu hinzugekommene Hauptkategorie ist: CO<sub>2</sub> Emissionen aus Wetlands (4.D).

Deutschland wendet alle empfohlenen Verfahren für die Ermittlung bzw. Bewertung der Quellkategorien an. Die 2006 IPCC-Guidelines (Vol. 1, Ch. 4.3) schreiben vor dass 95% der

Emissionen aus Quellen bzw. Einbindungen in Senken als Hauptkategorien festgelegt werden müssen. Da die Festlegung der Hauptkategorien in Deutschland durch die Kombination der Ergebnisse aller Analysenverfahren und Bewertungen erfolgt, werden insgesamt die verursachenden Aktivitäten für ca. 98 % des Inventars als Hauptkategorien identifiziert.

Ein Vergleich der Hauptquellgruppenanalyse des CRF Reporters mit der von Deutschland hat ergeben, dass diese nur geringfügig voneinander abweichen. Im Ansatz bestehen kleine Unterschiede, so wird im Energiebereich von Deutschland in Unterkategorien unterschieden und beim CRF Reporter in Brennstofftypen differenziert. Die Anzahl der Hauptquellgruppen ist nahezu gleich.

### **1.5.2 Inventar einschließlich der KP-LULUCF Berichterstattung**

Im Ergebnis der im vorherigen Kapitel beschriebenen Analyse des UNFCCC-Inventars erwiesen sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen/Einbindungen der Kategorien *Forest Land* (4.A), *Cropland* (4.B), *Grassland* (4.C) und *Wetlands* (4.D) als Hauptkategorie. Für diese Kategorien wurde unter Anwendung der methodischen Vorgaben des Kapitels „2.3.6 choice of method“ der 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol weitere detaillierte Analysen durchgeführt. Im Ergebnis wurden die in Tabelle 7 festgelegten Unterkategorien als Hauptkategorien für das KP-LULUCF-Inventar nach Artikel 3.3 identifiziert. Ausschlaggebend hierfür war die Höhe des Emissionsbeitrages bzw. der Emissionstrend. Unter Anwendung der Tabelle 2.1.1 wurden diesen Kategorien die entsprechend Artikel 3.4 gewählten Aktivitäten gegenüber gestellt. Deutschland hat unter diesem Artikel des Kyoto-Protokolls Waldbewirtschaftung, Ackerland- und Weidelandbewirtschaftung gewählt. Diese Ergebnisse sowie die für die Auswahl angewendeten Kriterien enthält CRF-Tabelle NIR.3 (Tabelle 457 in Kapitel 17.1.4).

Tabelle 6: Hauptkategorien für Deutschland gemäß Tier 1-Ansatz

IPCC Categories	Activity	Emissions of	Base Year	Base Year +sinks	Level				Trend		Emission Base Year (in kt CO <sub>2</sub> equi.)	Emission 2014 (in kt CO <sub>2</sub> equi.)
					LEVEL 1990	1990 +sinks	LEVEL 2014	2014 +sinks	2014	2014 +sinks		
1.A.1.a Public electricity and Heat production	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	•	338.451,2	313.295,8
1.A.1.a Public electricity and Heat production	all fuels	CH4	-	-	-	-	-	-	•	•	172,2	2.288,2
1.A.1.a Public electricity and Heat production	all fuels	N2O	-	-	-	-	•	•	-	-	2.407,5	2.446,8
1.A.1.b Petroleum Refining	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	•	20.165,6	17.636,1
1.A.1.c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	•	65.289,1	10.249,8
1.A.2.a Manufacturing Industries and Construction: Iron and Steel	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	•	35.269,3	33.834,4
1.A.2.e Manufacturing Industries and Construction: Food Processing	all fuels	CO2	-	-	-	-	-	-	•	-	2.015,9	247,3
1.A.2.f Manufacturing Industries and Construction: Non-metallic minerals	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	-	18.507,4	12.306,6
1.A.2.g Manufacturing Industries and Construction: Other	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	•	127.663,0	70.909,8
1.A.3.b Transport: Road Transportation	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	•	151.880,6	153.158,8
1.A.3.b Transport: Road Transportation	all fuels	CH4	-	-	-	-	-	-	•	-	1.316,8	144,2
1.A.3.c Transport: Railways	all fuels	CO2	•	-	-	-	-	-	•	-	2.900,5	1.041,5
1.A.3.d Transport: Navigation	all fuels	CO2	•	•	•	•	-	-	-	-	3.644,5	1.865,4
1.A.4.a Other Sectors: Commercial/Institutional	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	•	64.147,6	32.602,2
1.A.4.a Other Sectors: Commercial/Institutional	all fuels	CH4	-	-	-	-	-	-	•	-	1.449,3	29,7
1.A.4.b Other Sectors: Residential	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	•	128.635,8	84.307,3
1.A.4.c Other Sectors: Agriculture/Forestry/Fisheries	all fuels	CO2	•	•	•	•	•	•	•	•	10.247,4	5.301,3
1.A.5. Other: Include Military fuel use under this category	all fuels	CO2	•	•	•	•	-	-	•	•	11.797,5	1.016,1
1.B.1. Fugitive Emissions from Fuels	Solid Fuels	CH4	•	•	•	•	•	•	•	•	25.553,4	2.801,9
1.B.2.b Fugitive Emissions from Fuels: Natural Gas	Gaseous Fuels	CH4	•	•	•	•	•	•	•	-	7.946,8	4.849,0
2.A.1. Mineral Products: Cement Production	Clinker Burning	CO2	•	•	•	•	•	•	•	-	15.145,8	12.651,6
2.A.2. Mineral Products: Lime Production	burning of Limestone and Dolomite	CO2	•	•	•	•	•	•	-	-	5.986,6	4.972,5
2.B.1. Chemical Industry	Ammonia Production	CO2	•	•	•	•	•	•	-	-	6.025,0	4.797,0
2.B.2. Chemical Industry	Nitric Acid Production	N2O	•	•	•	•	-	-	•	-	3.258,5	534,8
2.B.3. Chemical Industry	Adipic Acid Production	N2O	•	•	•	•	-	-	•	•	18.076,7	212,6
2.B.9. Fluorochemical production		HFC's	•	•	•	•	-	-	•	•	5.335,2	47,2
2.C.1. Metal Production: Iron and Steel Production	Steel (integrated production)	CO2	•	•	•	•	•	•	-	-	22.810,3	15.914,5
2.C.3. Aluminium Production		PFC's	-	-	-	-	-	-	•	-	1.800,7	82,5
2.F. Product uses as substitutes for ODS		HFC's	-	-	-	-	•	•	•	•	2.589,0	10.673,3

IPCC Categories	Activity	Emissions of	Base Year	Base Year +sinks	Level			Trend		Emission Base Year (in kt CO <sub>2</sub> equi.)	Emission 2014 (in kt CO <sub>2</sub> equi.)	
					LEVEL 1990	1990 +sinks	LEVEL 2014	2014 +sinks	2014			2014 +sinks
2.G. Other product manufacture and use	includes 2.B.10. Other N-dodecanedioic acid	N2O	-	-	-	-	-	-	●	-	2.029,5	376,4
2.G. Other product manufacture and use		SF6	●	●	●	●	●	●	●	-	6.072,2	3.227,3
3.A.1. Enteric Fermentation	Dairy Cattle	CH4	●	●	●	●	●	●	●	-	19.089,1	14.555,8
3.A.1. Enteric Fermentation	Non-Dairy Cattle	CH4	●	●	●	●	●	●	●	-	14.163,3	9.151,0
3.D. Agricultural Soils		N2O	●	●	●	●	●	●	●	●	27.983,3	26.531,2
3.G. Liming		CO2	-	-	-	-	-	-	●	-	1.424,8	2.198,0
3.J. Other		CH4	-	-	-	-	-	-	●	-	0,3	1.350,9
4.A. Forest land		CO2		●		●		●		●	-75.539,2	-58.005,0
4.B. Cropland		CO2		●		●		●		●	12.469,9	14.201,5
4.C. Grassland		CO2		●		●		●		●	25.538,1	22.231,6
4.D. Wetlands		CO2		●		●		●		●	4.064,3	3.883,9
4.E. Settlements		CO2		-		-		●		●	1.811,9	3.299,1
5.A. Solid Waste Disposal on Land	Managed Waste Disposal on Land	CH4	●	●	●	●	●	●	●	●	33.525,0	9.200,0
5.D.1 Wastewater Handling	Domestic Wastewater	CH4	-	-	-	-	-	-	●	-	1.765,7	20,9

Tabelle 7: Ergebnis der Hauptkategorienanalyse KP-LULUCF

IPCC Categories	Emissions of	emissions (in kt CO <sub>2</sub> equi.)		key category decision	
		1990	2014	1990	2014
4.A.1 Forest Land remaining Forest Land	CO <sub>2</sub>	70.327,1	53.450,5	●	●
4.A.1 Forest Land remaining Forest Land	CH <sub>4</sub>	0,6	0,5	-	-
4.A.1 Forest Land remaining Forest Land	N <sub>2</sub> O	0,2	0,2	-	-
4.A.2 Land converted to Forest Land	CO <sub>2</sub>	5.212,2	4.554,5	●	●
4.A.2 Land converted to Forest Land	CH <sub>4</sub>	0,2	0,2	-	-
4.A.2 Land converted to Forest Land	N <sub>2</sub> O	0,6	0,3	-	-
4.B.1 Cropland remaining Cropland	CO <sub>2</sub>	5.909,2	7.515,7	●	●
4.B.1 Cropland remaining Cropland	CH <sub>4</sub>	5,2	6,6	-	-
4.B.2 Land converted to Cropland	CO <sub>2</sub>	6.560,7	6.685,8	●	●
4.B.2 Land converted to Cropland	CH <sub>4</sub>	2,7	3,3	-	-
4.B.2 Land converted to Cropland	N <sub>2</sub> O	0,9	1,0	-	-
4.C.1 Grassland remaining Grassland	CO <sub>2</sub>	26.368,0	22.852,3	●	●
4.C.1 Grassland remaining Grassland	CH <sub>4</sub>	21,9	19,6	-	-
4.C.1 Grassland remaining Grassland	N <sub>2</sub> O	0,3	0,3	-	-
4.C.2 Land converted to Grassland	CO <sub>2</sub>	830,0	620,8	-	-
4.C.2 Land converted to Grassland	CH <sub>4</sub>	1,9	1,1	-	-
4.C.2 Land converted to Grassland	N <sub>2</sub> O	0,0	0,0	-	-
4.D.1 Wetlands remaining Wetlands	CO <sub>2</sub>	3.674,7	3.468,7	●	●
4.D.1 Wetlands remaining Wetlands	CH <sub>4</sub>	1,5	1,4	-	-
4.D.1 Wetlands remaining Wetlands	N <sub>2</sub> O	0,1	0,1	-	-
4.D.2 Land converted to Wetlands	CO <sub>2</sub>	389,6	415,1	-	-
4.D.2 Land converted to Wetlands	CH <sub>4</sub>	0,2	0,3	-	-
4.D.2 Land converted to Wetlands	N <sub>2</sub> O	0,0	0,0	-	-
4.E.1 Settlements remaining Settlements	CO <sub>2</sub>	636,6	994,4	-	-
4.E.1 Settlements remaining Settlements	CH <sub>4</sub>	0,5	0,8	-	-
4.E.1 Settlements remaining Settlements	N <sub>2</sub> O	0,1	0,2	-	-
4.E.2 Land converted to Settlements	CO <sub>2</sub>	1.175,3	2.304,8	-	-
4.E.2 Land converted to Settlements	CH <sub>4</sub>	0,4	0,8	-	-
4.E.2 Land converted to Settlements	N <sub>2</sub> O	0,3	0,5	-	-
4.F.1 Other Land remaining Other Land	CO <sub>2</sub>	0,0	0,0	-	-
4.F.2 Land converted to Other Land	CO <sub>2</sub>	0,0	0,0	-	-
4.G Harvested wood products	CO <sub>2</sub>	1.330,4	2.299,9	-	-
4.H Other	N <sub>2</sub> O	0,4	0,3	-	-

Tabelle 8: Hauptkategorien für Deutschland, die sich nur aufgrund des Tier 2-Ansatzes ergeben

IPCC Source Categories	Activity	Emissions of
1.A.4.b Other Sectors: Residential	All Fuels	CH <sub>4</sub>
3.B.1.a Manure Management	Dairy Cattle	CH <sub>4</sub> & N <sub>2</sub> O
3.B.5 Indirect N <sub>2</sub> O emission	Atmospheric Deposition	N <sub>2</sub> O
4.C Grassland		CH <sub>4</sub>
4.G Harvested wood products		CO <sub>2</sub>
5.D.1 Wastewater Handling	Domestic Wastewater	N <sub>2</sub> O

## **1.6 Informationen zum Qualitätssicherungs- und –kontrollplan sowie zum Inventarplan inklusive Verifizierung und zum Umgang mit vertraulichen Informationen**

### **1.6.1 Prozeduren zu Qualitätssicherung- und –kontrolle**

#### **1.6.1.1 QK/QS-Plan**

Gemäß den Anforderungen der 2006 IPCC Guidelines sollen die für die Emissionsberichterstattung notwendigen QK/QS- und Verifikationsmaßnahmen in einem QK/QS-Plan zusammengefasst werden. Dabei ist die primäre Aufgabe eines QK/QS-Plans, diese Maßnahmen zu organisieren, zu planen und die Durchführung sicherzustellen. Der QK-Plan ist relativ einfach aufgebaut und in jedem Jahr der selbe, denn das grundlegende Ziel der Nationalen Systems ist es, das gesamte Inventar, in jedem Jahr einer vollständigen QK entsprechend den Guidelines zu unterziehen, unabhängig davon, ob es sich um Hauptkategorien handelt oder um solche, die dies nicht sind. Der QK-Plan besteht somit im Prinzip aus den Checklisten zur QK/QS (siehe Kapitel 1.6.1.2) und dem Inventarplan (siehe Kapitel 1.6.1.3). Eine nahezu identische Herangehensweise wird auch beim QS-Plan verfolgt, was bedeutet, dass, wie auch von den Guidelines gefordert, in jedem Jahr entsprechende Qualitätsprüfungen erfolgen, die aber hinsichtlich der geforderten „Peer-Reviews“ einen periodischen Ansatz verfolgen (siehe auch weiter unten). Der QS-Plan besteht somit im Prinzip aus den Checklisten zur QK/QS (siehe Kapitel 1.6.1.2) und dem Terminplan der Emissionsberichterstattung (siehe Kapitel 1.2.1.5) mit den damit verbundenen Aufgaben. Letztere und die vom QSE vorgegebenen Freigabeprozesse stellen sicher, dass die Inventare jährlich eine Vielzahl von internen, vor allem aber externen qualitätssichernden Prüfinstanzen durchlaufen. Dazu gehören auch jährlich von den beteiligten Ministerien durchzuführende „basic Expert Peer-Reviews“, deren Ergebnisse, inkl. möglicher Korrekturen, im Rahmen der etablierten Routinen, vor Fertigstellung der Berichterstattung in die Inventare einfließen. Abgerundet werden diese qualitätssichernden Aktivitäten durch periodisch durchgeführte Peer Reviews (siehe Kapitel 1.6.1.4).

Durch regelmäßige Anpassung und Überarbeitung der genannten Instrumente, auch unter Berücksichtigung landesspezifischer Bedürfnisse, ist sichergestellt, dass die Anforderungen der 2006 Guidelines auch hinsichtlich einer angemessenen Berücksichtigung nationaler Besonderheiten erfüllt werden.

Eine allgemeine Beschreibung der Aufbau- und Ablauforganisation der Qualitätssicherung und -kontrolle findet sich in Kapitel 1.3.3.1. Dort sind auch die Prinzipien zur Steuerung und Dokumentation dieser Maßnahmen beschrieben.

Im „Handbuch zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Erstellung von Emissionsinventaren und der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen sowie der EU Entscheidung 525/2013/EG“ (UBA, 2015, unveröffentlicht) sind die Anforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Emissionsberichterstattung detailliert beschrieben. Qualitätsprüfungen, die überwiegend vor Abschluss der Inventarerstellung erfolgen, bilden das Herzstück der im Handbuch gemachten Vorgaben.

### 1.6.1.2 Checklisten

Die Qualitätsprüfungen werden mit Hilfe von Checklisten umgesetzt (zum Inhalt siehe Kapitel 1.3.3.1.5 und 22.1.2.1.11). Diese bestehen zurzeit aus ca. 85 rollenspezifischen Einzelzielen sowie rund 50 optionalen Zielen.

Aktuell sind etwa 50 UBA- und externe Mitarbeiter in unterschiedlichen funktionalen Rollen in vier aufeinander aufbauenden QK/QS-Prüfebene in die Emissionsberichterstattung eingebunden. Die Prüfebene werden repräsentiert durch den eigentlichen Experten (FV), seinen Fachvorgesetzten (QKV), einen fachlichen Ansprechpartner für die jeweilige Kategorie in der Nationalen Koordinierungsstelle (FAP) und schließlich durch die Koordinatoren, die gemeinsam für das konsistente Gesamtergebnis NIR, Inventar, QSE und Unsicherheitsschätzung zuständig sind.

Die rollenspezifischen QK/QS-Prüfungen werden generell den allgemeinen Qualitätszielen (siehe Kapitel 22.1.2.1.10.3) und den einzelnen Prozessschritten (siehe Kapitel 1.2.3) bei der Inventarerstellung zugeordnet, damit die anschließende Auswertung auch nach diesen Gesichtspunkten erfolgen kann. In der Summe decken die Prüfungen den gesamten Prozess der Inventarerstellung ab.

Die anschließende Auswertung der Checklisten zeigt bei einzelnen Kategorien bestimmte Aspekte auf, die hinsichtlich der Einhaltung spezifischer Inventaranforderungen zu überprüfen und ggf. zu überarbeiten sind. Zu diesem Zweck werden sie um weiterführende Informationen ergänzt. Die überwiegende Mehrzahl aller identifizierten Prüfbedarfe wird in den verbindlichen Inventarplan überführt. Dieser wird haus- und ressortabgestimmt und anschließend in aggregierter Form veröffentlicht.

### 1.6.1.3 Inventarplan

Für die jährliche Erstellung des Inventarplans werden die Ergebnisse der QK/QS-Checklisten aller Kategorien ausgewertet und die nicht erreichten Ziele mit notwendigen Verbesserungsmaßnahmen, sowie Terminen zu ihrer Umsetzung hinterlegt (Follow-up-procedure). Diese werden ergänzt um die im NIR benannten Verbesserungsaktivitäten (s. Kapitel 10.4.1), die Ergebnisse der verschiedenen Reviewprozeduren der UNFCCC und der EU-Kommission, um sonstige Verbesserungsbedarfe sowie perspektivisch um Verifikationsaktivitäten (siehe 1.6.1.4). Der Inventarplan umfasst damit eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen, die von unterschiedlichen Rollen des QSE (siehe Rollenkonzept des QSE Kapitel 1.3.3.1.3) und den in die Emissionsberichterstattung eingebundenen Bundesministerien Deutschlands (siehe Kapitel 1.3.3.1.3) bzw. deren nachgeordneten Behörden umzusetzen sind. Die enthaltenen Maßnahmen sind verbindlich innerhalb der im Inventarplan festgelegten Zeiträume umzusetzen, wobei die Bereitstellung der erforderlichen personellen und finanziellen Ressourcen den jeweils zuständigen Teilnehmern des NaSE obliegt.

Bei der Erstellung des jeweils aktuellen IP wird vom QSE-Koordinator auch die Abarbeitung der in den Vorjahren begebenen Handlungsbedarfe überprüft. Anhand der dadurch gewonnenen Informationen wird der IP zusätzlich aktualisiert. Handlungsbedarfe deren Termine nicht gehalten werden konnten, werden in ihrem Status auf „überfällig“ gesetzt und in ihrer Priorität heraufgesetzt (Follow-follow-up-procedure).

Da die einzelnen Maßnahmen des Inventarplans aufgrund ihrer großen Anzahl hier nicht darstellbar sind, wurden sie zu den in Tabelle 9 dargestellten übergeordneten Maßnahmen

zusammengefasst. Der Inventarplan wird in einem fortlaufenden Prozess mindestens jährlich aktualisiert.

Im Zuge der Umsetzung der im Inventarplan enthaltenen Maßnahmen können regelmäßig große Teile der enthaltenen Einzelmaßnahmen bearbeitet und damit aufgelöst werden.

Tabelle 9: Inventarplan – offene Handlungsbedarfe

Category	CRF	Data quality objective	Source	Source-Reference-Year of Reporting
Energy	1.A.2.g.viii.	Check whether the data source (s) used will be available throughout the long term.	CHKL	2016
Industrial Processes	2.B.2		NIR	2016
Waste	5.D.2		CHKL	2015
Industrial Processes	2.A.4.a	Check whether there are any gaps in the available data for time series as of 1990.	CHKL	2013
Energy	1.D.1.b	Check whether the source category is completely covered by the relevant data source and whether the defined data sets for EF and AR are consistently delimited.	CHKL	2014
General	-	Check whether uncertainties have been determined and are complete.	ARR	2013
Energy	1.A.2.g.vii., 1.A.3.b+c+d.(a)+e.ii, 1.A.4.a.ii+b.ii+c.ii		CHKL	2010, 2012, 2014, 2015
Industrial Processes	2.D.3.(a+b)		CHKL	2012, 2016
General	-	Check whether obligations pertaining to keeping of records and documentation are fulfilled and whether the relevant documents are complete and meaningful.	CHKL	2015
Energy	1.A.2.e, 1.A.2.g.vii.,1.A.3.a.+ii, 1.A.3.b+c+d.(a+b)+e.ii, 1.A.4.a.ii+b.ii+c.ii+iii., 1.A.5.b, 1.D.1.b		CHKL	2012-2016
Waste	5.D.1		CHKL, Sonstige	2012, 2014-2016
General	-	Check whether data suppliers and contracted supporting entities are carrying out suitable routine quality controls, and whether the emissions-reporting requirements defined by the Single National Entity have been provided to such suppliers and entities and are being fulfilled.	Sonstige	2014, 2016
Energy	1.A.3.a-c+d, 1.A.4.c.iii, 1.A.5.b		CHKL	2012, 2015+2016
Industrial Processes	2.C.2, 2.D.3.(b)		CHKL	2012
Waste	5.D.1	Check whether requirements for cross-checking and verification of data and their underlying assumptions have been fulfilled.	CHKL	2012
General	-		CHKL, Sonstige	2015
Energy	1, 1.A, 1.A.1+b, 1.A.2+f, 1.A.4.a.ii+b.ii		ARR, CHKL, Sonstige	2012, 2014-2016
Industrial Processes	2.A.4.a, 2.B.3+4.a+10.(i), 2.D.1+2, 2.E.4	Check whether requirements for cross-checking and verification of data and their underlying assumptions have been fulfilled.	CHKL	2015, 2016
Agriculture	3.H+J		CHKL	2015
LULUCF	4, 4.B+C+G		CHKL, NIR	2012, 2014-2016
Waste	5.D.1	Check whether it was possible to take pointers from inventory reviews and inventory plan into account.	CHKL	2014, 2015
General	-		ARR	2010
Energy	1, 1.A., 1.A.3.b+c, 1.A.5.b(i+iii),		Check whether data-consistency requirements are fulfilled and whether the relevant documents are complete and meaningful.	ARR, CHKL
Industrial Processes	2.B.3+4.a, 2.G.4.(a)	CHKL		2016
Waste	5.A.1, 5.D., 5.D.2	CHKL, NIR		2013, 2016
Industrial Processes	2.C.6	Check whether the EF are plausible and complete (have no gaps and are completely documented).	NIR	2015
LULUCF	4. (Total area)		NIR	2015, 2016
Energy	1.A.4.a.i., 1.A.4.c.i., 1.D.1.b	Check whether the AR are plausible and complete (have no gaps and are completely documented).	NIR	2013, 2015, 2016
Industrial Processes	2.B.4.a., 2.D.3.(a)		NIR, CHKL	2015, 2016
LULUCF	4.A.		NIR	2012
Waste	5.D.2	Sonstige	2015	

Category	CRF	Data quality objective	Source	Source-Reference-Year of Reporting
General	-	Check whether data has been entered into the CSE correctly, including whether all numbers, units and conversion factors have been correctly entered and properly integrated.	CHKL	2015
Industrial Processes	4.a+8.a-e+10.(i), 2.D.3.(a), 2.G.3.a.(i), 2.G.4.(a)	Check whether the NIR source category has been completely and logically described in terms of the required six sub-chapters for the	CHKL	2016
LULUCF Waste	4.A.(b), 4.G 5.D.1	NIR ("Source category description", "Methodological issues", etc.).	ARR, CHKL CHKL	2014+2015 2014-2016
General	-		Sonstige	2014, 2016
Energy	1.A., 1.A.2.e, 1.A.2.g.vii., 1.A.3.a+b+c+d.(a+b)+e .ii, 1.A.4.a.ii+b.li+c.ii+c.iii, 1.A.5.b, 1.B.2 2.A.4.a.,	Various types of required action.	ARR, CHKL, Sonstige	2013-2016
Industrial Processes	2.B.4.a+8+10.(i), 2.C.6., 2.D.1+2, 2.D.3.(a)		CHKL, NIR	2015, 2016
Agriculture Waste	3.A+B+D 5.D.1+2		NIR CHKL	2011, 2012 2015, 2016
KP	KP		ARR	2013, 2014
Industrial Processes	2.B.3+4.a+8.a-e+10.(i)	Check whether pertinent responsibilities need to be updated.	CHKL	2016
Industrial Processes	2.D.3.(b)	Initiated research projects for inventory improvement.	NIR	2012
LULUCF Waste	4.A-C 5.D.1		NIR NIR	2011, 2012 2016

Seit erstmaliger Veröffentlichung eines Inventarplanes mit der Berichterstattung 2007 sind mehrere tausend Handlungs- bzw. Verbesserungsbedarfe im Qualitäts-System zur Verbesserung adressiert worden. Da diese Summe insgesamt nicht übersichtlich darstellbar ist, wird im Folgenden ein Überblick über die Entwicklung des IP seit der Berichterstattung 2010 gegeben.

Zum Ende des aktuellen Berichterstattungsjahres besteht der Inventarplan aus rund 1660 Handlungs- bzw. Verbesserungsbedarfen. Sie verteilen sich auf etwa 160 Kategorien, wobei derzeit rund 1330 erledigt sind.

Mit der aktuellen Berichtsrunde sind rund 110 Verbesserungsbedarfe neu erkannt worden – von den Reviewergebnissen der Vorjahre konnten 28 weitere mit der diesjährigen Berichtsrunde erledigt werden. Die Schwerpunkte aller bisher erreichten Verbesserungen liegen in den Bereichen Reviewergebnisse, Dokumentation und Verifizierung. Schwerpunkte der rund 250 offenen bzw. in Bearbeitung befindlichen Verbesserungsbedarfe sind V/Sonstige Verbesserungen, Dokumentation und Verifizierung. Berücksichtigt man bei der Anzahl der offenen Verbesserungsbedarfe die Anzahl von Wiederholungen, die sich durch die Wiedergabe von Checklisten- und Reviewergebnissen der Vorjahre zwangsläufig ergeben können, so liegen derzeit tatsächlich rund 330 offene Verbesserungsbedarfe vor.

In der Übersicht der Tabelle 10 werden detailliertere Informationen zu den erledigten Verbesserungsbedarfen gegeben. In beiden Tabellen (Tabelle 9 & Tabelle 10) sind die Reviewergebnisse der Jahre 2006 bis 2014, die im NIR getroffenen Aussagen zu geplanten Verbesserungen der Jahre ab 2011, die sonstigen Verbesserungsbedarfe der Jahre ab 2008 sowie die CHKL-Ergebnisse der Jahre ab 2010 enthalten.

Detailinformationen zu einzelnen Verbesserungen hinsichtlich Kategorie, Priorität, Terminierung, Zuständigkeit, Gas, Brennstoff, Handlungsbedarf etc. können aufgrund des

erheblichen Umfangs der Informationen hier nicht dargestellt werden. Weiterführende Auszüge aus dem Inventarplan können für die erledigten Reviewergebnisse unter Tabelle 417 (Zusammenstellung der mit der aktuellen Berichterstattung erledigten Review-Empfehlungen) und für die im NIR getroffenen Aussagen zu geplanten Verbesserungen unter Tabelle 418 (Zusammenfassung der mit der aktuellen Berichterstattung erledigten und der offenen in den NIR-Kategoriekapiteln genannten geplanten Verbesserungen) eingesehen werden.

Tabelle 10: Inventarplan - erledigte Handlungsbedarfe/Verbesserungen

Main Category	Category (CRF-Code)	Data quality objective	Source	Source-Reference-Year of Reporting
Energy	1.A., 1.A.4.c.iii., 1.D.1.b.	Check whether requirements of IPCC Good Practice Guidance pertaining to selection of calculation method and to procedures for applicable methods changes are fulfilled or if it's necessary to adjust already existing calculation methods/modells.	ARR, CHKL	2008, 2011-2014
Industrial Processes	2.A., 2.B.8, 2.C., 2.C.1, 2.E., 2.F.1+6		S&A I, NIR, CHKL	2006, 2010, 2012
Agriculture LULUCF Waste	3.A+B 4.D 5.A, 5.D.1		NIR, ARR, Sonstige	2009, 2011-2013
Energy	1.A.1, 1.A.2.f, 1.A.3.e	Check whether the data source (s) used will be available throughout the long term.	CHKL	2011, 2014
Agriculture	3.A.(a), 3.B.(a)		CHKL	2010
LULUCF	4		Sonstige	2008
Waste	5.E.1		CHKL	2010
Energy	1.A.3.c	Check whether there are any gaps in the available data for time series as of 1990.	CHKL	2010, 2013+2014
Industrial Processes	2.C.2+3		CHKL	2010-2011
Agriculture	3.A.(b), 3.B.(b), 3.D		CHKL	2010-2011
LULUCF	4. (total area), 4.A.(a)		CHKL, NIR	2012, 2015
Waste	5.D.2.		NIR	2013
Energy	1.A.1, 1.A.2.g.viii, 1.A.3.e.ii, 1.A.4.c.ii		Check whether the source category is completely covered by the relevant data source and whether the defined data sets for EF and AR are consistently delimited.	CHKL
Industrial Processes	2.D.3.(c)	CHKL		2012
Waste	5.A.1, 5.D.1+2	CHKL, NIR		2011, 2012, 2015
General	General 1.A.2, 1.A.3.a.ii, 1.A.3.b+c, 1.A.3.e.ii, 1.A.4.a-c, 1.A.5.b	Check whether uncertainties have been determined and are complete.	ARR, CHKL	2011, 2013, 2015
Energy	2.C.1-3, 2.D.3.c, 2.G.4.(a)		CHKL	2010-2012, 2014, 2015
Industrial Processes	4, 4(III+IV), 4.A, 4.B-F		CHKL, NIR	2010-2011, 2015
LULUCF	5.A.1, 5.D.1		Sonstige, CHKL, NIR, ARR	2008, 2010-2011
Waste			CHKL	2010-2014

Main Category	Category (CRF-Code)	Data quality objective	Source	Source-Reference-Year of Reporting
Energy	1.A, 1.A.1+2, 1.A.3.a-e, 1.A.4, 1.A.4.c.ii+iii, 1.A.5.a+b, 1.B.1+2, 1.D.1.b		CHKL, ARR	2010-2015
Industrial Processes	2.C.1-3, 2.G.3.a.(i)+b, 2.H.1+2, 2.B.10.(i)	Check whether obligations pertaining to keeping of records and documentation are fulfilled and whether the relevant documents are complete and meaningful.	CHKL	2010-2011, 2014, 2015
Agriculture	3.A.(a), 3.B.(a)		CHKL	2010
LULUCF	4, 4(III+IV), 4.A-F		CHKL, Sonstige	2008, 2010
Waste	5.A.1, 5.B.1, 5.D.1+2, 5.E.1		CHKL	2010-2013, 2015
General	General 1.A.1+2, 1.A.3.a.ii, 1.A.3.b-d, 1.A.3.e.ii, 1.A.4.c.ii, 1.A.5.b, 1.D.1.b		CHKL	2014
Energy	2.C.2	Check whether data suppliers and contracted supporting entities are carrying out suitable routine quality controls, and whether the emissions-reporting requirements defined by the Single National Entity have been provided to such suppliers and entities and are being fulfilled.	CHKL	2010-2011, 2014
Industrial Processes	3, 3.A., 3.B., 3.D		CHKL, Sonstige	2011
Agriculture	4, 4(III), 4.A.1, 4.B-F		CHKL, Sonstige	2008, 2010-2011
LULUCF	5.D.1		CHKL	2008, 2010, 2012
Waste			CHKL	2010-2011
General	General 1, 1.A, 1.A.1+2, 1.A.3.a-e, 1.A.4, 1.A.4.c.ii+iii, 1.A.5.a+b, 1.B.1+2, 1.D.1.a		ARR	2008
Energy	2.A.1-4, 2.B.1+7+8, 2.C.1-3, 2.D.1+2+3.(b)	Check whether requirements for cross-checking and verification of data and their underlying assumptions have been fulfilled.	ARR, Eu-Rev, S&A I, CHKL, NIR	2006-2008, 2010-2015
Industrial Processes	, 2.G.3.a.(i), 2.G.4.(a+c), 2.H.2		ARR, CHKL, NIR	2010-2016
Agriculture	3.H		CHKL	2015
LULUCF	4(II-V), 4.A-F		CHKL, NIR	2010, 2012, 2014, 2015
Waste	5.A.1, 5.D		CHKL	2010-2015

Main Category	Category (CRF-Code)	Data quality objective	Source	Source-Reference-Year of Reporting
General	General		ARR, IRR	2006, 2008-2013
Energy	1, 1.A, 1.A.1.a+b, 1.A.2, 1.A.2.a+f, 1.A.3.b-d, 1.B.1+2, 1.D.1		ARR, IRR, SL	2006, 2008-2013
Industrial Processes	2, 2.A.1+2, 2.A.4.b+d., 2.B.1-3+9, 2.C.1-4, 2.D.3.(a), 2.F+G	Check whether it was possible to take pointers from inventory reviews and inventory plan into account.	ARR, IRR, CHKL	2006, 2008-2010, 2012-2014
Agriculture	3, 3.A-D		ARR, IRR, NIR	2006, 2008-2010, 2012-2014
LULUCF	4, 4.A-D		ARR, IRR, SL	2006, 2008-2010, 2012-2013
Waste	5, 5.A, 5.C.1, 5.D, 5.E		ARR, IRR, CHKL	2006, 2008-2010- 2014
KP	Kyoto Protocol		ARR	2010-2013
General	General		ARR	2011
Energy	1.A, 1.A.1+2, 1.A.2.a+f+g, 1.A.3.a.ii+b-d, 1.A.4, 1.A.5.b, 1.B.1.a, 1.B.2		ARR, EU-Rev, S&A I, CHKL, NIR	2006-2008, 2010- 2015
Industrial Processes	2, 2.A.4.d, 2.B.2+8, 2.B.10.(i), 2.C.1, 2.D.3.(b+c), 2.F.1, 2.H.1.(b)	Check whether data-consistency requirements are fulfilled and whether the relevant documents are complete and meaningful.	ARR, EU-Rev, CHKL	2007, 2010-2013, 2015
Agriculture	3, 3.D		ARR	2008
LULUCF	4, 4.A.2, 4.B.1, 4.C.1		EU-Rev, NIR	2007, 2013
Waste	5.A, 5.D, 5.E.1		ARR, EU-Rev, CHKL, NIR	2007, 2011-2014
Energy	1.A.1, 1.A.2, 1.A.3.d(b)+e.i i, 1.A.4, 1.A.5.a	Check whether the EF are plausible and complete (have no gaps and are completely documented).	ARR, CHKL, EU-Rev, S&A I, NIR	2006, 2007, 2011- 2014
Industrial Processes	2.B.1, 2.C.4, 2.F		EU-Rev, NIR	2007, 2011
Agriculture	3.B, 3.B.(b)		EU-Rev, NIR	2007, 2012
LULUCF	4.C.2		EU-Rev	2007
Waste	5.B.1, 5.D.1		CHKL, NIR	2013+2014
General	General		Sonstige	2008
Energy	1.A.1; 1.A.2; 1.A.3.a+b+d, 1.A.4; 1.A.5.a, 1.B.1.c, 1.D.1.a+b	Check whether the AR are plausible and complete (have no gaps and are completely documented).	EU-Rev, S&A I, NIR, CHKL	2006, 2007, 2011- 2013, 2015
Industrial Processes	2.A.3		NIR	2011-2012
Agriculture	3.A(b)+B+D		NIR	2011-2012
LULUCF	4.A-C		NIR	2011-2012
Waste	5.A.1, 5.D.2, 5.E.1		ARR, NIR	2011-2013
Waste	5.D.1	Check whether data has been entered into the CSE correctly, including whether all numbers, units and conversion factors have been correctly entered and properly integrated.	CHKL	2011, 2013-2015

Main Category	Category (CRF-Code)	Data quality objective	Source	Source-Reference-Year of Reporting
General	General		ARR	2011
Energy	1, 1.A., 1.A.1, 1.A.2.f.(a-d), 1.B.1, 1.B.2.a	Check whether the NIR source category has been completely and logically described in terms of the required six sub-chapters for the NIR ("Source category description", "Methodological issues", etc.).	ARR, CHKL	2008, 2011-2013
Industrial Processes	2.B.3, 2.A.4(a), 2.B.1+9, 2.C, 2.C.2+3, 2.D.3.(b), 2.G.3.a.(i), 2.H.1.(a)		ARR, EU-Rev, CHKL	2007, 2010-2011- 2015
LULUCF	4, 4.A.(b)		ARR, CHKL	2011, 2014
Waste	5.C.1, 5.D		ARR, CHKL	2011-2013
General	General		ARR	2011
Energy	1, 1.A.1+2+4	Check whether any recalculations are required. If they are they must be documented in a logical manner.	EU-Rev, S&A I	2006, 2007
Industrial Processes	2		ARR, EU-Rev, S&A I	2006, 2007, 2011- 2013
Agriculture	3		S&A I	2006
LULUCF	4.A		ARR	2011
Waste	5, 5.E		S&A I, EU-Rev	2006, 2007
General	General		ARR, Sonstige	2010+2011, 2013+2014
Energy	1.A., 1.A.2.f.(a-d), 1.A.3.a+b+d+ e, 1.A.4.+a.ii+bii +c.ii, 1.A.5.b, 1.B.1, 1.B.2.d 2.A.4.d., 2.B.8.f., 2.B.9, 2.C.1, 2.D.2+3.(a+c) , 2.G.3.a.(i), 2.G.3.b., 2.G.4, 2.H.1.	Various types of required action.	NIR, Sonstige, CHKL	2009-2015
Industrial Processes	3		ARR, CHKL, NIR, Sonstige	2010-2013
Agriculture	4, 4.A-D		NIR	2011
LULUCF	5.D	ARR, NIR	2008, 2011, 2013	
Waste	5.D	Sonstige	2013	
Energy	1.A.2.b+d+e, 1.A.3.d.(a)+e. , 1.A.4.c.iii., 1.B.1, 1.B.2.b, 1.B.2.c.iii.- Flaring 2.A.4.(b), 2.B.8.a- c+g.(i), 2.D.3.(b+c), 2.G.3.a.(i), 2.G.3.b, 2.H.1.	Check whether pertinent responsibilities need to be updated.	CHKL	2010, 2013-2015
Industrial Processes	5.D.1.		CHKL	2010-2014
Waste	5.D.1.		CHKL	2010, 2013
Energy	1.A.1, 1.A.2.f, 1.A.3.c-e, 1.A.4.c.iii., 1.B.1.c, 1.B.2, 1.D.1.b.	Initiated research projects for inventory improvement.	CHKL, NIR	2011-2014
Industrial Processes	2.A.2, 2.G.2		NIR	2011+2012
Agriculture	3.B	NIR	2012	
LULUCF	4.A+E	NIR	2011-2012	
Waste	5.A.1, 5.B.1	CHKL, NIR	2011-2012, 2014	

#### 1.6.1.4 Workshops zum Nationalen System (Peer Review)

Das Umweltbundesamt hat im November 2004 erstmals einen Workshop zum Nationalen System Emissionsinventare durchgeführt. Damit wurde ein Forum geschaffen, das die Einbindung von Verbänden und anderen unabhängigen Organisationen wesentlich förderte und der Umsetzung des Paragraphen 15 (b) der *Guidelines for National Systems* diente, die Inventare durch Dritte (Peer Review) prüfen zu lassen.

In der Folge wurden in mehrere Workshops durchgeführt, die jeweils der Überprüfung der Inventare durch unabhängige Dritte entsprechend des Paragraphen 15 (b) der *Guidelines for National Systems* dienten. 2009 fokussierte sich ein zweiter Workshop auf spezifische Kategorien des Inventars, wie N<sub>2</sub>O aus der Produktverwendung, Emissionen aus der nicht-energetischen Verwendung fossiler Brennstoffe und SF<sub>6</sub>-Emissionen aus der Photovoltaik-Industrie. Die umfangreichen und intensiven Diskussionen während des Workshops haben wesentlich zur Verbesserung der Datenlage und damit zur Verbesserung der Qualität der Berichterstattung beigetragen.

2011 wurde ein internationaler Experten-Workshop zum deutschen LULUCF-Berichtssystem durchgeführt, der die methodischen Änderungen in Folge des In-Country-Reviews vom September 2010 begutachtete. Die Expertenempfehlungen wurden in der weiteren Umsetzung vollständig berücksichtigt.

Jeweils ein Fachgespräch mit dem Statistischen Bundesamt Thema Erdgasstatistik wurde in 2012 und im Sommer 2015 durchgeführt. An dem Fachgespräch 2012 nahmen neben dem Statistischen Bundesamt und dem Umweltbundesamt auch der BDEW, Vertreter einzelner Gasunternehmen und das DIW (AGEB) teil. In Vorbereitung der Überarbeitung der nationalen Energiebilanz wurden die verfügbaren Erdgasstatistiken diskutiert. Dabei wurden zum einen Maßnahmen beschlossen, die zu einer direkten Verbesserung der Energiebilanz und damit auch zur Verbesserung des Emissionsinventars führen. Zum anderen wurden weitere Recherchen vereinbart, die der Verifikation der statistischen Daten dienen sollen. Das Fachgespräch in 2015 diente der Abstimmung des Datenaustauschs zwischen dem Statistischen Bundesamt und dem Umweltbundesamt auch im Hinblick auf die neuen Berichtsanforderungen aus den 2006 IPCC Guidelines und der europäischen Monitoring Verordnung (MMR).

Bereits im März 2014 wurde ein Workshop mit europäischen Inventarexperten zur Umsetzung der 2006 IPCC Guidelines in der deutschen Treibhausgasemissionsberichterstattung durchgeführt. Der Workshop mit ca. 60 Teilnehmern fokussierte sich insbesondere auf die Sektoren Energie (CRF 1) und Industrieprozesse und Produktverwendungen (CRF 2). Durch den Erfahrungsaustausch konnte die Umsetzung der neuen Methoden in den deutschen Treibhausgasinventaren erheblich verbessert werden.

#### 1.6.1.5 Ländervergleich zu fluorierten Gasen (Cross-Country-Review)

Im Februar 2011 fand in Wien ein Expertentreffen zu einer gegenseitigen länderübergreifenden Überprüfung speziell zur Berichterstattung der F-Gase statt. Teilnehmer waren Großbritannien, Österreich und Deutschland. Nach einer grundsätzlichen Vorstellung der Datenerhebung in den drei Ländern wurden die einzelnen Anwendungsbereiche detailliert betrachtet und hinsichtlich Datenquellen, Genauigkeit, Emissionsfaktoren und anderer Kriterien verglichen. Dabei wurde deutlich, dass Deutschland über das meiste fachliche Hintergrundwissen verfügt

und damit die Vollständigkeit und Plausibilität der vorhandenen Daten vermutlich am besten einschätzen kann.

Wesentliches Ergebnis der länderübergreifenden Überprüfung ist, dass alle drei Länder einen hohen Aufwand der Berichterstattung für die F-Gase betreiben müssen. Eine Verringerung des Aufwandes führt zu einer nicht mehr IPCC-konformen Berichterstattung.

Als Ergebnis des Treffens wurde ein Bericht erarbeitet, der in die deutsche Berichterstattung der F-Gase eingeflossen ist.

## **1.6.2 Aktivitäten zur Verifizierung**

### **1.6.2.1 Verifizierung ausgewählter Kategorien**

Im Berichterstattungsjahr 2015/2016 wurde in Umsetzung der *2006 IPCC Guidelines (Vol. 1, Chapter 6)* ein Verifizierungsprojekt durchgeführt. Hierfür wurden alle Kategorien des Inventars auf ihren Bedarf für eine Verifizierung untersucht. Folgende Kategorien wurden ermittelt:

- 1.A.2.a Iron & Steel
- 1.A.3.e Other Transportation
- 1.B.1.a.ii Surface Mining
- 1.B.2.b.v.i Natural Gas: Other
- 2.A Mineral Industry
- 2.B.1 Ammonia Production
- 2.B.2 Nitric Acid Production
- 2.B.3 Adipic Acid Production
- 3 Agriculture
- 4 Land Use Matrix
- 4 Konsistenz der Beschreibungen im NIR zu den CRF-Tabellen
- 4.A Forest Land
- 5.A.1 Managed Waste Disposal

Für die genannten Kategorien wurde bzw. wird vom Projektnehmer eine Verifizierung durchgeführt. Die Ergebnisse sind nach Fertigstellung dem Verifizierungskapitel der jeweiligen Kategorie zu entnehmen.

### **1.6.2.2 Verfahren zur Nutzung der Monitoring-Daten des Europäischen Emissionshandels**

Zur Erfüllung von obligatorischen Qualitätskriterien wird besonders innerhalb der EU eine Verbesserung der THG-Emissionsinventare durch Erkenntnisse aus dem Europäischen Emissionshandel (EU-EH, auch ETS genannt) gefordert. Alle Mitgliedstaaten sind gefordert, die ETS-Daten zur Qualitätsverbesserung der jährlichen nationalen Emissionsinventare zu nutzen.

Seit dem Beginn des ETS-Monitorings liegt für die jährlich verursachten Emissionen eine gesicherte Datenbasis des Emissionshandels vor. Diese Daten gestatten in aggregierter Form kategorienspezifische Aussagen über Vollständigkeit und Konsistenz für Teile des Emissionsinventares. Darüber hinaus bilden sie eine Grundlage für die Überprüfung der verwendeten Emissionsfaktoren und für die Verifikation der Aktivitätsdaten. Da die Emissionsberechnung für alle Komponenten auf den gleichen Aktivitätsdaten aufbaut, hat diese Verifikation für alle zu berichtenden Emissionsinventare Bedeutung.

Die für die Verbesserung berichtspflichtiger Inventardaten benötigten Daten aus dem Emissionshandel liegen elektronisch in der Anlagendatenbank der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) vor. 2005 wurde ein genereller Verfahrensablauf für einzelne gezielte Datenanfragen für die Inventarerstellung vereinbart. Dieser läuft im Wesentlichen durch direkte Kommunikation zwischen der Nationalen Koordinierungsstelle und der für die Berichte zuständigen Facheinheit E 2.3 der Emissionshandelsstelle (siehe Kapitel 1.3.3.1.8). Um die Potentiale regelmäßig nutzen zu können, ist für den jährlich erforderlichen Datenaustausch dieses formalisierte Verfahren mit terminlichen Festlegungen vereinbart worden.

Für Kategorien, die berichtspflichtige Anlagen unter dem CO<sub>2</sub>-Emissionshandelsregime (ETS) beinhalten, werden die Monitoring-Daten des Europäischen Emissionshandels zur Qualitätsverbesserung der jährlichen nationalen Emissionsinventare genutzt. Informationen finden sich in den Kapitelkapiteln zur Verifikation, wobei nur in Einzelfällen die detaillierten Vergleiche aufgeführt sind. Aus Geheimhaltungsgründen, hier insbesondere für einige Inventardetails, sind die Ergebnisse der Vergleiche meist textlich beschrieben. Tabellen mit den verwendeten Daten können nur im Zuge von Inventarüberprüfungen zur Kenntnis gegeben werden. Einen exemplarischen Überblick über eine erfolgreiche Verifikation bietet der Vergleich der brennstoffbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren im Anhang-Kapitel 18.7.

Die Bereitstellung der Datenbasis von der DEHSt an die Fachverantwortlichen der Inventare erforderte bereits mehrmals projektbasierte Unterstützung. In einem Forschungsprojekt (ÖKO-INSTITUT, 2006b) gelang die Erstellung von Zuordnungsregeln, die die Vergleichbarkeit der Daten der verifizierten Emissionsberichte mit der Struktur der Inventardatenbank jahresweise ermöglichen. Die einmalig erstellten Vergleiche haben die Nutzbarkeit zur Verifizierung einzelner Kategorien und Identifikation von Fehlstellen prinzipiell bestätigt. Ab dem Jahre 2011 wurde in einem Nachfolgeprojekt „D.E.N.K.“ untersucht, ob sich die Zuordnungsregeln verbessern lassen und das Verfahren weiter automatisiert werden kann. Dabei wurde deutlich, dass die Menge an Daten aus dem ETS für die Inventarberechnungen ressourcen- und zeitkritisch ist. Bei Abweichungen in den gebildeten Aggregaten, die den Anforderungen an die Vertraulichkeit von Betriebs- und Geschäftsgeheimnissen genügen, ist eine Prüfung der einzelbetrieblichen Datensätze notwendig. Diese Hürde wurde auch bei einem internationalen Workshop innerhalb des Projektes von den Experten anderer Länder für die deutsche Situation bestätigt. Die Prüfung der Datensätze des ETS (statt der automatisierten Nutzung der Aggregate) stößt bei der Zahl von ca. 35.000 an ihre Grenzen und wird demzufolge nicht dem Verfahren in anderen Ländern anzugleichen sein.

### **1.6.3 Umgang mit vertraulichen Informationen**

Nach Inkrafttreten des 3. Mittelstandsentlastungsgesetzes und der damit bereitgestellten Daten des Statistischen Bundesamtes erhielt das Umweltbundesamt Zugriff auf Daten, die der statistischen Geheimhaltung unterliegen.

Ebenso erhält die Nationale Koordinierungsstelle von Verbänden und Unternehmen Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionsdaten, die Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse enthalten und anderweitig vertraulich sind.

Hierzu sind in der Nationalen Koordinierungsstelle bei der Datenhaltung und beim Umgang mit den Daten besondere Vorkehrungen zu treffen und Prozeduren einzuhalten, die eine Wahrung der Vertraulichkeit sicherstellen.

Insbesondere muss eine strikte Trennung (räumlich und personell) von Statistik / Analyse und dem Vollzug gewährleistet sein.

Die Nationale Koordinierungsstelle und die betroffenen Facheinheiten des Umweltbundesamtes haben verschiedene Vorkehrungen zur Umsetzung dieser Erfordernisse getroffen. Dabei gilt immer der Grundsatz, dass Personen mit Vollzugsaufgaben keine fachverantwortlichen Aufgaben für die Emissionsberichterstattung in diesem Bereich übernehmen können.

Um eine genaue Einschätzung der Erfordernisse und der Möglichkeiten beim Umgang und der Nutzung der Datenbestände der Emissionsberichterstattung vornehmen zu können, hat die Nationale Koordinierungsstelle 2008 einen Auftrag zur Erstellung eines juristischen Gutachtens erteilt. Die Ergebnisse flossen in die Überarbeitung und Weiterentwicklung eines Konzepts der Nationalen Koordinierungsstelle zum Umgang mit vertraulichen Daten ein.

Schon vorher implementiert wurde eine personenscharfe Zugangsregelung zur Datenbank Zentrales System Emissionen (ZSE), die einen Datenzugriff nur dem dafür berechtigten Personenkreis erlaubt. Diese Maßnahme stellt den Kern der bestehenden Vorkehrungen zum Umgang mit vertraulichen Daten dar. Damit kann insbesondere die erforderliche personelle Trennung von Statistik und Vollzug praktisch umgesetzt werden. Darüber hinaus wurde 2009 für vertrauliche elektronische Daten, die nicht zentral in der ZSE gehalten werden (z.B. Energiedaten, die der statistischen Geheimhaltung unterliegen, Emissionsschutzerklärungen, Daten zu Großfeuerungsanlagen, Informationen zu Produktionsverfahren, etc.) ein speziell zugangsbeschränkter Bereich auf einem zentralen Server des Umweltbundesamtes eingerichtet.

Weiterhin werden Daten des *Statistischen Bundesamtes* auf einem personenbezogen passwortgeschützten Server beim *Statistischen Bundesamt* bereitgestellt.

## **1.7 Generelle Unsicherheitschätzung**

### **1.7.1 Treibhausgas-Inventar**

Die IPCC Guidelines 2006 charakterisieren die Bestimmung von Unsicherheiten als ein wesentliches Element eines vollständigen Inventars. Durch den Anspruch zur kontinuierlichen Inventarverbesserung kommt dem Aspekt der Unsicherheiten in den Inventaren eine hohe Priorität zu. Die Information über die Unsicherheit wird dabei vorrangig als Hilfe zur zukünftigen Verbesserung der Genauigkeit des Inventars sowie der Methodenwahl und der Rekalkulation betrachtet. Dabei ist es erklärtes Ziel, die Unsicherheiten so weit wie praktikabel zu reduzieren um möglichst genaue Inventare zu erhalten. Dazu müssen die Annex-I-Staaten die Unsicherheiten aller Kategorien und Senken zunächst quantifizieren, um eine bessere Übersicht über die Inventarqualität zu schaffen, die wiederum Voraussetzung für eine effektive Inventarplanung ist.

Die Quantifizierung der Unsicherheiten erfolgt für Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten oder auch für Emissionen.

Es werden grundsätzlich zwei Methoden zur Ermittlung von Unsicherheiten unterschieden. Die Tier-1-Methode kombiniert auf einfache Weise die Unsicherheit von Aktivitätsrate und Emissionsfaktor je Kategorie und Treibhausgas und aggregiert diese über alle Kategorien und Treibhausgaskomponenten zur Gesamt-Unsicherheit des Inventars. Die Tier-2-Methode zur Ermittlung von Unsicherheiten geht prinzipiell ebenso vor, berücksichtigt jedoch die

Verteilungsfunktion der Unsicherheit und aggregiert mittels einer Monte Carlo Simulation. Dies erfordert für die Tier-2-Methode zusätzlich die Ermittlung einer Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion für beide Parameter. Im Idealfall können diese Funktionen über die statistische Auswertung von Einzeldaten bestimmt werden (z.B. Messergebnisse einer größeren Zahl von Anlagen). Oft stehen jedoch nur wenige Werte zur Verfügung, so dass die Unsicherheit auf der Grundlage von Expertenschätzungen ermittelt werden muss.

Im Forschungsvorhaben 202 42 266 (UBA, 2004) ist erstmals eine Ermittlung der Unsicherheiten nach Tier 1 und nach Tier 2 gemäß Kap 6 der Good Practice Guidance 2000 vorgenommen worden. Für die Berichterstattung 2016 ist seitdem diese Datengrundlage kontinuierlich verbessert und die Unsicherheitsangaben für das Treibhausgasinventar weiter vervollständigt worden. Darüber hinaus wurden die Vorgaben der 2006 Guidelines übernommen. Deutschland berichtet im aktuellen NIR Unsicherheiten, die nach der Tier-1-Methode ermittelt worden sind. Die Angaben zur Unsicherheit der verwendeten Aktivitätsraten, Emissionsfaktoren und Emissionen stammen dabei aus der Datenbank ZSE. Diese basieren auf Expertenschätzungen der UBA Facheinheiten und externer Einrichtungen. In einigen Fällen liegen die Angaben zur Unsicherheit noch nicht vollständig als Expertenschätzung vor, so dass eine Ergänzung dieser Angaben aus anderen Quellen (z.B. einschlägige Fachliteratur) erfolgt.

#### **1.7.1.1 In Deutschland werden die Unsicherheiten nach der Tier 2 Methode alle 3 Jahre ermittelt. Vorgehen zur Unsicherheitsbestimmung nach Tier 1**

Die Ermittlung der Unsicherheiten nach Tier 1 gemäß Kapitel 3 der 2006er Guidelines erfolgt auf der Grundlage der auf unterster Subkategorieebene - im Wesentlichen durch die Fachverantwortlichen des UBA - ermittelten Unsicherheiten von AR, EF und EM, wie sie im ZSE hinterlegt sind. Bei vorliegenden asymmetrischen Unsicherheitsangaben wird der größere der beiden Werte - bei Annahme einer Normalverteilung - sowohl als obere als auch als untere Schranke verwendet. In jedem Sektor werden die Unsicherheiten der einzelnen Zeitreihen zu einer Gesamtunsicherheit des Sektors gemäß IPCC Good Practice Guidance aggregiert.

#### **1.7.1.2 Ergebnisse der Unsicherheitschätzung**

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die Aktivitätsraten geringere Unsicherheiten besitzen als die Emissionsfaktoren. Insbesondere die Aktivitätsraten, die sich aus dem Einsatz von Brennstoffen ableiten und die sich auf die bundesdeutsche Energiebilanz stützen, besitzen geringe Unsicherheiten. Mit der zunehmenden Disaggregation der Brennstoffeinsätze nehmen die Unsicherheiten der daraus abgeleiteten Aktivitätsraten jedoch in der Regel wieder zu.

- Gemäß der Ergebnisse aus einem FuE-Vorhaben (RENTZ et al, 2002) sind die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für indirekte Treibhausgase in stationären Feuerungsanlagen (CRF 1.A.1) als Folge ihrer regelmäßigen Überwachung vergleichsweise gering. Für die N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren werden höhere Unsicherheiten ausgewiesen, da die Emissionen von N<sub>2</sub>O im Normalfall nicht überwacht werden. Gleiches gilt auch für die Emissionsfaktoren von CH<sub>4</sub>.

- Für die Kategorie Verkehr (überwiegend CRF 1.A.3) ist generell von geringen Unsicherheiten auszugehen, da die Treibstoffeinsätze und die Fahrzeugflotten aufgrund ihrer Steuerpflicht sehr genau bekannt sind und die Emissionsfaktoren sehr differenziert modelliert und in der Regel messtechnisch ermittelt werden. Hier ergeben sich möglicherweise Unsicherheiten aus systematischen Messfehlern oder aus falscher Disaggregation.
- In der Kategorie der diffusen Emissionen (CRF 1.B) liegen bei den Aktivitätsraten zu flüssigen und gasförmigen Brennstoffen (CRF 1.B.2) aufgrund derer Steuerpflicht geringen Unsicherheiten vor. Eine Ausnahme bildet lediglich die Abfackelung von Gasen. Die Aktivitätsraten der Kohleförderung (CRF 1.B.1) sind ebenfalls durch die Produktionsmenge gut erfasst. Für die Emissionsfaktoren der diffusen Emissionen ist dagegen mit höheren Unsicherheiten zu rechnen. Das ergibt sich durch die Vielzahl und der Heterogenität der für die diffusen Emissionen relevanten technischen Sachverhalte bei Transport, Lagerung und der Aufarbeitung von Erdgas und Erdöl.
- Im Bereich der Industrieprozesse (CRF 2) sind in vielen Branchen höhere Unsicherheiten festzustellen. Aktivitätsraten, welche auf Produktionszahlen beruhen, die gegenüber dem Statistischen Bundesamt meldepflichtig sind, können vor allem aufgrund von gegenüber den Berichtsstrukturen abweichenden Branchendefinitionen Unsicherheiten aufweisen. Aktivitätsraten, welche aus Verbandsangaben ermittelt werden, sind in Abhängigkeit des Organisationsgrades der jeweiligen Industriebranche in diesem Verband mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet. Bei den Emissionsfaktoren sprechen insbesondere die hohe Technikabhängigkeit einerseits und der hohe Grad der technischen Diversifizierung andererseits für je nach Treibhausgas höhere Unsicherheiten. Ferner ist zu bemerken, dass insbesondere in Branchen mit wenigen Marktakteuren (z.B. Herstellung chemischer Produkte (CRF 2.B) technikspezifische Emissionsfaktoren oftmals Betriebsgeheimnisse berühren, was wiederum zu einer prinzipiellen Zurückhaltung der Betreiber hinsichtlich der Veröffentlichung solcher Daten oder zu pauschalierten Angaben führt. Darüber hinaus erhöhen die teilweise sehr komplexen Entstehungsprozesse der Emissionen aus nicht-verbrennungsbedingten Aktivitäten und die unzureichenden Erkenntnisse bezüglich bestimmter Emissionen verursachender Vorgänge sowie das eingeschränkte Wissen über die Beiträge einzelner Aktivitäten, die Unsicherheiten.
- In der Nahrungsmittelproduktion (CRF 2.D.2) ist insbesondere im Bereich der Alkoholika von sehr geringen Unsicherheiten der Aktivitätsraten auszugehen, da dort Steuertatbestände existieren, die eine sehr genaue Erfassung der Produktionsmenge zur Folge haben. Branchen mit einem großen Anteil kleiner und mittlerer Betriebe (z.B. Backwarenherstellung) werden dagegen in der Regel wesentlich ungenauer erfasst, so dass die Aktivitätsraten mit höheren Unsicherheiten behaftet sind. Für die Emissionsfaktoren ist aufgrund der erheblichen technologischen Diversifizierung der Branche ebenfalls mit höheren Unsicherheiten zu rechnen.

- Für die Kategorien der Abfallbehandlung (CRF 6.A.1, 6.D) und Abwasserbehandlung (CRF 6.B.1) sind die Unsicherheiten der dort anzusetzenden Emissionsparameter als hoch anzunehmen. Das gilt insbesondere für die Bereiche der Kompostierung und MBA sowie auch für die Abfalldeponierung, da sich dort die Vielfalt der verschiedenen Abfallarten negativ auf die Datensicherheit der Emissionsparameter auswirkt. Bei den Aktivitätsraten lassen sich höhere Unsicherheiten u.a. darauf zurückführen, dass die zugrunde gelegten statistischen Daten uneinheitliche Abfall- bzw. Verwertungsbegriffe nutzen. Diese generellen Annahmen zu den Unsicherheiten der Aktivitätsraten gelten auch für die thermische Behandlung von Abfällen.

Die Gesamtunsicherheit des Inventars nach Tier 1 für das Jahr 2014 beträgt 5,3 % (level) bzw. 4,9 % (trend). Bedeutsame Beiträge zur Gesamtunsicherheit liefern die CO<sub>2</sub>-Senken und – Quellen des Sektors LULUCF.

Die Lachgasemissionen insgesamt haben an der Gesamtunsicherheit ebenfalls einen maßgeblichen Anteil, der merklich durch die Lachgasemissionen aus Landwirtschaftlichen Böden (3.D) sowie aus der kommunalen Abwasser-Behandlung (5 D.1) bestimmt wird.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Sektors Verbrennung von Brennstoffen (1.A) steuern einen weiteren wichtigen Anteil zur Gesamtunsicherheit bei, dabei dominieren die festen Brennstoffe des Sektors Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung (1.A.1.a) sowie die mobilen Quellen (1.A.3) mit Schwerpunkt Straßenverkehr (1.A.3.b) und die Feuerungen der Haushalte und Kleinverbraucher (1.A.4.a/b/c).

Nennenswerte Beiträge zur Gesamtunsicherheit liefern ebenso die Methan-Emissionen aus der Nutztierhaltung (Fermentation bei der Verdauung 3.A) sowie aus der Abfallablagerung (5.A). Detaillierte Angaben zu den vorliegenden Unsicherheiten können dem Anhang 7 entnommen werden (siehe Kapitel 23).

### **1.7.2 KP-LULUCF-Inventar**

Da dieselben Daten und Methoden zur Berichterstattung der Kategorien 4.A-4.G unter UNFCCC und unter KP verwendet werden, sind auch die Unsicherheiten vergleichbar. Es gelten die Informationen des vorangegangenen Kapitels und der Kategoriekapitel (siehe auch Kapitel 11.3.1.5 und 19.4.4).

## **1.8 Generelle Prüfung der Vollständigkeit**

### **1.8.1 Treibhausgas-Inventar**

Angaben zur Vollständigkeit für die einzelnen Kategorien werden in den CRF-Tables 9(a) und 9(b) dargestellt, die im NIR in Kapitel 21 (Tabelle 516 und Tabelle 517) zusammengefasst sind. Unterschieden werden in Deutschland:

- nicht auftretende quellenspezifische Emissionen und Senken (NO - not occurring),
- in Deutschland nicht geschätzte quellenspezifische Emissionen und Senken, weil sie quantitativ nicht relevant oder weil die notwendigen Daten für eine Schätzung nicht vorhanden sind (NE - not estimated) und
- quellenspezifische Emissionen und Senken, die für Deutschland nach Stand des Wissens vollständig erfasst sind (All bzw. Full), bzw. teilweise erfasst sind (Part).

Im Folgenden wird kategoriespezifisch auf einige Ansatzpunkte zur Verbesserung des Inventars hinsichtlich seiner Vollständigkeit hingewiesen.

Alle verbrennungsbedingten Aktivitäten (1.A) aus dem Bereich der Energie sind vollständig erfasst. An einigen Stellen wird die Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland ergänzt, wenn erkennbar wird, dass in Teilbereichen keine vollständige Abdeckung erreicht wird (z.B. nicht kommerzieller Holzeinsatz, Sekundärbrennstoffe). In einigen Kategorien ist die Trennung von verbrennungsbedingten und nicht-verbrennungsbedingten Emissionen aus der Industrie noch weiter zu verifizieren; die Vermeidung von Doppelzählungen ist hier jedoch generell Bestandteil der Qualitätssicherung.

Im Bereich der Industrieprozesse wird teilweise auf Produktionsdaten aus Verbandsstatistiken und auf Herstellerangaben zurückgegriffen. Basiert die Emissionsberichterstattung auf diesen Quellen, wird zur Sicherstellung der Vollständigkeit und Zuverlässigkeit des Inventars auch in Zukunft Wert auf die Prüfung des Kategorien-Zuschnitts und der Methodik der Datenerhebung gelegt.

Bei den noch berichteten „Not Estimated“ (NE) handelt es sich vor allem um nicht berechnete Emissionen, die laut IPCC GPG (2003, p.1.11) nicht von einem Land berichtet werden müssen, da diese Emissionen in den Appendices 3a.2, 3a.3 und 3a.4. aufgeführt sind.

Einige der Emissionsdaten, die dem UBA zur Verfügung stehen, stehen aus Gründen des Datenschutzes unter Geheimhaltung und werden zwar vollständig, aber nur aggregiert berichtet.

Im Rahmen einer Vereinbarung zwischen der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) und der Nationalen Koordinierungsstelle wird der regelmäßige Datenaustausch sichergestellt.

### **1.8.2 KP-LULUCF-Inventar**

Da es keine Unterschiede in den Daten und Methoden zur Berichterstattung der Kategorie 5.A-5.G unter UNFCCC und unter KP gibt, gelten die Informationen des vorangegangenen Kapitels.

## **2 TRENDS DER TREIBHAUSGASE**

In der folgenden Tabelle 11 werden die für dieses Inventar ermittelten Gesamtemissionen der direkten und indirekten Treibhausgase sowie des Säurebildners SO<sub>2</sub> zusammengestellt. Der gegenüber 1990 erreichte jährliche Fortschritt wird in der Tabelle 12 im zeitlichen Verlauf abgebildet. Mit Ausnahme der HFKW konnten bei allen Emissionen deutliche Emissionsminderungen erreicht werden. Insgesamt sanken die Emissionen der Treibhausgase als CO<sub>2</sub>-Äquivalente gegenüber der vorgenannten Bezugsgröße um 27,9 %.

Alle detaillierten Tabellen zur Trenddiskussion finden sich im Anhangkapitel 22.2.4.3.

### **Trendverlauf unter Beachtung von Änderungen zum Vorjahr des Berichtszeitraumes**

Gegenüber dem Vorjahr 2013 sanken die Gesamtemissionen um 4,6 %. Dies resultierte weitestgehend aus einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund eines witterungsbedingt niedrigen Wärmebedarfes. Außerdem kam es zu einer deutlichen Senkung der CO<sub>2</sub> Emissionen aus der Stromerzeugung, da der Kohle- und Erdgaseinsatz zurückging.

Tabelle 11: Emissionen von direkten und indirekten Treibhausgasen und SO<sub>2</sub> in Deutschland seit 1990

Emissions Trends (kt)	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Net CO <sub>2</sub> emissions/removals	1.017.974	903.302	859.579	852.187	863.332	837.241	832.811	768.706	814.220	795.085	800.812	819.721	776.170
CO <sub>2</sub> emissions (without LULUCF)	1.050.959	938.047	899.204	865.912	877.378	850.750	853.194	788.377	832.220	812.440	816.990	835.746	792.859
CH <sub>4</sub>	4.738	4.157	3.482	2.721	2.565	2.477	2.440	2.352	2.320	2.277	2.304	2.279	2.225
N <sub>2</sub> O	219	206	146	147	146	152	154	151	125	129	126	128	130
HFC (CO <sub>2</sub> equivalent, 1995 base year)		8.379	8.050	9.664	9.887	9.988	10.170	10.724	10.281	10.530	10.730	10.763	10.902
PFC (CO <sub>2</sub> equivalent, 1995 base year)		2.086	956	837	668	587	566	406	345	279	242	258	234
SF <sub>6</sub> (CO <sub>2</sub> equivalent, 1995 base year)		6.467	4.072	3.320	3.242	3.181	2.971	2.924	3.047	3.163	3.155	3.261	3.396
NF <sub>3</sub>		5	9	34	28	12	30	29	61	61	35	16	20
NO <sub>x</sub>	2.885	2.166	1.927	1.573	1.557	1.486	1.412	1.312	1.337	1.316	1.274	1.271	1.223
SO <sub>2</sub>	5.312	1.707	646	474	476	460	460	411	432	428	413	410	387
NMVOG	3.389	2.025	1.599	1.337	1.323	1.265	1.213	1.126	1.235	1.165	1.133	1.110	1.041
CO	793	678	698	678	683	683	692	711	682	724	705	730	740

Tabelle 12: Veränderungen der Emissionen direkter und indirekter Treibhausgase und SO<sub>2</sub> in Deutschland seit dem jeweiligen Bezugsjahr

Emissions Trends	Base Year	Base Year to 2013	Base Year to 2014	compared to prev. year (2013 – 2014)
Changes compared to base year / prev. year (%)				
Net CO <sub>2</sub> emissions/removals	1990	-19,5	-23,8	-5,3
CO <sub>2</sub> emissions (without LULUCF)	1990	-20,5	-24,6	-5,1
CH <sub>4</sub>	1990	-51,9	-53,0	-2,4
N <sub>2</sub> O	1990	-41,5	-40,4	+1,8
HFC	1995	+28,4	+30,1	+1,3
PFC	1995	-87,6	-88,8	-9,3
SF <sub>6</sub>	1995	-49,6	-47,5	+4,1
NF <sub>3</sub>	1995	+203,0	+283,4	+26,5
<b>Total Emissions compared to EU Burden Sharing <sup>19</sup></b>	<b>fixed Base Year</b>	<b>-24,5</b>	<b>-27,9</b>	<b>+4,6</b>
NO <sub>x</sub>	1990	-55,9	-57,6	-3,8
SO <sub>2</sub>	1990	-92,3	-92,7	-5,7
NMVOG	1990	-67,2	-69,3	-6,2
CO	1990	-7,9	-6,7	+1,3

<sup>19</sup> Festgelegte Basisjahr-Emissionen von 1.232.430 Gg CO<sub>2</sub> äquivalent, ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF. S. Kapitel 0.2

## 2.1 Beschreibung und Interpretation des Emissionsverlaufs für aggregierte Treibhausgasemissionen

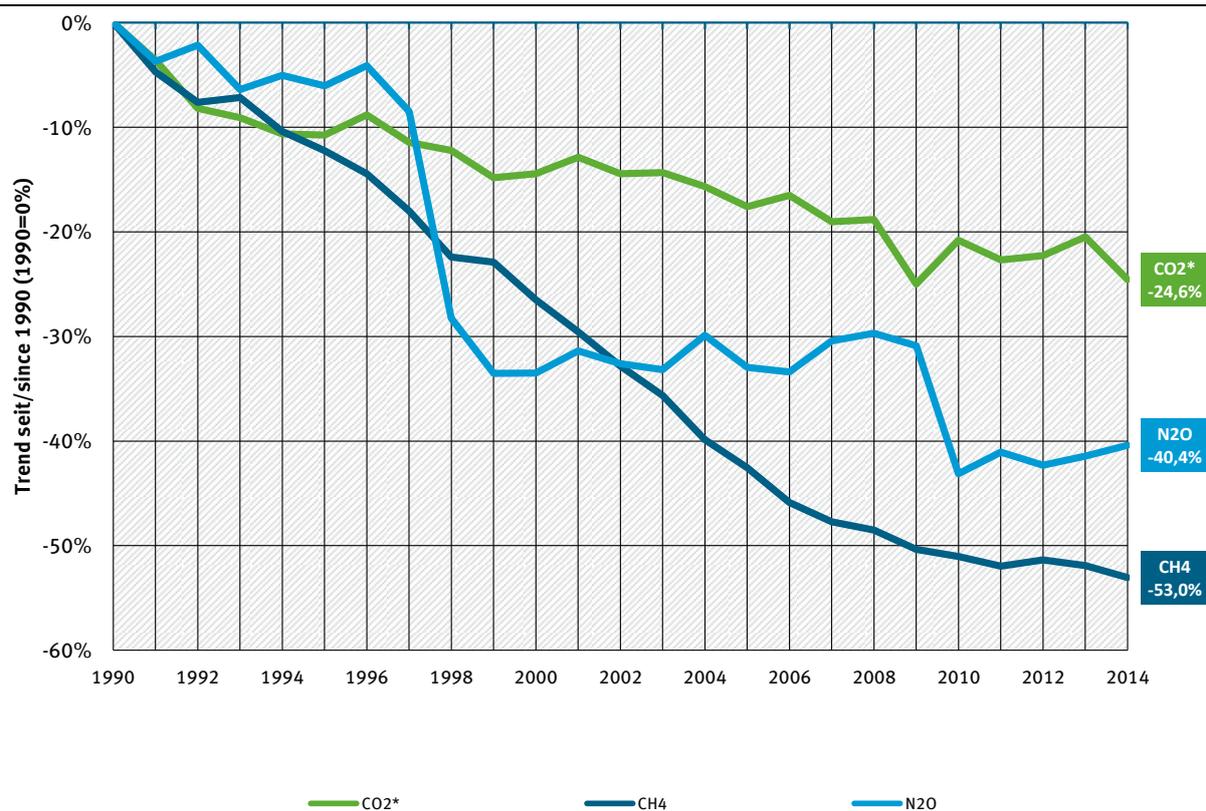
Von 1990 bis zum Jahr 2013 konnten die Treibhausgasemissionen mit einem Rückgang von 27,9 % deutlich reduziert werden. Die einzelnen Treibhausgase trugen dabei in unterschiedlichem Maß zu dieser Entwicklung bei (siehe Tabelle 1). Bei den direkten Treibhausgasen konnten die Emissionen der mengenmäßig dominierenden Gase deutlich gemindert werden, am stärksten bei Methan. Die Hauptursachen für diese Entwicklungen sind im Folgenden benannt:

- Umstellungen der Nutzung fester Brennstoffe auf emissionsärmere flüssige und gasförmige Brennstoffe im Zeitraum seit 1990;
- Steigende Bedeutung der Nutzung der Erneuerbaren Energien und damit verbundene Substitution fossiler Brennstoffe;
- Gesteigerte Anlageneffizienz ;
- Veränderung von Tierhaltungsbedingungen und der Abbau von Tierbeständen;
- Erfüllung gesetzlicher Regelungen im Bereich der Abfallwirtschaft;

Die Ursachen werden nachfolgend in der Trenddiskussion der einzelnen Treibhausgase näher ausgeführt. Die globale wirtschaftliche Krise, die Ende 2008 ihre ersten Auswirkungen in Deutschland zeigte, hatte dabei erheblichen Einfluss auf die Emissionen, ein Teil der jährlichen Fluktuationen der Jahre 2008-2014 wird durch konjunkturelle Schwankungen bestimmter Branchen verursacht.

Die Freisetzung von Kohlendioxid - weit überwiegend verursacht durch die Prozesse der stationären und mobilen Verbrennung – dominiert das Gesamtbild der aggregierten Treibhausgasemissionen. Durch den überdurchschnittlichen Rückgang der anderen Treibhausgase ist der Anteil der CO<sub>2</sub>-Emissionen an den Gesamttreibhausgasen seit 1990 gestiegen (s. Tabelle 2). Alle anderen Treibhausgase verursachen zusammen nur etwas über ein Zehntel der Gesamttreibhausgasemissionen. Das Verteilungsspektrum der Treibhausgasemissionen ist typisch für ein hoch industrialisiertes Land.

## 2.2 Beschreibung und Interpretation des Emissionsverlaufs nach Treibhausgasen



\* Kohlendioxid-Emissionen ohne LULUCF

Abbildung 15: Relative Entwicklung der Treibhausgase gegenüber 1990

In Abbildung 15 wird die relative Entwicklung der Emissionen der einzelnen Treibhausgase seit 1990 dargestellt. Bei der Diskussion ist zu beachten, dass hier die Entwicklung jedes dieser Treibhausgase weitgehend durch spezifische Entwicklungen in einer Kategorie dominiert wird.

### 2.2.1 Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

Die Minderung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist stark mit der Entwicklung im Energiesektor verbunden. Der starke Rückgang der Emissionen in diesem Bereich in den frühen 90er Jahren ist hauptsächlich auf die Umstrukturierungsprozesse in den neuen Bundesländern zurückzuführen; der damit einhergehende Umstieg auf emissionsärmere Energieträger sowie die Stilllegung veralteter Anlagen. Die Änderungen im Energieträgermix setzen sich in etwas abgeschwächter Form bis zum aktuellen Berichtsjahr fort.

Die Substitution von festen und flüssigen Brennstoffen durch Gase, im Wesentlichen Erdgas, zeigt sich auch in der Emissionsentwicklung der stationären Feuerungen. Während die CO<sub>2</sub>-Emissionen der flüssigen Energieträger im Vergleich zum Jahr 1990 um ca. 20 Prozent abnehmen, die der festen Brennstoffe sogar um 40 Prozent, steigen die Emissionen von gasförmigen Brennstoffen um rund 25 Prozent.

Wird der Emissionstrend auf Ebene der einzelnen Kategorien betrachtet, so fällt die Entwicklung sehr einheitlich aus. Verglichen mit 1990 sanken die Emissionen in allen Kategorien der energiebedingten Emissionen um insgesamt fast 245 Mio. t CO<sub>2</sub>.

Etwas anders sieht die Entwicklung im vom Straßenverkehr dominierten Verkehrssektor aus: Die CO<sub>2</sub>-Emissionen stiegen hier bis 1999 geringfügig an, gingen dann aber durch Verbrauchssenkungen, die Verlagerung von Tankvorgängen ins Ausland<sup>20</sup>, die Substitution von Benzin durch Diesel<sup>21</sup> sowie die Beimischung von Biodiesel leicht zurück. U.a. durch den stetigen Anstieg der durchschnittlichen Motorleistung stellte sich seit etwa 2007 ein stagnierender Trendverlauf ein, der durch einen Wiederanstieg von Verkehrs- und Fahrleistungen sowie den Rückgang der eingesetzten Biokraftstoffe im Jahr 2014 nach oben verlassen wurde (+ 2,0 Mio. t ggü. 2013). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen des Verkehrssektors liegen mit rund 153 Mio. t damit erstmals sogar knapp über dem Ausgangsniveau in 1990 (152 Mio. t).

### **Trendverlauf unter Beachtung von Änderungen zum Vorjahr des Berichtszeitraumes**

Gegenüber dem Vorjahr sanken die CO<sub>2</sub>-Emissionen aufgrund eines witterungsbedingt reduzierten Heizbedarfes.

#### **2.2.2 Lachgas (N<sub>2</sub>O)**

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen sanken seit 1990 um ca. 40 %. Hauptverursacher sind die Anwendung stickstoffhaltiger Dünger in der Landwirtschaft, die chemische Industrie, die Brennstoffnutzung und die landwirtschaftliche Tierhaltung. Vergleichbar geringere Emissionen entstehen durch die Abwasserbehandlung und die Produktverwendung von N<sub>2</sub>O (z.B. als Narkosemittel). Den deutlichsten Einfluss auf die Emissionsminderung hat der Industriebereich, hier insbesondere die Adipinsäureproduktion durch die Installation von Abgasbehandlungsanlagen in den Jahren 1997 und 2009. Durch technische Minderungsmaßnahmen wurden die Emissionen aus der Chemischen Industrie bezogen auf 1990 um über 96% gemindert, seit 1999 wird die Emissionsentwicklung stark durch die konjunkturelle Entwicklung in der chemischen Industrie beeinflusst.

### **Trendverlauf unter Beachtung von Änderungen zum Vorjahr des Berichtszeitraumes**

Gegenüber dem Vorjahr stiegen die Gesamtemissionen geringfügig, vor allem bedingt durch die steigenden Emissionen der Landwirtschaft.

#### **2.2.3 Methan (CH<sub>4</sub>)**

Die Methanemissionen werden hauptsächlich durch die landwirtschaftliche Tierhaltung, die Abfalldeponierung und die Verteilung flüssiger und gasförmiger Brennstoffe verursacht. Dem gegenüber sind die energie- und prozessbedingten Emissionen, sowie die Emissionen aus der Abwasserbehandlung fast zu vernachlässigen. Die Emissionen konnten seit 1990 um 53,0 % gemindert werden. Dieser Trend wurde hauptsächlich im Ergebnis umweltpolitischer Maßnahmen (Abfalltrennung mit verstärktem Recycling und zunehmender energetischer Verwertung der Abfälle) durch den Rückgang der Deponierung organischer Abfallmengen verursacht. Eine zweite wesentliche Ursache besteht in der verstärkten energetischen Nutzung von Grubengas bei gleichzeitigem Rückgang des Aufkommens (Schließung von Steinkohlebergwerken). Die Emissionen sanken in diesem Bereich seit 1990 um fast 80 %. Ein weiterer Grund für die Emissionsminderung bestand in der Verringerung der Tierbestände,

<sup>20</sup> Die Berechnung der Emissionen erfolgt auf Basis des inländischen Kraftstoffabsatzes. Nicht in Deutschland getankte Mengen schlagen sich daher auch nicht deutschen Emissionsinventar nieder.

<sup>21</sup> Der Anteil von Dieselmotoren am Gesamtkraftstoffverbrauch im Straßenverkehr ist im gesamten Zeitraum stark gestiegen. Wurden die Emissionen im Straßenverkehr 1990 noch zu fast zwei Dritteln durch den Benzinverbrauch verursacht, hat sich dieses Verhältnis seitdem beinahe umgekehrt.

vorwiegend in der ersten Hälfte der 90er Jahre in den neuen Bundesländern. Insbesondere auch die in diesem Teil Deutschlands durchgeführte Sanierung der veralteten Gasverteilungsnetze und die Verbesserungen bei der Verteilung der Kraftstoffe bewirkten weitere Minderungen der Gesamtemissionen.

### **Trendverlauf unter Beachtung von Änderungen zum Vorjahr des Berichtszeitraumes**

Gegenüber dem Vorjahr sanken die Emissionen erneut geringfügig. Rückgänge der Deponieemissionen sowie Minderungen bei den energiebedingten Emissionen werden dabei teilweise durch einen Anstieg der landwirtschaftlichen Emissionen neutralisiert.

#### **2.2.4 F-Gase**

In Abbildung 16 werden die Emissionsverläufe der sogenannten F-Gase im Zeitraum 1995 bis 2014 dargestellt. Die Emissionen der HFKW stiegen vor allem aufgrund des verstärkten Einsatzes als Kälteflüssigkeit in Kälteanlagen und der zunehmenden Entsorgung dieser Anlagen. Emissionsreduzierungen durch den verminderten Einsatz in PU-Montageschäumen wurden dabei überkompensiert. Die Emissionsminderungen bei den FKW wurden hauptsächlich durch Anstrengungen der Hersteller von Primäraluminium und der Halbleiterhersteller erreicht. Der Rückgang bei den SF<sub>6</sub>-Emissionen bis 2003 geht in erster Linie auf die seit Mitte der 90er Jahre auslaufende Anwendung in Autoreifen zurück. Hier hat eine erfolgreiche Umweltaufklärung eine Emissionssenkung um über 100 t bewirkt und die Treibhausgasemissionen um 2,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente gesenkt. Vergleichbares gilt für Schallschutzscheiben, in denen SF<sub>6</sub> bei der Herstellung gegenüber 1995 fast auf null reduziert wurde. Die heutigen und künftigen SF<sub>6</sub>-Emissionen stammen zu einem Großteil aus der offenen Entsorgung alter Scheiben. Auch bei Anlagen zur Elektrizitätsübertragung sanken die Emissionen deutlich. Wichtige verbleibende Emissionsquellen sind das Schweißen, die Herstellung von Solarzellen und von optischen Glasfasern.

NF<sub>3</sub> wird in Deutschland nur in der Halbleiter- und in der Photovoltaikproduktion eingesetzt. Die NF<sub>3</sub> Emissionen hatten in 2013 einen Anteil von 0,0022 % und im Basisjahr einen Anteil von 0,0004 % an den Gesamttreibhausgasemissionen. Aufgrund der geringen Relevanz für die Gesamttreibhausgasemissionen wird hier keine gesonderte Trendbetrachtung durchgeführt.

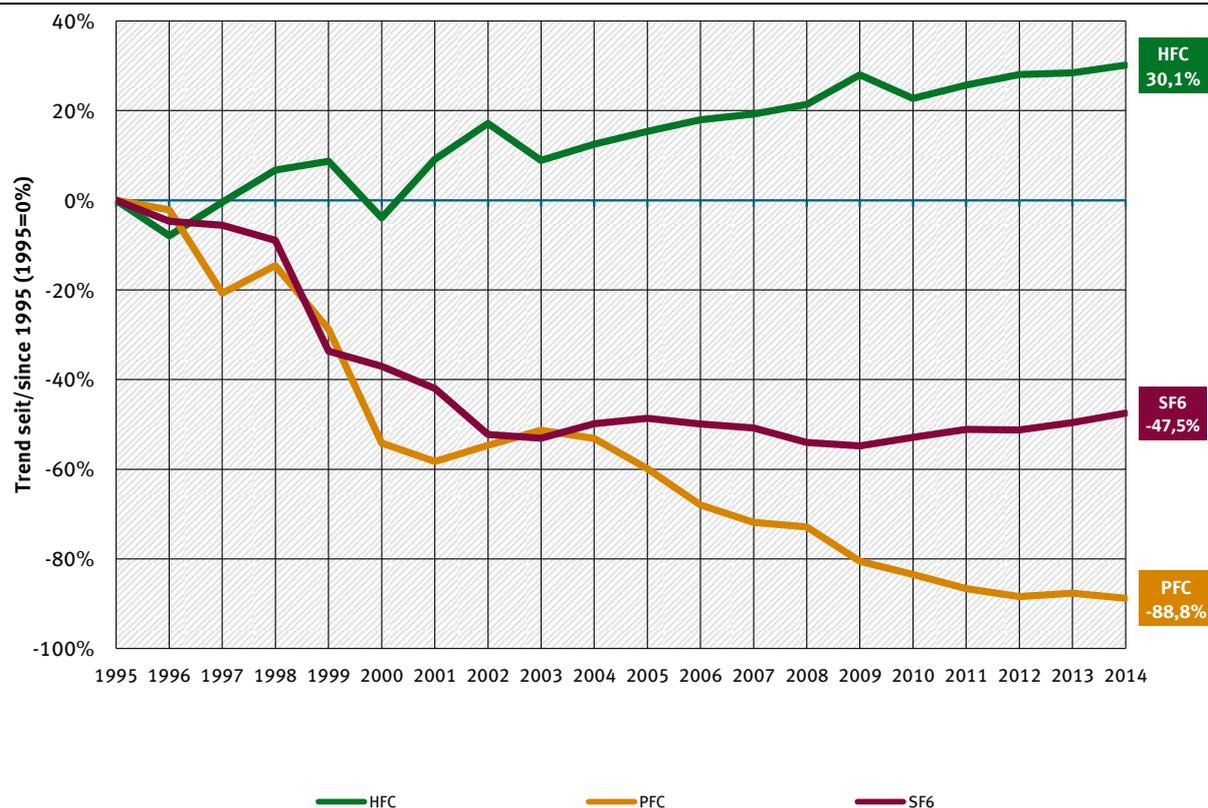


Abbildung 16: Relative Entwicklung der F-Gase gegenüber 1995

## 2.3 Beschreibung und Interpretation des Emissionsverlaufs nach Kategorien

### Energie

Der Emissionsminderung im Energiebereich resultiert im Wesentlichen aus dem starken Rückgang der verbrennungsbedingten CO<sub>2</sub> Emissionen (siehe hierzu auch die Ergebnisse der Key-Category-Analyse). Demgegenüber können in diesem Bereich die Emissionen der anderen Treibhausgase vernachlässigt werden. Dies stellt sich lediglich bei den nichtverbrennungsbedingten Emissionen (Kategorie 1.B.) anders dar. Hier sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen sehr gering, während die Emissionsentwicklung deutlich durch die aus der Verteilung flüssiger und gasförmiger Brennstoffe verursachten CH<sub>4</sub>-Emissionen geprägt wird. Insgesamt nahmen die energiebedingten Emissionen aller Treibhausgase seit 1990 um 26,4 % ab. Die darin enthaltenen Emissionen des Verkehrs sanken in diesem Zeitraum lediglich um etwas mehr als 2,0 % und damit geringer als die Emissionen aus stationären Feuerungsanlagen. Bei den verbrennungsbedingten Emissionen resultiert diese Entwicklung aus Umstellungen im Mix der eingesetzten Brennstoffe, der Erhöhung der Energieeffizienz und technischer Wirkungsgrade sowie aus der zunehmenden Nutzung emissionsfreier Energiequellen. Dagegen wirken sich bei den Verteilungsemissionen die verstärkte Grubengasnutzung, die Sanierung der Gasverteilungsnetze sowie die Einführung von Gaspendelungsanlagen bei der Kraftstoffverteilung aus.

In Tabelle 524 im Anhang werden für den Zeitraum seit 1990 die jeweiligen Emissionsveränderungen gegenüber dem Vorjahr zusammengestellt. Für CO<sub>2</sub> aus dem Energiebereich wird zum Beispiel deutlich, dass größtenteils temperaturbedingte Fluktuationen im Zeitverlauf - besonders unterschiedliche Temperaturverläufe im Winter - das

Heizverhalten und damit den Energieverbrauch zur Erzeugung von Raumwärme den jährlichen Trend der energiebedingten Emissionen beeinflussen.

### **Industrieprozesse (inkl. Produktverwendung)**

Der Bereich der Emissionen aus den Industrieprozessen wird von den Treibhausgasen Kohlendioxid und Lachgas dominiert. Relativ auffällige Änderungen bei den Emissionen von F-Gasen haben dagegen auf Grund des geringen Anteils an den Gesamtemissionen keinen großen Einfluss auf den Gesamttrend.

Die Emissionen aus Industrieprozessen sind stark an das Produktionsniveau gekoppelt. Speziell die CO<sub>2</sub>-Emissionen bilden hauptsächlich den Konjunkturverlauf der mineralischen, chemischen und metallherstellenden Industrien ab.

Ein nicht an die Produktion gekoppelter Trend konnte bei den N<sub>2</sub>O-Emissionen erreicht werden, weil bei der Adipinsäureproduktion emissionsmindernde Maßnahmen der Hersteller wirksam wurden. Dies hat insbesondere in den Jahren 1997 und 2010 zu deutlichen Reduktionen der N<sub>2</sub>O-Emissionen geführt. Insgesamt sanken die N<sub>2</sub>O-Emissionen seit 1990 auf ca. ein Zwanzigstel.

Für alle Industrieprozesse und Produktverwendungen zusammen ergibt sich für die Treibhausgase seit 1990 eine Minderung an THG-Äquivalenten um 36,8 %, und im Vergleich zum Vorjahr eine minimale Minderung, bedingt durch niedrigere Emissionen in der chemischen Industrie die sogar leichte Anstiege in anderen Bereichen kompensiert.

### **Landwirtschaft**

Die Abnahme der landwirtschaftlichen Emissionen um 15,0 % seit 1990 geht im Wesentlichen auf eine Abnahme der Tierbestände, aber auch auf Reduktionen der Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Düngeranwendung zurück.

### **Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft**

Die Abnahme der Einbindung von Treibhausgasen durch Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft ist im Wesentlichen auf eine veränderte Senkenfunktion in der Kategorie „Forest Land remaining Forest Land“ zurückzuführen. Im Zeitraum von 2002 bis 2008 beruhte die rückläufige Senkenfunktion des Waldes auf einer zunehmenden Entnahme von Holz für unterschiedliche Nutzungsarten. Ab 2008 nimmt die Senkenfunktion wieder zu, erreicht aber nicht das Niveau des Zeitraums 1990 bis 2001. Auch dies ist auf die Holznutzung zurückzuführen.

### **Abfall und Abwasser**

Die deutlichste Emissionsminderung von 70,2 % trat im Bereich der Abfallemissionen auf. Hier hat die Einführung eines verstärkten Recyclings von wiederverwertbaren Stoffen (Gelber Sack, Verpackungsverordnung u.ä.) sowie die seit Juni 2005 nicht mehr zugelassene Deponierung von biologisch abbaubaren Abfällen zu einer Verringerung der jährlich deponierten Abfallmengen geführt und damit eine Minderung von 72,6 % im Bereich der Deponieemissionen verursacht. Die ebenfalls zu dieser Kategorie gehörenden Emissionen aus der Abwasserbehandlung treten mengenmäßig deutlich hinter den Deponieemissionen zurück, sanken jedoch ebenfalls sehr stark.

Die detaillierten Daten finden sich in Tabelle 525 in Anhangkapitel 22.2.4.3.

Tabelle 13: Veränderungen der Treibhausgas-Emissionen in Deutschland nach Kategorien, seit 1990 / seit dem jeweils letzten Jahr

Emissionsentwicklung gegenüber 1990, Veränderung in %	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
1. Energie	0,0%	-11,4%	-16,0%	-19,7%	-22,6%	-24,6%	-23,9%	-22,1%	-26,4%
2. Industrieprozesse	0,0%	-2,7%	-23,0%	-24,8%	-38,1%	-38,0%	-39,0%	-39,1%	-39,1%
3. Landwirtschaft	0,0%	-13,3%	-13,8%	-19,0%	-19,8%	-17,7%	-18,3%	-16,8%	-15,0%
4. Landnutzung, -sänderung & Forstwirtschaft	0,0%	-1,2%	-2,0%	-5,4%	-1,7%	-1,1%	-0,2%	0,1%	0,4%
5. Abfall	0,0%	0,1%	-25,3%	-44,9%	-62,3%	-64,4%	-66,4%	-68,5%	-70,2%
Emissionsentwicklung, gegenüber dem jeweils letzten Jahr, Veränderung in %	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
1. Energie	0,0%	-0,2%	-0,4%	-2,4%	5,2%	-2,5%	0,9%	2,3%	-5,5%
2. Industrieprozesse	0,0%	-1,8%	4,0%	-3,9%	-4,8%	0,2%	-1,6%	-0,1%	0,0%
3. Landwirtschaft	0,0%	2,1%	-0,4%	-0,9%	-1,3%	2,6%	-0,7%	1,8%	2,2%
4. Landnutzung, -sänderung & Forstwirtschaft	0,0%	-0,4%	-0,1%	-0,7%	0,7%	0,7%	0,9%	0,3%	0,3%
5. Abfall	0,0%	-2,5%	-5,1%	-6,5%	-7,4%	-5,5%	-5,5%	-6,2%	-5,7%

Angaben ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF.

## 2.4 Beschreibung und Interpretation des Emissionsverlaufs für indirekte Treibhausgase und SO<sub>2</sub>

Die relative Emissionsentwicklung der indirekten Treibhausgase und SO<sub>2</sub> sind grafisch in der Abbildung 17 und in Tabelle 12 jeweils als Zeitreihen seit 1990 dargestellt. In diesem Zeitraum wurden deutliche Minderungen der Emissionen dieser Schadstoffe erreicht. So gingen die Emissionen von SO<sub>2</sub> um über 92,7 %, die von CO um 76,5 %, die von den NMVOC um 69,3% % und die von NO<sub>x</sub> um ca. 57,6 % zurück.

Die Emissionen von Schwefeldioxid, Stickstoffoxid, Kohlenmonoxid sind weit überwiegend durch stationäre und mobile verbrennungsbezogene Emissionen verursacht. Daneben treten bei den NMVOC-Emissionen noch die Emissionen aus der Anwendung von Lösemitteln mit in den Vordergrund.

Die im Folgenden aufgeführten Ursachen für diese Entwicklung sind dabei für alle hier betrachteten Komponenten in unterschiedlichem Ausmaß und mit unterschiedlicher Gewichtung relevant:

- Durch die Wiedervereinigung Deutschlands im Jahre 1990 trugen insbesondere die Emissionen des Gebietes der ehemaligen DDR zu einem sehr hohen Ausgangsniveau bei.
- In den Folgejahren wurden im Osten Deutschlands veraltete Industrieanlagen stillgelegt. Einige der Altanlagen wurden durch Neuanlagen ersetzt, die zum damaligen Zeitpunkt den modernsten Anforderungen genügten. Nicht stillgelegte Altanlagen wurden mit umfangreichen Emissionsminderungsmaßnahmen und mit die Energieeffizienz erhöhenden Maßnahmen nachgerüstet.
- Zudem erfolgte eine Umstellung des eingesetzten Brennstoffmixes. Insbesondere im Osten Deutschlands wurde der Anteil der heimischen Braunkohle zugunsten der mit geringeren Emissionen verbundenen Energieträger Erdgas und Heizöl reduziert.
- Im Verkehrsbereich erfolgte der Einsatz neuerer und mit schadstoffmindernder Technik ausgestatteter Fahrzeuge

- In den Jahren nach 1990 erlangten die immissionsschutzrechtlichen Regelungen der früheren Bundesrepublik Rechtsverbindlichkeit im Osten Deutschlands. Nach dem Auslaufen von zeitlich begrenzten Übergangsregelungen wurde das geltende Recht mehrfach an den weiterentwickelten Stand der Technik angepasst.
- Eingeführte gesetzliche Regelungen und marktwirtschaftliche Anreize führten zu einem sparsameren Umgang mit Energie und Rohstoffen.
- Internationale Rechtssetzung insbesondere der europäischen Gemeinschaft wirkte sich emissionsmindernd aus (z.B. die NEC-Richtlinie).
- Der zunehmende Einsatz von emissionsfreien Energieträgern (Strom/Wärme aus Sonne, Wind und Geothermie) wirkte sich insbesondere in den letzten Jahren auch auf die Emissionen der indirekten Treibhausgase aus.

Beschreibungen der Emissionsberechnungen für diese Schadstoffe sowie weitere detaillierte Einflussparameter für die Emissionsentwicklungen der einzelnen Luftschadstoffe können im Internet-Angebot des Umweltbundesamtes<sup>22</sup> eingesehen werden.

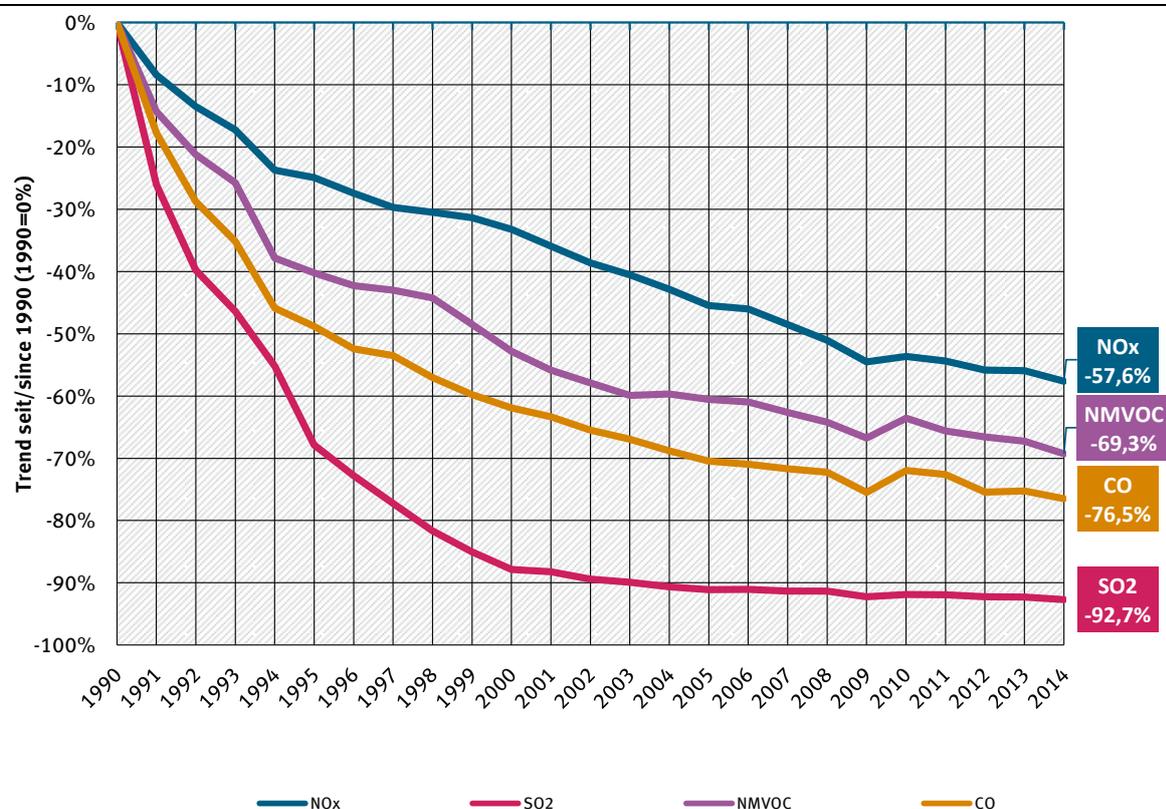


Abbildung 17: Emissionsentwicklung der indirekten Treibhausgase und von SO<sub>2</sub>

## 2.5 Beschreibung und Interpretation des Emissionsverlaufs für das KP-LULUCF-Inventar, für aggregierte Emissionen, nach Aktivität und Treibhausgas

Deutschland berichtet unter KP-LULUCF Artikel 3 Absatz 3 Aufforstung/Wiederaufforstung und Entwaldung (Afforestation/Reforestation, AR; Deforestation, D). In der zweiten Verpflichtungsperiode muss Deutschland Waldbewirtschaftung (Forest management, FM)

<sup>22</sup> <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/index.htm> sowie direkt im Informative Inventory Report (IIR): <http://iir-de.wikidot.com/>

nach Artikel 3, Absatz 4 des Kyotos-Protokolls anrechnen lassen. Als freiwillige Aktivitäten unter Artikel 3.4 des Kyoto-Protokolls wurden:

1. Ackerlandbewirtschaftung (Cropland management, CM)
2. Weidelandbewirtschaftung (Grazing land management, GM) gewählt und berichtet.

Berichtet werden die Treibhausgase Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas.

Unter Artikel 3.3 werden für das Jahr 2014 Einbindungen von -4.452,74 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent berichtet. Die Einbindung setzt sich zusammen aus der Einbindung durch Aufforstung und Wiederaufforstung von -6.449,29 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent und aus Emissionen von Entwaldung von 1.996,54 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent. Unter Aufforstung und Entwaldung werden Emissionen von CO<sub>2</sub> mit -4.604,43 kt CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> mit 14,01 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent und N<sub>2</sub>O mit 137,68 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent berichtet.

Unter Artikel 3.4 werden Einbindungen im Jahr 2014 von 18.523,30 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent berichtet. Das setzt sich zusammen aus der Einbindung von -55.357,16 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent aus Waldbewirtschaftung und Emissionen von 14.519,86 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent aus Ackerbewirtschaftung sowie 22.314,01 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent aus Weidebewirtschaftung. Die Emissionen für die drei Aktivitäten unterteilt nach den Gasen beträgt für CO<sub>2</sub> -19.686,99 kt, CH<sub>4</sub> 752,62 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent und N<sub>2</sub>O 411,07 kt CO<sub>2</sub>-äquivalent.

Tabelle 14: Emissionen von 2014 für die KP-LULUCF-Aktivitäten Aufforstung und Entwaldung unter Artikel 3.3 und Waldbewirtschaftung, Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung unter Artikel 3.4.

Kategorie	Emission 2014 [kt CO <sub>2</sub> -äquivalent]
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	-6.449,29
KP 3.3 Deforestation	1.996,54
KP 3.4 Forest Management	-55.357,16
KP 3.4 Cropland Management	14.519,86
KP 3.4 Grazing Land Management	22.314,01

### 3 ENERGIE (CRF SEKTOR 1)

#### 3.1 Übersicht (CRF Sektor 1)

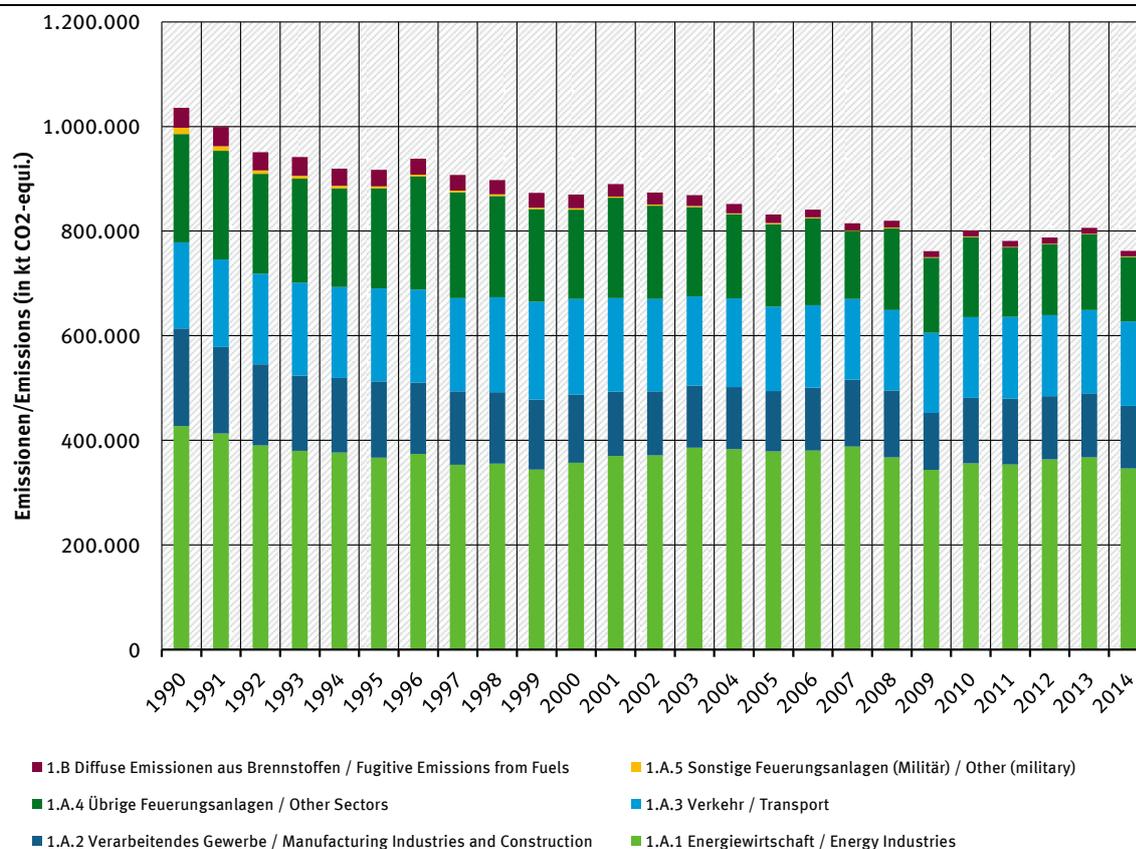


Abbildung 18: Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen des CRF-Sektors 1 <sup>23</sup>.

Für die Ermittlung der Aktivitätsraten aus der Verbrennung werden für mobile und stationäre Quellen unterschiedliche Modelle verwendet: Für stationäre Quellen die „Bilanz der Emissionsursachen - BEU“ und für mobile Quellen das Modell „Transport Emission Estimation Model - TREMOD“. In beiden Modellen werden verbrennungsbedingte Aktivitäten ermittelt und in der Emissionsdatenbank „Zentrales System Emissionen - ZSE“ erfasst.

Mit diesen verbrennungsbedingten Aktivitäten erfolgt durch Multiplikation mit den zugehörigen Emissionsfaktoren (vgl. Kapitel 18.7) innerhalb des ZSE die Berechnung der zugehörigen Emissionen. Hierbei wird von einer vollständigen Oxidation des in den Brennstoffen enthaltenen Kohlenstoffs ausgegangen.

#### 3.2 Verbrennung von Brennstoffen (1.A)

Die Aktivitätsraten für stationäre Verbrennung werden im Modell „Bilanz der Emissionsursachen“ (BEU) berechnet. Dieses vom Umweltbundesamt entwickelte Modell verwendet als Datengrundlage die Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland. Die Energiebilanz ist in den Kapiteln 18.1 bis 18.4 ausführlich beschrieben.

<sup>23</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen und Festlegungen in Böden werden unter Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft berichtet.

Mit Hilfe zusätzlicher Statistiken sowie verschiedener Annahmen werden diese Daten in den jeweiligen Sektoren der Energiewandlung und des Endverbrauchs weiter disaggregiert und ergänzt. Kriterien sind die immissionsschutzrechtliche Zulassung, Technologien und die Differenzierung bestimmter Brennstoffe. Das Modell besteht aus zwei Teilen: dem Teilmodell für die alten Bundesländer für die Jahre 1987-1994 und dem Teilmodell für Deutschland für die Jahre ab 1995. Das Modell für Deutschland ist überarbeitet und in den Berichten der zwei Forschungsvorhaben (FKZ 203 41 142: ÖKOINSTITUT, 2005 und 204 41 132: ÖKOINSTITUT / DIW, 2007) ausführlich dokumentiert worden. Für die Berechnung wird seit dem Jahr 2009 ein Datenbank gestütztes System der BEU auf Basis der MESAP-Software eingesetzt, das im Rahmen der Forschungsvorhaben FKZ 204 42 203/03 und FKZ 360 16 010 (GICON, 2008) analog zum Teilmodell Deutschland entwickelt wurde. Für die neuen Bundesländer sind die Daten für 1990-1994 bereits direkt in das ZSE eingegeben worden. Ihre Ermittlung ist in Kapitel 19.1.1 beschrieben.

Aus der Energiebilanz werden für die Ermittlung der emissionsrelevanten Brennstoffeinsätze aus stationären Quellen folgende Zeilen herangezogen:

A: Umwandlungseinsatz (Energiebilanzzeile 9 bis 19)

3. **Öffentliche Wärmekraftwerke** (Zeile 11) sind Anlagen, deren Betreiber zu den öffentlichen Versorgern gehören. Dazu zählen auch Industriebetriebe, die ihre Kraftwerke zusammen mit Elektrizitätsversorgungsunternehmen als Gemeinschaftskraftwerke betreiben. Ausgewiesen wird der Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung. In dieser Zeile der Energiebilanz enthalten ist auch der Brennstoffeinsatz in Heizkraftwerken der öffentlichen Versorgung, der der Stromerzeugung zuzuordnen ist.
4. **Industriewärmekraftwerke** (Zeile 12) umfassen folgende Betreibergruppen:
  - Kraftwerke des Steinkohlenbergbaus,
  - Kraftwerke des Braunkohlenbergbaus,
  - Kraftwerke der Mineralölverarbeitung (Raffineriekraftwerke),
  - Kraftwerke, die Einphasenstrom für die Deutsche Bahn AG erzeugen (Bis 1999 werden die Einsatzmengen in den Bahnkraftwerken unter 1.A.2.g.vii berichtet (EBZ 12); ab 2000 werden sie mit den öffentlichen Kraftwerken unter 1.A.1.a berichtet (EBZ 11)),
  - Kraftwerke der Industrie (Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau, verarbeitendes Gewerbe).
5. **Wasserkraft-, Windkraft-, Photovoltaik- u. a. Anlagen** (Zeile 14) umfasst alle Anlagen, die aus Biogas, Deponiegas, Klärgas, fester oder flüssiger Biomasse Strom erzeugen und diesen in das öffentliche Netz einspeisen. Weiterhin werden in diesem Teil der Energiebilanz auch die Brennstoffeinsätze der Mini-KWK Anlagen, die mit Erdgas oder leichtem Heizöl betrieben werden, berichtet. Da es für diese Anlagen keine Abschneidegrenze gibt, fallen darunter auch Kleinstanlagen aus den Sektoren Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen.
6. **Heizkraftwerke** (Zeile 15): hier wird der Brennstoffeinsatz angegeben, der der Fernwärmeerzeugung zuzuordnen ist. Die Addition der Zeilen 11 und 15 ergibt den gesamten Brennstoffeinsatz in öffentlichen Wärmekraftwerken. Die erzeugte Fernwärme wird in öffentliche Wärmenetze eingespeist. Diese Anlagen versorgen auch Industriekunden mit Prozesswärme.
7. **Fernheizwerke** (Zeile 16): hier wird der Brennstoffeinsatz für die öffentliche Fernwärmeversorgung aus Heizwerken angegeben. Die Anlagen werden häufig zur

Spitzenlastdeckung in Fernwärmenetzen verwendet, in denen die Grundlast aus Heizkraftwerken gedeckt wird.

B: Energieverbrauch im Umwandlungsbereich (Energiebilanzzeile 33 bis 39)

8. In den Zeilen 33 bis 39 bzw. in der Summenzeile 40 (**Energieverbrauch im Umwandlungsbereich**) wird unter anderem der Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung angegeben, der zum Betrieb der Umwandlungsanlagen notwendig ist. Hierbei wird nicht nach Art der Wärmeerzeugung unterschieden. So sind Brennstoffeinsätze zur Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen, Dampf- und Heißwasserkesseln und Prozessfeuerungen zusammengefasst. Eine Besonderheit in der Energiebilanz betrifft die Bilanzierung der Braunkohlengruben und -brikettfabriken. Seit dem Jahr 1980 wird dieser Eigenverbrauch gemeinsam mit dem Umwandlungseinsatz der Brikettfabriken zur Produktherstellung in der Zeile 10 verbucht. Damit ist der emissionsverursachende Einsatz des Eigenverbrauchs aus der Energiebilanz nicht mehr ablesbar und muss aus dem Umwandlungseinsatz heraus gerechnet werden. Die Brennstoffeinsätze zur Wärmeerzeugung in Kraft-Wärme-Kopplung bilden zusammen mit den Brennstoffeinsätzen zur Stromerzeugung der Kraftwerke des Steinkohlenbergbaus, des Braunkohlenbergbaus und der Raffineriekraftwerke den gesamten Brennstoffeinsatz in diesen Anlagen. Nach Abzug der Brennstoffeinsätze zur Wärmeerzeugung in Kraftwerken vom gesamten Einsatz in Zeile 40 verbleibt die Brennstoffmenge, die in den Prozessfeuerungen, Dampf- und Heißwasserkesseln eingesetzt wird.

C: Endenergieverbrauch (Energiebilanzzeile 46 bis 67)

9. Im **Endenergieverbrauch der Industrie** (Zeile 60 der Energiebilanz) ist der Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung dargestellt, der für die Produktion und zur Raumheizung erforderlich ist. Auch hier wird nicht nach Art der Wärmeerzeugung unterschieden. So bildet ein Teil des Endenergieverbrauchs in diesen Kategorien zusammen mit dem Brennstoffeinsatz der Industriekraftwerke zur Stromerzeugung den gesamten Brennstoffeinsatz in diesen Anlagen.
10. Die Angaben zum **Endenergieverbrauch der Haushalte** (Zeile 66 der Energiebilanz) beinhalten die Brennstoffeinsätze zur Wärmeerzeugung, das sind die Anwendungsbereiche Heizung, Warmwasserbereitung und Kochen.
11. Die Angaben zum **Endenergieverbrauch von Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher** (Zeile 67 der Energiebilanz) umfassen Brennstoffeinsätze zur Warmwasserbereitung, Raum- und Prozesswärmeerzeugung in diesem Sektor.

Für die vielfältigen Anforderungen der nationalen und internationalen Energie- und Emissionsberichterstattung reichen die Angaben der Energiebilanz nicht aus. So fasst die Energiebilanz Brennstoffeinsätze zusammen, die

- in Anlagen mit unterschiedlichen immissionsschutzrechtlichen Anforderungen eingesetzt werden (z.B. Großfeuerungsanlagen, mittelgroße Feuerungsanlagen, Kleinf Feuerungsanlagen, Abfallverbrennungsanlagen)
- die nach unterschiedlichen technischen Prinzipien arbeiten (z.B. Dampfturbinenkraftwerke, Gasturbinenkraftwerke, Verbrennungsmotoranlagen)
- regionale Besonderheiten aufweisen (z.B. unterschiedliche Qualitäten der Rohbraunkohlen in den einzelnen Fördergebieten)

- bei der nationalen und internationalen Emissionsberichterstattung jeweils unterschiedlichen Kategorien zuzuordnen sind
- in verschiedenen Energiebilanzzeilen je nach ihrem Verwendungszweck (zur Strom- bzw. zur Wärmeerzeugung) angegeben, aber in einer Anlagengruppe (z.B. Dampfturbinenkraftwerke) eingesetzt werden.

Diese Charakteristika haben Auswirkungen auf das Emissionsverhalten. Um diesen verschiedenen Anforderungen Rechnung zu tragen, werden die Daten der Energiebilanz im Modell *Bilanz der Emissionsursachen* (BEU) unter Verwendung weiterer Statistiken sowie mit eigenen Rechnungen disaggregiert. Die folgende Abbildung 19 gibt eine Übersicht über die Struktur

<b>Bilanz der Emissionsursachen (BEU)</b>
<u>Kategorien sind:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• öffentliche Wärmekraftwerke,</li> <li>• Steinkohlenbergbau,</li> <li>• Braunkohlenbergbau,</li> <li>• Deutsche Bahn AG, (bis 1999)</li> <li>• Mineralölverarbeitung,</li> <li>• Fernheizwerke,</li> <li>• übriger Umwandlungsbereich</li> <li>• Gewinnung von Steinen und Erden, sonstiger Bergbau und verarbeitendes Gewerbe (weitere Untergliederung der Prozessfeuerungen), (Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher werden außerhalb des BEU-Modells direkt im ZSE bearbeitet)</li> </ul>
<u>Anlagenarten sind:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dampfturbinenkraftwerke,</li> <li>• Gasturbinenkraftwerke,</li> <li>• Gas- und Dampfturbinenkraftwerke</li> <li>• Motorkraftwerke,</li> <li>• Kesselfeuerungen (ohne Kraftwerkskessel),</li> <li>• Prozessfeuerungen (untergliedert in 12 Prozesse).</li> </ul>
<u>Nach Energieträgern:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• etwa 40 verschiedene Brennstoffe</li> </ul>
<u>Nach immissionsschutzrechtlichen Regelungen aufbereitet, wird unterschieden in:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlagen der 13. BImSchV,</li> <li>• Anlagen der 17. BImSchV,</li> <li>• Anlagen der 1. BImSchV,</li> <li>• Anlagen der TA Luft</li> <li>• Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen</li> </ul>

Abkürzungen stehen für:

BImSchV            Rechtsverordnung nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz,  
 TA-Luft            Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft

Abbildung 19: Merkmale der UBA-Struktur der Bilanz der Emissionsursachen zur Disaggregation der Energiebilanz

Ziel des BEU-Modells ist es, eine Datenstruktur bereitzustellen, die für die unterschiedlichen Berichtspflichten verwendet werden kann. Insbesondere die Ermittlung der Emissionen klassischer Luftschadstoffe aber auch die Berechnung von Lachgas und Methanemissionen machte eine feinere Disaggregation notwendig.

Trotz der Umstellung der Energiebilanz auf die Einteilung der Wirtschaftszweige nach der WZ 93 und einer geänderten Gruppierung der Energieträger vom Jahre 1995 an, ist es gelungen, die Daten auf die dargestellte Grundstruktur zurückzuführen, so dass konsistente Zeitreihen erarbeitet werden konnten. Bedingt durch den erneuten Umstieg der Wirtschaftszweigklassifikation in den Energie-Statistiken ab dem Jahr 2008 von „WZ 2003“ auf „WZ 2008“ wurde die Erfassung der Aktivitätsdaten für die Prozessfeuerungen aus den Einzelstatistiken entsprechend dem Umsteigeschlüssel realisiert und dokumentiert (STATISTISCHES BUNDESAMT 2008: Umsteigeschlüssel WZ 2003 auf WZ 2008)

Die Struktur der Bilanz der Emissionsursachen (BEU) und ihre Merkmale wurde im Nationalen Inventarberichten 2011 in Abbildung 20 und tabellarisch in den Tabellen 16 bis 22 dargestellt und erläutert. Da es seither keine strukturellen Veränderungen gibt, sei hier auf diese Dokumentation verwiesen. Darin erfolgt die Zuordnung der Strukturelemente der BEU zur Datenbank des Zentralen Systems der Emissionen (ZSE) über eine eindeutige Namensvergabe.

Neben der bereits beschriebenen strukturellen Untergliederung werden zusätzlich die verschiedenen Brennstoffe in der Datenbank einzeln ausgewiesen. Die Brennstoffkategorien orientieren sich im Wesentlichen an der Energiebilanz. In einigen Fällen ist es nötig mit Hilfe der Energiestatistik und der Statistik der Kohlenwirtschaft, sowie einigen wenigen Verbandsstatistiken die Brennstoffe weiter zu untergliedern. Die verschiedenen Brennstoffqualitäten mit unterschiedlichen Kohlenstoffgehalten werden, gemäß der Berichtsvorgaben in den 5 Kategorien: Gase, Flüssige Brennstoffe, Feste Brennstoffe, Biomasse und sonstige Brennstoffe, zusammengefasst. Aufgrund der Vielzahl der unterschiedlichen Brennstoffe deren Anteile in den einzelnen Kategorien schwanken, kommt es häufig zu Änderungen der in den CRF-Tabellen ausgewiesenen impliziten Emissionsfaktoren.

Für die Ermittlung der Aktivitätsraten von Abfall in Müllverbrennungsanlagen und der Mitverbrennung in Feuerungsanlagen in den Sektoren Öffentliche Strom- und Wärmerzeugung (1.A.1) und verarbeitendes Gewerbe (1.A.2) hat das UBA im Rahmen eines Eigenforschungsprojektes eine gründliche Auswertung der Brennstoffeinsätze der Energiestatistik 060 und 066 (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013) und der Abfallstatistik (STATISTISCHES BUNDESAMT, FS 19 Reihe 1) des Statistischen Bundesamtes durchgeführt. Um alle Brennstoffmengen möglichst vollständig zu erfassen, wurden die Abfallmengen nach Sektoren und einzelnen Wirtschaftszweigen genau miteinander verglichen. Um beide Statistiken vergleichbar zu machen, wurden die Abfälle aus der Abfallstatistik den gleichen Brennstoffgruppen zugeordnet, wie sie in der Energiestatistik angegeben werden: in Feste Biomasse, Andere Mineralölprodukte, Klärschlamm, Haus- und Siedlungsabfälle und Industriemüll. Die Einordnung von Industrie- und Hausmüll erfolgte gemäß der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) wobei unter Industriemüll alle Abfälle eingeordnet wurden, die mit der Abfallnummer 01 bis 19 beginnen.

Das Ergebnis zeigt, dass in den letzten Jahren die erfassten Brennstoffmengen der Energiestatistik stetig angestiegen sind. Der Grund dafür ist u.a., dass immer mehr feste Biomasse (v.a. Alt- und Restholz) und aufbereitete Siedlungsabfälle zur Energieerzeugung eingesetzt werden. Insgesamt liegen die Abfallmengen der Energiestatistik abzüglich der festen Biomasse aber noch immer unter denen der Abfallstatistik. Demzufolge werden die Aktivitätsraten für Haus- und Industrieabfälle der Energiebilanz entnommen und um den

Differenzbetrag zur Abfallstatistik ergänzt. Da das Altholz in der Energiebilanz nicht als Abfall sondern als feste Biomasse deklariert wird, muss es in der Abfallstatistik vom aufgeführten Einsatz in Müllverbrennungs- und Feuerungsanlagen abgezogen werden, um eine Doppelzählung zu vermeiden.

Hinsichtlich der stofflichen Zusammensetzung wird der fossile und biogene Anteil von Hausmüll/Siedlungsabfall seit dem NIR 2006 im Verhältnis 1:1 separat ausgewiesen. Dieser Split-Faktor wurde durch das veröffentlichte Forschungsvorhaben, „Nutzung der Potenziale des biogenen Anteils im Abfall zur Energieerzeugung“ (UBA, 2011; Förderkennzeichen 3707 33 303) bestätigt. Der biogene Anteil des Industiemülls variiert stark in Abhängigkeit der Industriebranche und Anlagenart. Dies führt u.a. dazu, dass im Sektor verarbeitendes Gewerbe (1.A.2) für die Wirtschaftszweige Eisen und Stahl, Papier, Zement- und Kalkindustrie wie bisher ausführliche Datenerhebungen zu Ersatzbrennstoffen verwendet werden, die von den Verbänden Stahlinstitut (VDEh), Verband Deutscher Papierfabriken e.V. (VDP), Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie (BV Kalk) und vom Verein Deutscher Zementwerke e.V. (VDZ) zur Verfügung gestellt werden.

In Abbildung 20 sind alle relevanten Datenquellen für den Brennstoffeinsatz von Abfällen zur Energieerzeugung schematisch dargestellt.

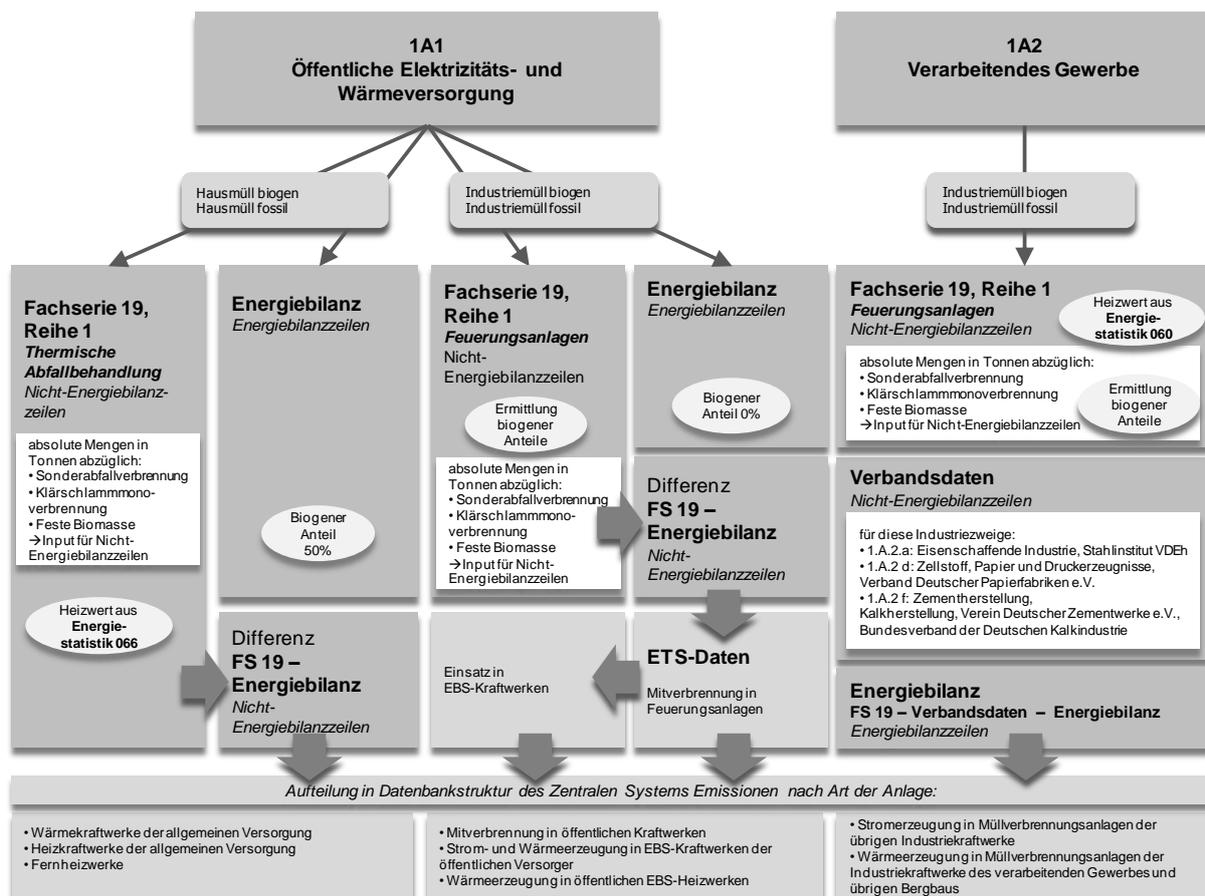


Abbildung 20: Schema der Datenquellen für den Brennstoffeinsatz von Abfällen zur energetischen Nutzung im Rahmen des Treibhausgas-Emissionsinventars

### 3.2.1 Verifikation des sektoralen Ansatzes zu CRF 1.A

#### 3.2.1.1 Vergleich mit dem CO<sub>2</sub>-Referenzverfahren

Im Rahmen des internationalen Klimaschutzes ist die Berichterstattung zu den verbrennungsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Grund des dominierenden Anteils an den Gesamtemissionen von größter Bedeutung. Von den Industrieländern wird hierzu routinemäßig das quellgruppenspezifische Verfahren angewendet, das auf der Ebene der einzelnen Energieverbrauchssektoren ansetzt und daher differenzierte Aussagen zur Struktur der Emissionen erlaubt. Als vereinfachtes und vergleichendes Verfahren wurde vom IPCC der *Reference Approach* (Referenzverfahren, 1.AB) entwickelt. Die so - ausgehend vom Primärenergieverbrauch (inländischer Einsatz von Energieträgern) - berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen müssen anschließend mit den Ergebnissen des *Sectoral Approach* (sektoraler Ansatz, 1.AA) verglichen werden.

Das Referenzverfahren wurde für alle Jahre ab 1990 durchgeführt. Als Basis dienen dabei jeweils die Angaben der Nationalen Energiebilanzen zum Primärenergieverbrauch. Für das Jahr 2014 war dabei zum Zeitpunkt der Inventarerstellung nur eine vorläufige Bilanz verfügbar.

Die Ergebnisse des Referenzverfahrens (1.AB) sind in Tabelle 15 sowie in Kapitel 20 im Anhang 4 dieses Berichtes zusammengestellt und werden in Abbildung 21 und Abbildung 22 mit weiteren verfügbaren Datensätzen der IEA und der einzelnen Bundesländer verglichen.

Die mit dem Referenzverfahren berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen weichen dabei aktuell um maximal 2,54 % nach unten (2010) bzw. 0,54 % nach oben (1990) von den Ergebnissen des sektoralen Ansatzes ab.

#### 3.2.1.2 Verifizierung mit anderen für Deutschland verfügbaren Datensätzen

Nachfolgend werden die Ergebnisse der detaillierten kategoriebezogenen Berechnung der energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen für Deutschland entsprechend den Vorgaben der *IPCC Guidelines* zur Verifizierung mit anderen für Deutschland verfügbaren nationalen und internationalen Datensätzen über die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Jahre 1990 bis 2012 verglichen. Für 2013 liegen diese Vergleichsdaten noch nicht vor.

Dies erfolgt durch Gegenüberstellung der Berechnungsergebnisse mit den Angaben:

- der IEA (kategorie-spezifisches Verfahren und Referenzverfahren) und
- der auf der Ebene der Bundesländer durchgeführten CO<sub>2</sub>-Berechnungen.

In Tabelle 15 und Abbildung 21 werden die Ergebnisse der unterschiedlichen CO<sub>2</sub>-Berechnungsansätze einander im zeitlichen Verlauf vergleichend gegenübergestellt. Die relevanten Entwicklungstrends werden in allen Berechnungsansätzen, inklusive dem Referenzverfahren – wenn auch auf unterschiedlichem Niveau – aufgezeigt. Um diese Niveauunterschiede zu veranschaulichen, werden in Abbildung 22 die relativen Abweichungen zwischen den verschiedenen Datensätzen dargestellt.

Insgesamt bestätigen diese Vergleiche die für Deutschland ermittelten CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich. Die mit dem *sektoralen Ansatz* ermittelten energiebedingten nationalen Gesamtemissionen (siehe UBA (CRF 1.A)) weichen im Mittel der Jahre 1990 bis 2012 wie folgt von den Vergleichsdatensätzen ab:

- |  |       |
|--|-------|
| • IEA (detailliertere Sektoraler Ansatz: IEA (SA)) | 1,5 % |
| • IEA (Referenzverfahren: IEA (RA))                | 0,7 % |

- 
- |   |       |
|---|-------|
| • nationales Referenzverfahren (UBA (RA))   | 1,1 % |
| • Ergebnisse der Bundesländer <sup>24</sup> | 0,4%  |

---

<sup>24</sup> Abweichung gegenüber UBA (CRF 1.A) inkl. CO<sub>2</sub> aus internationalem Flugverkehr (CRF 1.D.1.a);

Tabelle 15: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Inventare mit anderen unabhängigen nationalen und internationalen Ergebnissen

<b>Ergebnisse, Abweichung</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>
<b>IEA Statistiken SA (sectoral approach)</b>	<b>949,7</b>	<b>924,8</b>	<b>886,5</b>	<b>879,9</b>	<b>868,5</b>	<b>867,8</b>	<b>896,5</b>	<b>865,8</b>	<b>858,9</b>	<b>826,9</b>
Abweichung IEA SA von UBA (CRF 1.A)	-3,7	-2,8	-2,2	-1,9	-1,1	-1,1	-0,3	-0,4	-0,4	-1,2
<b>IEA Statistiken RA (reference approach)</b>	<b>970,9</b>	<b>939,8</b>	<b>900,3</b>	<b>886,6</b>	<b>875,4</b>	<b>875,8</b>	<b>901,5</b>	<b>876,1</b>	<b>870,6</b>	<b>835,1</b>
Abweichung IEA RA von UBA (CRF 1.A)	-1,5	-1,3	-0,7	-1,2	-0,3	-0,2	0,2	0,8	0,9	-0,3
Abweichung IEA RA von UBA RA	-2,0	-0,8	0,2	-0,5	0,5	1,4	1,6	2,1	2,4	1,1
<b>Ergebnisse der Bundesländer (Energie)</b>	<b>981,7</b>	<b>963,2</b>	<b>917,1</b>	<b>912,5</b>	<b>890,5</b>	<b>893,7</b>	<b>914,9</b>	<b>890,8</b>	<b>888,0</b>	<b>862,0</b>
Abweichung Bundesländer (Energie) von UBA	-1,6	0,0	-0,3	0,2	-0,2	0,2	0,0	0,6	1,0	0,8
<b>Reference Approach UBA (RA)</b>	<b>991,0</b>	<b>947,5</b>	<b>898,6</b>	<b>890,9</b>	<b>870,7</b>	<b>863,4</b>	<b>887,5</b>	<b>857,8</b>	<b>850,0</b>	<b>826,3</b>
Abweichung UBA RA von UBA (CRF 1.A)	0,5	-0,5	-0,9	-0,7	-0,9	-1,6	-1,4	-1,3	-1,5	-1,3
<b>Sektoraler Ansatz UBA (CRF 1.A)</b>	<b>985,7</b>	<b>951,9</b>	<b>906,7</b>	<b>897,1</b>	<b>878,3</b>	<b>877,6</b>	<b>899,6</b>	<b>869,2</b>	<b>862,6</b>	<b>837,3</b>
<i>internationaler Luftverkehr</i>	<b>12,0</b>	<b>11,7</b>	<b>12,7</b>	<b>13,7</b>	<b>14,3</b>	<b>14,8</b>	<b>15,6</b>	<b>16,1</b>	<b>16,7</b>	<b>18,0</b>
<b>Ergebnisse, Abweichung</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>IEA Statistiken SA (sectoral approach)</b>	<b>825,0</b>	<b>843,3</b>	<b>830,7</b>	<b>831,4</b>	<b>815,6</b>	<b>799,6</b>	<b>811,8</b>	<b>779,3</b>	<b>786,2</b>	<b>730,4</b>
Abweichung IEA SA von UBA (CRF 1.A)	-1,3	-1,8	-1,6	-1,1	-1,3	-1,1	-0,9	-1,8	-1,6	-1,6
<b>IEA Statistiken RA (reference approach)</b>	<b>841,8</b>	<b>870,3</b>	<b>844,4</b>	<b>839,2</b>	<b>836,5</b>	<b>811,4</b>	<b>819,3</b>	<b>800,8</b>	<b>801,7</b>	<b>742,2</b>
Abweichung IEA RA von UBA (CRF 1.A)	0,7	1,4	0,1	-0,2	1,2	0,4	0,0	0,9	0,4	0,0
Abweichung IEA RA von UBA RA	2,3	3,1	1,3	-0,1	1,5	0,7	0,3	1,6	1,5	1,0
<b>Ergebnisse der Bundesländer (Energie)</b>	<b>863,1</b>	<b>887,6</b>	<b>864,5</b>	<b>860,2</b>	<b>848,3</b>	<b>836,5</b>	<b>842,7</b>	<b>819,7</b>	<b>825,5</b>	<b>772,9</b>
Abweichung Bundesländer (Energie) von UBA	0,9	1,2	0,2	0,1	0,1	0,7	0,0	0,1	0,2	0,8
<b>Reference Approach UBA (RA)</b>	<b>822,8</b>	<b>844,5</b>	<b>834,0</b>	<b>840,0</b>	<b>823,8</b>	<b>806,0</b>	<b>816,7</b>	<b>787,9</b>	<b>789,8</b>	<b>735,1</b>
Abweichung UBA RA von UBA (CRF 1.A)	-1,6	-1,6	-1,2	-0,1	-0,3	-0,3	-0,3	-0,8	-1,1	-1,0
<b>Sektoraler Ansatz UBA (CRF 1.A)</b>	<b>836,2</b>	<b>858,6</b>	<b>843,9</b>	<b>840,8</b>	<b>826,7</b>	<b>808,2</b>	<b>819,1</b>	<b>793,9</b>	<b>798,7</b>	<b>742,4</b>
<i>internationaler Luftverkehr</i>	<b>19,1</b>	<b>18,6</b>	<b>18,5</b>	<b>18,9</b>	<b>20,7</b>	<b>22,7</b>	<b>23,9</b>	<b>24,8</b>	<b>25,1</b>	<b>24,4</b>
<b>Ergebnisse, Abweichung</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>						
<b>IEA Statistiken SA (sectoral approach)</b>	<b>769,9</b>	<b>742,2</b>	<b>755,3</b>	<b>NA</b>						
Abweichung IEA SA von UBA (CRF 1.A)	-1,5	-2,4	-1,4	NE						
<b>IEA Statistiken RA (reference approach)</b>	<b>775,3</b>	<b>752,5</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>						
Abweichung IEA RA von UBA (CRF 1.A)	-0,8	-1,1	NE	NE						
Abweichung IEA RA von UBA RA	1,8	1,2	NE	NE						
<b>Ergebnisse der Bundesländer (Energie)</b>	<b>805,6</b>	<b>784,1</b>	<b>793,3</b>	<b>NA</b>						
Abweichung Bundesländer (Energie) von UBA	0,0	0,1	0,3	NE						
<b>Reference Approach UBA (RA)</b>	<b>761,4</b>	<b>743,6</b>	<b>752,3</b>	<b>779,4</b>						
Abweichung UBA RA von UBA (CRF 1.A)	-2,5	-2,3	-1,8	-1,3						
<b>Sektoraler Ansatz UBA (CRF 1.A)</b>	<b>781,3</b>	<b>760,8</b>	<b>766,3</b>	<b>789,6</b>						
<i>internationaler Luftverkehr</i>	<b>24,0</b>	<b>22,8</b>	<b>24,8</b>	<b>25,4</b>						

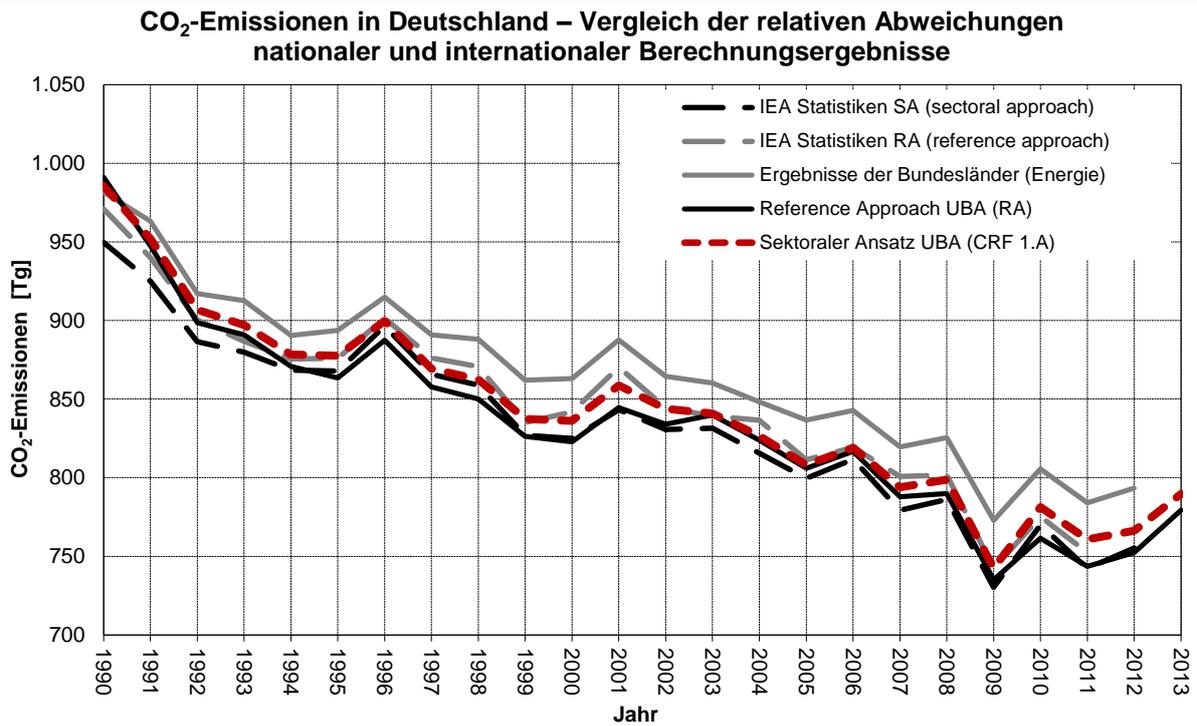


Abbildung 21: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland – Vergleich nationaler und internationaler Berechnungsergebnisse

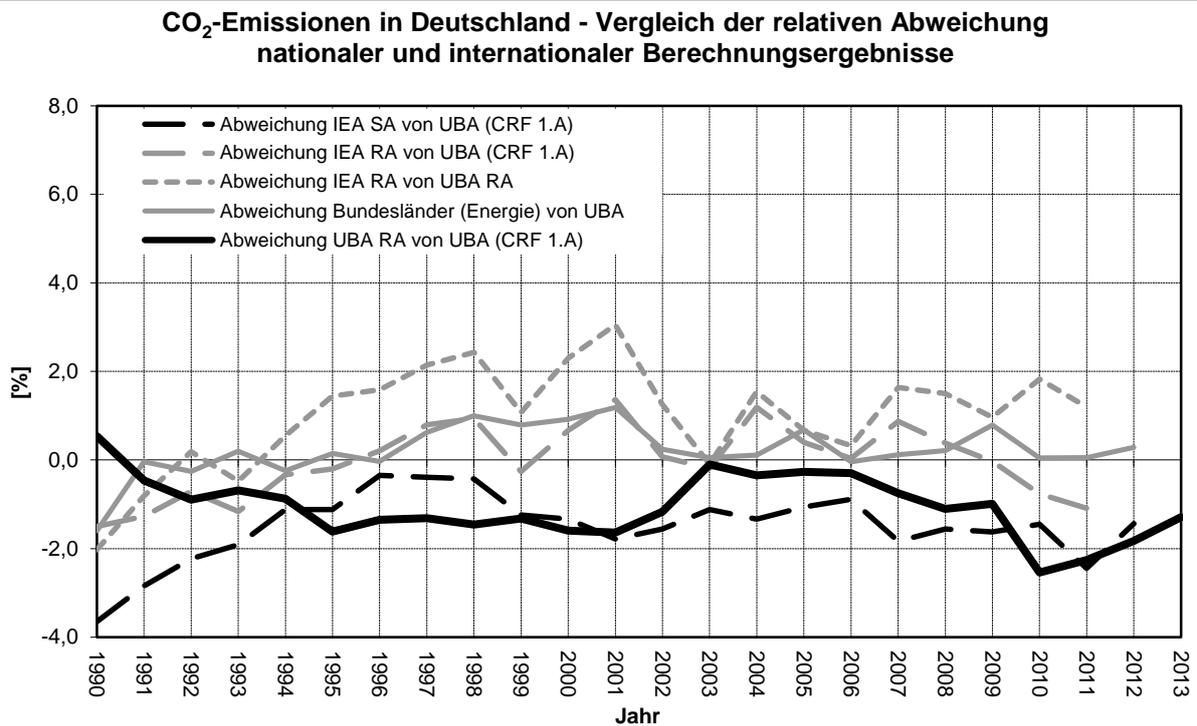


Abbildung 22: CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland – Vergleich der relativen Abweichungen nationaler und internationaler Berechnungsergebnisse

### 3.2.1.2.1 Vergleich mit den IEA-Ergebnissen

Die verwendeten Daten werden in jährlich aktualisierter Form international durch die IEA veröffentlicht (zuletzt: OECD/IEA, 2014). Da der Weg der Ermittlung, Aufbereitung und Anwendung der verwendeten Basisdaten gegenwärtig jedoch nicht exakt mit dem nationalen

Vorgehen in Deutschland vergleichbar ist und weitere methodische Informationen insbesondere zu den verwendeten detaillierten Daten fehlen, wird dieser Vergleich hier nur aus Gründen der Vollständigkeit aufgeführt.

Der Vergleich mit den Ergebnissen des sektoralen Ansatzes der IEA bestätigt trotz dieser Einschränkungen die nach der nationalen detaillierten Methode ermittelten Daten: Die mittlere Abweichung für aktuell 23 Jahre liegt bei 1,5 %. Die nationalen Vergleichsemissionen liegen dabei in allen Jahren höher als die durch die IEA ermittelten Ergebnisse. Die Einzelabweichungen variieren im Bereich von -3,7 % (1990) bis -0,3 % (1996).

Die Ergebnisse des von IEA durchgeführten Referenzverfahrens weichen vom in Deutschland durchgeführten Referenzverfahren im Mittel der 21 Jahre um 1,3 % ab. Dies ist hier nur aus traditionellen Gründen aufgenommen und in der Aussage eingeschränkt, da hier die Angaben der Vorjahresveröffentlichung der IEA verwendet wurden. In der oben genannten aktuellen Ausgabe sind die Ergebnisse des IEA-Referenzverfahrens nicht mehr veröffentlicht. Eine Diskussion erfolgt auf Grund dieser Einschränkung nicht.

### **3.2.1.2.2 Vergleich mit den für die einzelnen Bundesländer ermittelten Daten**

Durch die Bundesländer werden Angaben zu den jeweiligen CO<sub>2</sub>-Emissionen veröffentlicht (siehe: <http://www.lak-energiebilanzen.de/dseiten/co2BilanzenAktuelleErgebnisse.cfm> ). Zu den Verfahren, zuständigen und beteiligten Einrichtungen sowie den methodischen Beschreibungen wird auf den Internetauftritt bzw. auf die detailliertere Beschreibungen im NIR 2009 verwiesen.

Nachfolgend wird eine Gegenüberstellung der verfügbaren Länderergebnisse der Quellenbilanz mit den auf Bundesebene berechneten Inventaren für die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen durchgeführt. Erschwert wird der Vergleich dadurch, dass die verfügbaren Informationen für die einzelnen Bundesländer nicht immer in vollständigen Zeitreihen vorliegen. Die Füllung bestehender Fehlstellen erfolgte überwiegend durch Interpolation. Da aktuell nur für wenige Bundesländer Daten für 2013 verfügbar sind; wird der Vergleich auf den Zeitraum 1990 bis 2012 begrenzt.

Für den Vergleich ist von Bedeutung, dass methodisch in den Energiebilanzen der Bundesländer und den darauf aufbauenden Berechnungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen keine Korrektur für den im internationalen Luftverkehr eingesetzten Treibstoff durchgeführt wird. Aus diesem Grund müssen hier die Ergebnisse der Bundesländer mit den energiebedingten Gesamtemissionen (1.A) im Bundesinventar zuzüglich der nachrichtlich für den internationalen Luftverkehr berichteten Emissionen (1.D.1.a) verglichen werden.

Tabelle 16: Vergleich der Ergebnisse der CO<sub>2</sub>-Berechnungen der einzelnen Bundesländer mit den Bundesinventaren

Bundesland	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
	[Gg CO <sub>2</sub> ]									
Baden-Württemberg	74.374	78.590	78.036	78.673	74.535	78.074	81.759	78.570	80.080	77.379
Bayern	84.544	88.972	87.041	90.335	87.871	88.307	92.265	89.837	92.708	90.590
Berlin	26.941	27.957	25.234	26.643	25.531	24.445	24.726	23.560	22.876	23.693
Brandenburg	81.894	66.751	58.894	57.104	54.011	50.791	50.312	50.762	59.255	57.784
Bremen	13.433	13.586	12.903	12.517	13.341	13.239	14.256	14.170	13.857	12.793
Hamburg	12.743	14.226	13.116	13.813	13.361	13.467	14.572	13.940	13.651	13.362
Hessen	50.338	53.945	53.267	56.060	56.201	56.126	60.233	57.571	57.464	55.017
Mecklenburg-Vorpommern	15.539	10.757	9.360	9.473	9.510	10.233	11.636	10.654	10.413	10.627
Niedersachsen	77.138	82.276	80.915	79.553	78.192	78.334	78.475	79.440	80.405	77.316
Nordrhein-Westfalen	299.028	309.888	306.287	300.041	295.874	303.349	312.345	307.064	304.784	294.014
Rheinland-Pfalz	27.394	29.448	28.914	30.248	30.274	31.490	31.463	31.646	31.167	30.311
Saarland	23.708	25.767	24.398	23.214	24.313	23.133	23.852	21.825	23.795	22.833
Sachsen	91.465	77.105	64.059	66.046	62.988	61.349	56.223	51.036	37.167	35.116
Sachsen-Anhalt	50.863	38.085	31.892	27.887	26.307	25.200	25.652	25.294	25.261	26.900
Schleswig-Holstein	24.200	23.826	24.082	24.590	24.191	22.940	23.517	22.654	22.426	21.868
Thüringen	28.098	22.071	18.687	16.334	13.992	13.240	13.641	12.806	12.713	12.438
<b>Länderergebnis</b>	<b>981.699</b>	<b>963.249</b>	<b>917.084</b>	<b>912.531</b>	<b>890.493</b>	<b>893.716</b>	<b>914.927</b>	<b>890.828</b>	<b>888.021</b>	<b>862.041</b>
Sektoraler Ansatz UBA (CRF 1.A)	985.705	951.895	906.738	897.065	878.341	877.613	899.631	869.199	862.567	837.299
Internationaler Luftverkehr (CRF 1.D.1.a)	11.961	11.730	12.720	13.683	14.319	14.754	15.593	16.129	16.655	17.995
<b>Bundesergebnis (CRF 1.A + CRF 1.D.1.a)</b>	<b>997.666</b>	<b>963.625</b>	<b>919.458</b>	<b>910.747</b>	<b>892.660</b>	<b>892.367</b>	<b>915.224</b>	<b>885.328</b>	<b>879.222</b>	<b>855.294</b>
<b>Differenz Länder- zu Bundesergebnis (Gg)</b>	<b>-15.967</b>	<b>-376</b>	<b>-2.374</b>	<b>1.784</b>	<b>-2.167</b>	<b>1.349</b>	<b>-297</b>	<b>5.500</b>	<b>8.799</b>	<b>6.747</b>
<b>Differenz Länder- zu Bundesergebnis (%)</b>	<b>-1,6</b>	<b>0,0</b>	<b>-0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>-0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,6</b>	<b>1,0</b>	<b>0,8</b>

Bundesland	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	[Gg CO <sub>2</sub> ]									
Baden-Württemberg	74.940	80.108	76.549	75.598	74.768	77.222	78.283	70.952	72.556	66.153
Bayern	88.705	90.377	84.578	83.783	83.190	80.541	81.879	74.972	80.430	77.930
Berlin	23.661	24.068	21.281	21.249	20.184	19.998	19.915	17.466	18.517	17.928
Brandenburg	60.564	60.928	61.537	57.910	58.882	59.910	58.273	58.173	56.587	52.968
Bremen	14.079	14.137	14.031	14.667	13.057	12.222	12.704	13.645	13.056	12.603
Hamburg	13.073	12.784	12.495	12.650	12.569	12.299	12.432	11.926	11.855	11.786
Hessen	56.011	57.817	54.897	55.528	54.787	54.441	53.170	50.916	52.159	49.128
Mecklenburg-Vorpommern	10.256	10.718	10.908	10.696	10.906	10.354	11.141	10.053	10.844	9.522
Niedersachsen	74.228	73.145	72.061	71.040	70.019	70.158	70.298	69.898	69.402	65.810
Nordrhein-Westfalen	293.987	299.969	295.293	295.885	291.555	282.533	287.140	289.557	286.158	260.666
Rheinland-Pfalz	28.853	29.574	27.793	26.787	26.432	26.399	27.110	25.596	27.453	26.181
Saarland	23.459	23.260	22.964	23.278	23.917	24.799	23.577	25.714	22.961	18.511
Sachsen	41.552	48.842	49.038	49.625	48.476	47.019	48.295	46.854	46.927	47.980
Sachsen-Anhalt	26.301	26.840	27.518	28.171	27.145	27.846	27.821	26.477	26.973	26.772
Schleswig-Holstein	21.378	22.737	21.455	21.401	20.592	19.356	19.339	17.032	18.715	18.430
Thüringen	12.059	12.339	12.066	11.924	11.812	11.450	11.283	10.422	10.911	10.526
<b>Länderergebnis</b>	<b>863.106</b>	<b>887.643</b>	<b>864.465</b>	<b>860.192</b>	<b>848.291</b>	<b>836.547</b>	<b>842.659</b>	<b>819.652</b>	<b>825.504</b>	<b>772.894</b>
Sektoraler Ansatz UBA (CRF 1.A)	836.167	858.626	843.864	840.786	826.664	808.180	819.086	793.859	798.655	742.444
Internationaler Luftverkehr (CRF 1.D.1.a)	19.102	18.610	18.542	18.913	20.712	22.717	23.923	24.833	25.084	24.385
<b>Bundesergebnis (CRF 1.A + CRF 1.D.1.a)*</b>	<b>855.269</b>	<b>877.235</b>	<b>862.406</b>	<b>859.699</b>	<b>847.376</b>	<b>830.898</b>	<b>843.009</b>	<b>818.692</b>	<b>823.739</b>	<b>766.829</b>
<b>Differenz Länder- zu Bundesergebnis (Gg)</b>	<b>7.837</b>	<b>10.408</b>	<b>2.059</b>	<b>493</b>	<b>916</b>	<b>5.650</b>	<b>-350</b>	<b>960</b>	<b>1.765</b>	<b>6.066</b>
<b>Differenz Länder- zu Bundesergebnis (%)</b>	<b>0,9</b>	<b>1,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	<b>0,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,2</b>	<b>0,8</b>

Bundesland	2010	2011	2012	2013	2014 [Gg CO <sub>2</sub> ]	2015	2016	2017	2018	2019
Baden-Württemberg	67.565	66.336	65.889							
Bayern	80022	78505	77968							
Berlin	19772	17680	18833							
Brandenburg	55792	56347	57670							
Bremen	13924	13250	13576							
Hamburg	12114	11584	11408							
Hessen	50.259	47.964	48.822							
Mecklenburg-Vorpommern	10.985	10.364	10.997							
Niedersachsen	67.488	66.623	64.455							
Nordrhein-Westfalen	275301	268045	271966							
Rheinland-Pfalz	27336	25537	25451							
Saarland	19116	20678	21567							
Sachsen	48737	46833	48900							
Sachsen-Anhalt	27375	27173	27771							
Schleswig-Holstein	19043	17069	17662							
Thüringen	10771	10102	10373							
<b>Länderergebnis</b>	<b>805.600</b>	<b>784.090</b>	<b>793.308</b>							
Sektoraler Ansatz UBA (CRF 1.A)	781.252	760.832	766.279							
Internationaler Luftverkehr (CRF 1.D.1.a)	23.995	22.819	24.763							
<b>Bundesergebnis (CRF 1.A + CRF 1.D.1.a)*</b>	<b>805.247</b>	<b>783.650</b>	<b>791.042</b>							
<b>Differenz Länder- zu Bundesergebnis (Gg)</b>	<b>353</b>	<b>440</b>	<b>2.266</b>							
<b>Differenz Länder- zu Bundesergebnis (%)</b>	<b>0,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>							

\*) Korrektur ist erforderlich, da auf Ebene der Bundesländer keine Korrektur des Energieverbrauchs für den internationalen Flugverkehr erfolgt!

Anm.: Zahlen in kursiv und grau hinterlegt sind nicht Teil konsistenter Zeitreihen und wurden durch Verfahren zur Lückenschließung generiert (s. Text).

Im Ergebnis dieses Vergleiches wurde vom Trend her eine sehr gute Übereinstimmung der zusammengefassten Länderergebnisse mit dem Bundesinventar ermittelt. Im Durchschnitt der 23 Jahre wichen die CO<sub>2</sub>-Emissionen der Bundesländer um 0,4 % vom Bundesergebnis ab. Die Abweichungen lagen in ihren Extremen bei – 1,6 % im Jahr 1990 und 1,2 % im Jahr 2001.

### 3.2.1.2.3 *Geplante Verbesserungen*

Die Vergleichsergebnisse werden im Anschluss an die Berichterstattung regelmäßig mit den Vertretern des Länderarbeitskreises Energiebilanzen diskutiert und hinsichtlich weiterer Verbesserungsmöglichkeiten geprüft. Gegenwärtig bestehen keine weiteren konkreten Verbesserungspläne.

## 3.2.2 *Internationale Bunkerbrennstoffe*

### 3.2.2.1 *Emissionen aus dem internationalen Verkehr (1.D.1.a/1.D.1.b)*

Der internationale Verkehr gliedert sich in den internationalen zivilen Luftverkehr (1.D.1.a) und den internationalen Seeverkehr (1.D.1.b).

### 3.2.2.2 *Emissionen aus dem internationalen Flugverkehr (1.D.1.a)*

#### 3.2.2.2.1 *Beschreibung der Kategorie (1.D.1.a)*

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS (Tier 3)	NS/IS/M	CS / D*
CH <sub>4</sub>	CS (Tier 3)	NS/IS/M	CS (M)
N <sub>2</sub> O	CS (Tier 3)	NS/IS/M	CS (M)
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS (Tier 3)	NS/IS/M	CS (M)

\* mitverbrannte Schmierstoffe

Die Emissionen aus dem Verbrauch von Kraftstoffen für den internationalen Luftverkehr sind in der Inventarberechnung berücksichtigt, werden jedoch nicht als Bestandteil der nationalen Gesamtinventare berichtet und sind damit auch nicht Teil der Hauptkategorienanalyse.

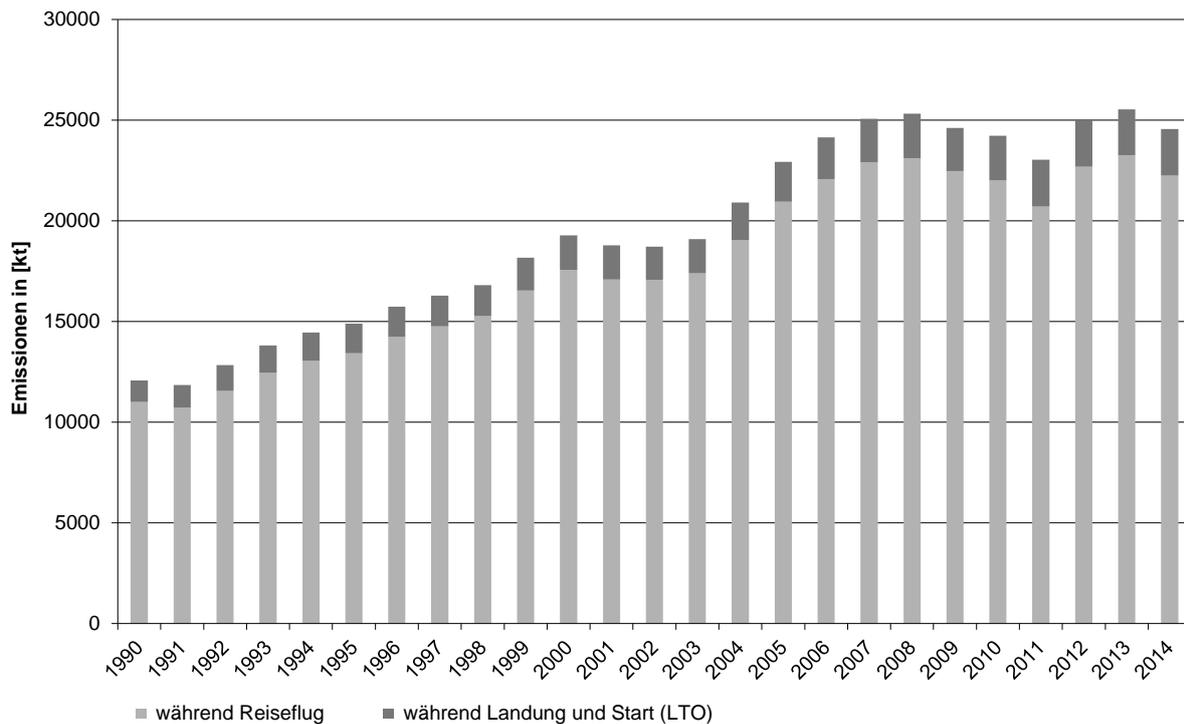


Abbildung 23: Treibhausgasemissionen des von Deutschland ausgehenden internationalen Flugverkehrs 1990-2014 (ohne CO<sub>2</sub> aus der Mitverbrennung von Schmierstoffen)

### 3.2.2.2 Methodische Aspekte (1.D.1.a)

Da anhand der deutschen Energiestatistiken eine Aufteilung der jährlichen Kraftstoffmengen auf internationalen und innerdeutschen Flugverkehr nicht verfügbar ist, erfolgt diese nachträglich anhand des jährlichen Anteils des nationalen Flugverkehrs am Gesamt-Kerosineinsatz, der innerhalb von TREMOD AV (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2015) nach Tier 3 berechnet wird. Der Einsatz von Flugbenzin wird separat und nur für den nationalen Flugverkehr berichtet und geht in die Berechnung des Splitfaktors nicht ein.

Die so ermittelten Anteile des internationalen Flugverkehrs an den in (AGEB, 2015a&b) bzw. in den vom Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle veröffentlichten Amtlichen Mineralöl-daten (BAFA, 2015) ausgewiesenen Kerosinmengen stellen sich wie folgt dar:

Tabelle 17: jährliche Anteile der Auslandsflüge an den Kerosin-Inlandsablieferungen, in [%]

1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
84,45	86,27	87,71	90,18	90,4	90,52	90,49	90,63	90,54	89,99	91,21	92,15	91,79

Quelle: TREMOD AV (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2015)

Weitere Angaben zu den verwendeten Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren finden sich in Kapitel 3.2.10.1 zum nationalen zivilen Flugverkehr.

### 3.2.2.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.D.1.a)

Siehe Nationaler Flugverkehr, Kapitel 3.2.10.1.3.

### 3.2.2.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.D.1.a)

Siehe Nationaler Flugverkehr, Kapitel 3.2.10.1.4.

**3.2.2.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.D.1.a)**

Angesichts ggü. Submission 2015 unveränderter Emissionsfaktoren beruhen die Veränderungen in den berichteten Emissionsmengen auf Korrekturen der Aktivitätsraten.

Den Ausgangspunkt bildet hier die Revision des prozentualen Anteils des innerdeutschen Flugverkehrs an den gesamten Kerosin-Inlandsablieferungen innerhalb TREMOD AV.

Tabelle 18: Revision des jährlichen Anteiles der von Deutschland abgehenden Auslandsflüge an den Kerosin-Inlandsablieferungen (Angaben in [%])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Submission 2016	84,45	86,27	87,71	90,18	90,54	89,99	91,21	92,15
Submission 2015	83,81	87,65	88,01	90,07	91,14	91,52	92,00	92,59
Differenz absolut	0,63	-1,38	-0,30	0,11	-0,61	-1,53	-0,78	-0,44
Differenz relativ	0,75%	-1,57%	-0,34%	0,12%	-0,66%	-1,68%	-0,85%	-0,47%

Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf TREMOD AV 2015 (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2015)

Daraus resultierend kommt es zu einer entsprechenden Anpassung des Kerosinverbrauchs für Inlandsflüge. Die Angaben für Flugbenzin blieben dagegen unverändert.

Tabelle 19: resultierende Revision des Kraftstoffeinsatzes für von Deutschland abgehende Auslandsflüge (Angaben in [TJ])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Submission 2016	163.258	201.388	260.737	310.074	327.514	311.464	338.004	345.271
Submission 2015	162.036	204.607	261.621	309.699	329.705	316.771	340.896	346.907
Differenz absolut	1.222	-3.218	-884	376	-2.192	-5.307	-2.892	-1.636
Differenz relativ	0,75%	-1,57%	-0,34%	0,12%	-0,66%	-1,68%	-0,85%	-0,47%

Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf TREMOD AV 2015 (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2015)

Aus den beschriebenen Korrekturen resultieren folgende rekalkulierte Emissionsmengen:

Tabelle 20: revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO<sub>2</sub>] (Gesamt-THG))

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Kohlendioxid - CO<sub>2</sub></b>								
Submission 2016	11.960	14.753	19.101	22.715	23.992	22.817	24.761	25.293
Submission 2015	11.870	14.989	19.165	22.687	24.153	23.205	24.973	25.413
Differenz absolut	89,5	-235,8	-64,7	27,5	-160,5	-388,8	-211,8	-119,8
Differenz relativ	0,75%	-1,57%	-0,34%	0,12%	-0,66%	-1,68%	-0,85%	-0,47%
<b>Methan - CH<sub>4</sub></b>								
Submission 2016	0,0453	0,0623	0,0724	0,0837	0,0935	0,0983	0,0975	0,0963
Submission 2015	0,0451	0,0618	0,0711	0,0833	0,0931	0,0979	0,0972	0,0958
Differenz absolut	0,0002	0,0004	0,0013	0,0004	0,0004	0,0005	0,0003	0,0005
Differenz relativ	0,36%	0,68%	1,90%	0,46%	0,42%	0,47%	0,34%	0,51%
<b>Lachgas - N<sub>2</sub>O</b>								
Submission 2016	0,376	0,464	0,601	0,715	0,754	0,717	0,778	0,795
Submission 2015	0,373	0,471	0,603	0,714	0,760	0,729	0,785	0,799
Differenz absolut	0,003	-0,008	-0,002	0,001	-0,005	-0,012	-0,007	-0,004
Differenz relativ	0,76%	-1,60%	-0,36%	0,12%	-0,68%	-1,70%	-0,86%	-0,48%
<b>Gesamt-THG</b>								
Submission 2016	12.073	14.893	19.281	22.930	24.220	23.033	24.995	25.533
Submission 2015	11.982	15.131	19.347	22.902	24.382	23.425	25.209	25.654
Differenz absolut	90,38	-237,99	-65,34	27,78	-162,06	-392,43	-213,85	-120,96
Differenz relativ	0,75%	-1,57%	-0,34%	0,12%	-0,66%	-1,68%	-0,85%	-0,47%

Abweichend von Kohlendioxid und Lachgas wurden hier die Methan-Emissionen für alle Jahre nach oben korrigiert. Grund hierfür ist eine in TREMOD AV erfolgte Anhebung des

prozentualen Anteils des auf den Lande- und Start-Zyklus (*Landing/TakeOff-Cycle*) entfallenden Kerosinverbrauchs am gesamten Inlandsverbrauch.

### 3.2.2.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.D.1.a)

Siehe Nationaler Flugverkehr, Kapitel 3.2.10.1.

### 3.2.2.3 Emissionen aus dem internationalen Seeverkehr/ Marine (1.D.1.b)

#### 3.2.2.3.1 Beschreibung der Kategorie (1.D.1.b)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS (Tier 2)	NS/IS/M	D* / CS
CH <sub>4</sub>	CS (Tier 2)	NS/IS/M	CS (M)
N <sub>2</sub> O	CS (Tier 2)	NS/IS/M	CS (M)
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS (Tier 2)	NS/IS/M	CS (M)

\* mitverbrannte Schmierstoffe

Die durch den von deutschen Seehäfen ausgehenden internationalen Seeverkehr verursachten Emissionen werden nicht als Bestandteil der nationalen Gesamtinventare berichtet und sind nicht Teil der Hauptkategorienanalyse.

Seit 1984 steigt der Schwerölverbrauch infolge hoher Mineralölpreise für Dieselkraftstoffe sowie des weltweit wachsenden Seeverkehrs und des zunehmenden Einsatzes schwerölfähiger Dieselmotoren. Der zeitweise Rückgang der Emissionen besonders in 1992 und 2009 wurde durch Handels- und Ölkrisen verursacht.

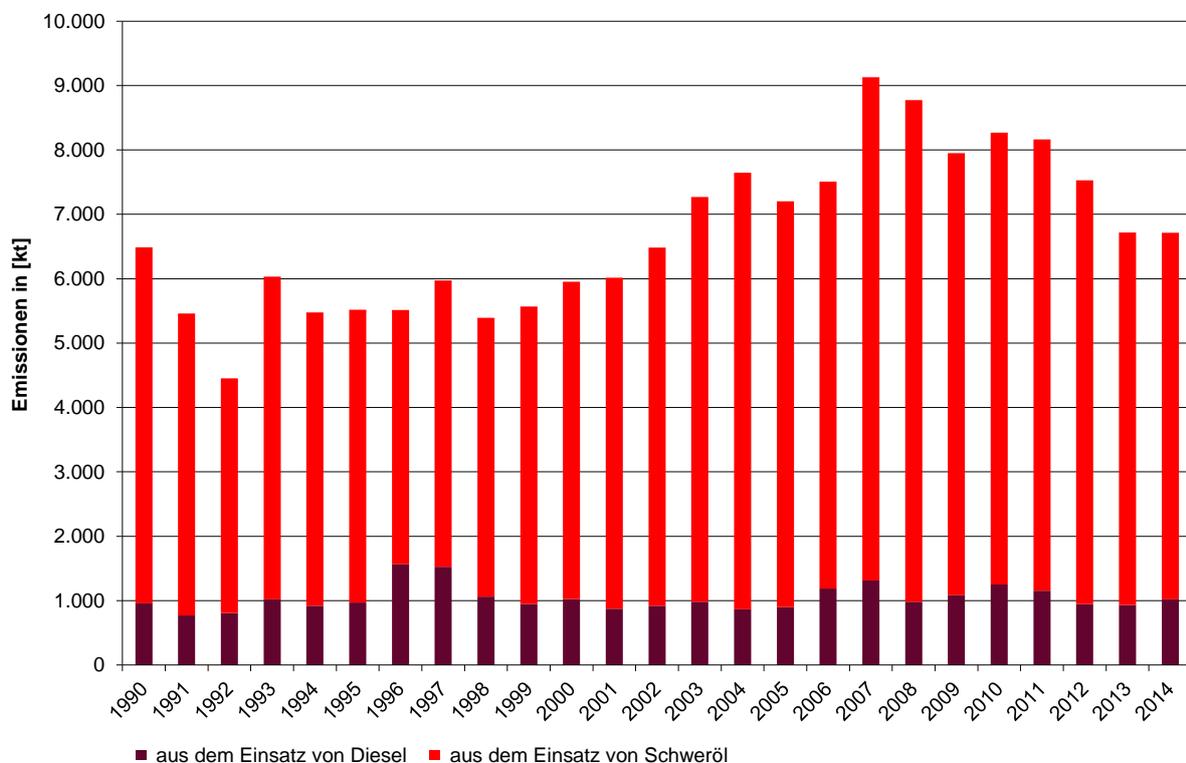


Abbildung 24: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des internationalen Seeverkehrs 1990 – 2014 (ohne CO<sub>2</sub> aus der Schmierstoff-Mitverbrennung)

### 3.2.2.3.2 *Methodische Aspekte (1.D.1.b)*

Deutschland berichtet gemäß Tier 1, das heißt, die Emissionen werden als Produkt aus den in Deutschland verkauften Kraftstoffen und landesspezifischen Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub> sowie Default-Emissionsfaktoren für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O berechnet.

Die **Aktivitätsraten** seegehender Schiffe stammen grundsätzlich aus den Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland (AGEB, 2015a&b), in denen in Energiebilanzzeile 6 (EBZ 6) Lieferungen für den IMO-zertifizierten Seeverkehr aufgrund abweichender Besteuerung als Hochseebunkerungen gesondert ausgewiesen werden.

Für Jahre, für die eine Energiebilanz nicht rechtzeitig vorliegt, wird auf die „Amtlichen Mineralöl-daten für die Bundesrepublik Deutschland“ des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle zurückgegriffen (BAFA, 2015: hier Tabelle 6j, Spalte: „Bunker int. Schifffahrt“), die in die Nationalen Energiebilanzen einfließen.

Die in diesen statistisch erfassten Mengen enthaltenen Bunkerungen national verkehrender Seeschiffe (Fracht und Passagiere (1.A.3.d), Fischerei (1.A.4.c iii) und Militär (1.A.5.b iii)) werden gemäß (BSH, 2015) gesondert berechnet und von den in EBZ 6 geführten Gesamtmengen abgezogen. Die sich ergebende Restmenge wird dem internationalen Seeverkehr ab D zugeordnet.

Zudem werden die Mengen mitverbrannter Schmierstoffe und die daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen erfasst und berichtet. Gemäß (VSI, 2014) wird dabei davon ausgegangen, dass die Menge mitverbrannter Schmierstoffe 0,15 % der eingesetzten Kraftstoffmenge entspricht (siehe Anhang-Kapitel 19.1.4).

Bezüglich der **Emissionsfaktoren** für Kohlendioxid wird auf Kapitel 18.7 verwiesen.

Für die Berechnung der Methan- und Lachgas-Emissionen wird auf die für den nationalen Seeverkehr verwendeten Emissionsfaktoren aus (BSH, 2015) zurückgegriffen. Hinsichtlich der Mitverbrennung von Schmierstoffen wird dagegen davon ausgegangen, dass die anfallenden N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen bereits in den Emissionsfaktoren der verwendeten Kraftstoffe abgebildet und daher hier als IE (*included elsewhere*) zu berichten sind.

### 3.2.2.3.3 *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.D.1.b)*

Siehe Kapitel 3.2.10.4.3.

### 3.2.2.3.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.D.1.b)*

Siehe Kapitel 3.2.10.4.4.

### 3.2.2.3.5 *Kategoriespezifische Rückrechnung (1.D.1.b)*

Die **Aktivitätsraten** wurden unverändert aus Submission 2015 übernommen. Lediglich die in Submission 2015 noch vorläufigen Angaben für das Jahr 2013 wurden durch solche aus der finalen Energiebilanz ersetzt.

Tabelle 21: Korrektur der Kraftstoffeinsätze 2013 (Angaben in [TJ])

	Diesel	Schweröl	GESAMT
Submission 2016	12.414	71.364	83.778
Submission 2015	12.344	71.321	83.665
Differenz absolut	70	43	113
Differenz relativ	0,57%	0,06%	0,14%

Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf Energiebilanz 2013 (AGEB, 2015a&b)

Der bisher verwendete Emissionsfaktor für Kohlendioxid aus der Verbrennung fossilen Diesels wurde durch einen auf aktuellen Erkenntnissen basierenden landesspezifischen Wert ersetzt.

Tabelle 22: Korrektur des EF(CO<sub>2</sub>) für Diesel (Angaben in [kg/TJ])

ab 1990	
Submission 2016	74.027
Submission 2015	74.000
Differenz absolut	27
Differenz relativ	0,04%

Quelle: eigene Berechnungen

Darüber hinaus kam es aufgrund der Revision einzelner Modellparameter über die gesamte Zeitreihe zu minimalen Veränderungen an den hier verwendeten modellierten impliziten Emissionsfaktoren für Methan und Lachgas.

Tabelle 23: Korrektur des EF(CH<sub>4</sub>) und EF(N<sub>2</sub>O) (Angaben in [kg/TJ])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Dieselmotorkraftstoff: IEF(CH<sub>4</sub>)</b>								
Submission 2016	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97
Submission 2015	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
Differenz absolut	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Differenz relativ	5,49%	5,48%	5,48%	5,48%	5,53%	5,48%	5,48%	4,93%
<b>Dieselmotorkraftstoff: IEF(N<sub>2</sub>O)</b>								
Submission 2016	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30
Submission 2015	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28	3,28
Differenz absolut	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Differenz relativ	0,63%	0,63%	0,63%	0,63%	0,63%	0,63%	0,63%	0,65%
<b>Schweröl: IEF(CH<sub>4</sub>)</b>								
Submission 2016	1,03	1,02	1,02	1,03	1,02	1,02	1,02	1,03
Submission 2015	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Differenz absolut	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Differenz relativ	0,19%	0,17%	0,18%	0,18%	0,24%	0,15%	0,16%	1,06%
<b>Schweröl: IEF(N<sub>2</sub>O)</b>								
Submission 2016	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,41
Submission 2015	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39	3,39
Differenz absolut	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Differenz relativ	0,38%	0,36%	0,37%	0,37%	0,37%	0,35%	0,36%	0,54%

Aus den beschriebenen Korrekturen resultieren folgende rekalkulierte Emissionen:

Tabelle 24: revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO<sub>2</sub>] (Gesamt-THG))

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Kohlendioxid - CO<sub>2</sub>*</b>								
Submission 2016	6.405,3	5.448,2	5.875,0	7.108,5	8.162,5	8.059,9	7.430,7	6.628,6
Submission 2015	6.405,0	5.447,9	5.874,7	7.108,2	8.162,0	8.059,5	7.430,4	6.619,6
Differenz absolut	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	9,0
Differenz relativ	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,14%

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Methan - CH<sub>4</sub></b>								
Submission 2016	0,083	0,070	0,076	0,092	0,105	0,104	0,095	0,086
Submission 2015	0,082	0,070	0,075	0,091	0,104	0,103	0,095	0,084
Differenz absolut	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Differenz relativ	0,96%	1,09%	1,07%	0,82%	1,02%	0,89%	0,82%	1,72%
<b>Lachgas - N<sub>2</sub>O</b>								
Submission 2016	0,275	0,234	0,252	0,305	0,351	0,345	0,318	0,284
Submission 2015	0,274	0,233	0,251	0,304	0,349	0,344	0,316	0,282
Differenz absolut	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Differenz relativ	0,41%	0,41%	0,41%	0,40%	0,41%	0,39%	0,39%	0,69%
<b>Gesamt-THG*</b>								
Submission 2016	6.489,4	5.519,7	5.952,1	7.201,8	8.269,6	8.165,4	7.527,7	6.715,4
Submission 2015	6.488,7	5.519,1	5.951,5	7.201,1	8.268,7	8.164,5	7.527,0	6.705,8
Differenz absolut	0,7	0,6	0,7	0,7	0,9	0,8	0,7	9,6
Differenz relativ	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,14%

\* ohne CO<sub>2</sub> aus der Schmierstoff-Mitverbrennung

Quelle: eigene Berechnungen

### 3.2.2.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.D.1.b)

Derzeit sind keine über die routinemäßige Revision des verwendeten Rechenmodells hinausgehenden quellenspezifischen Verbesserungen geplant.

### 3.2.3 Lagerhaltung

Diese Emissionen werden im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Referenz-Verfahrens berücksichtigt.

### 3.2.4 CO<sub>2</sub> Abscheidung von Abgasen und nachfolgende Speicherung (CCS) (CRF 1.C)

Derzeit befindet sich die Abscheidung und Speicherung von CO<sub>2</sub> (CCS) in Deutschland noch in der Erforschungsphase, es gibt einige Pilotanlagen.

Nach Untersuchungen des Öko-Institutes 2014 wurden in Deutschland ca. 70 kt CO<sub>2</sub> versuchsweise eingepresst. Eine messtechnische Überwachung an den Versuchsanlagen hat keine Austritte des CO<sub>2</sub> nachgewiesen. Um dennoch konservativ zu berichten, wurden die eingespeicherten Mengen im deutschen Inventar nicht abgezogen. Mögliche Entweichungen sind daher bereits berücksichtigt.

### 3.2.5 Landesspezifische Besonderheiten

Es liegen keine die Berichterstattung beeinflussenden Besonderheiten vor.

### 3.2.6 Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung (1.A.1.a)

#### 3.2.6.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.1.a)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.A.1.a Public electricity and Heat production	all fuels	CO <sub>2</sub>	338.451,2	27,77%	313.295,8	35,39%	-7,4%
L/-	1.A.1.a Public electricity and Heat production	all fuels	N <sub>2</sub> O	2.407,5	0,20%	2.446,8	0,28%	1,6%
-T	1.A.1.a Public electricity and Heat production	all fuels	CH <sub>4</sub>	172,2	0,01%	2.288,2	0,26%	1229,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	NS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS	NS	CS

Die Kategorie der *Öffentlichen Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe, dem Trend und dem Tier-2-Ansatz, für N<sub>2</sub>O nach der Emissionshöhe und für CH<sub>4</sub> nach dem Trend sowie dem Tier-2-Ansatz.

Unter der Kategorie 1.A.1.a „Öffentliche Elektrizitäts- und Wärmeversorgung“ sind im ZSE die Fernheizwerke und die Strom- und Wärmeerzeugung der öffentlichen Kraftwerke zusammengefasst. Anlagen, die den aus Biomasse erzeugten Strom in das öffentliche Netz einspeisen werden ebenfalls der Kategorie 1.A.1.a zugeordnet.

In der öffentlichen Elektrizitätserzeugung war 2014 eine Netto-Engpassleistung von ca. 102 GW installiert. Davon wurden ca. 77 GW mit fossilen Energieträgern oder deren Umwandlungsprodukten betrieben. Alle fossil betriebenen Anlagen zusammen erzeugten ca. 307 TWh elektrische Arbeit. Das entspricht ca. 75 % der gesamten öffentlichen Stromerzeugung (ca. 446 TWh). Dabei entfiel allein auf die Brennstoffe Braun- und Steinkohle die Erzeugung von ca.270 TWh Strom.

Heizkraftwerke trugen im Jahr 2014 zur öffentlichen Versorgung mit einer Nettostromerzeugung von etwa 45 TWh und einer Nettowärmeerzeugung von 88 TWh bei. Ergänzt wird die Fernwärmeversorgung durch ungekoppelte Wärmeerzeugung aus Heizwerken, die meist im Spitzenlastbetrieb betrieben werden. (*Statistisches Bundesamt, 2013a*).

Die folgende Graphik zeigt eine Übersicht über die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Kategorie 1.A.1.a:

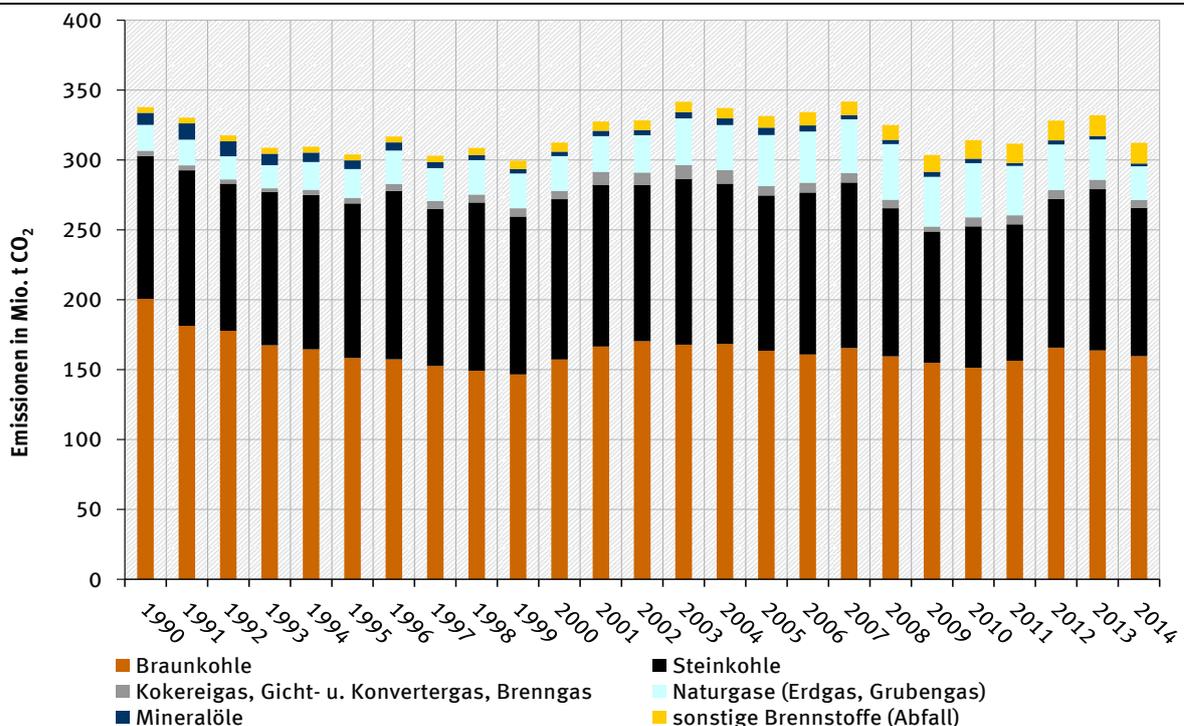


Abbildung 25: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kategorie 1.A.1.a

Insgesamt weisen die Emissionen bis 1999 einen fallenden Trend auf, was im Wesentlichen auf die Schließung vieler braunkohlebefuerter Anlagen in den neuen Bundesländern zurückzuführen ist. Danach wurden einige Anlagen wieder ersetzt, so dass ab dem Jahr 2000 die neu installierte Leistung von Braunkohlenkraftwerken die der vom Netz genommenen überstieg, was wieder zu steigenden Emissionen führte. Auch im Jahr 2012 gingen einige neue Kraftwerksblöcke ans Netz, was zu einem weiteren Anstieg der Emissionen aus Braunkohle führte. Insgesamt bleiben die Emissionen aus Braunkohleverstromung dennoch deutlich unter dem Niveau von 1990.

Der Emissionstrend wird im Wesentlichen von der Entwicklung und der Struktur der Stromerzeugungsanlagen geprägt, da diese den Hauptteil der Emissionen ausmachen. Von 1990 bis zum Jahr 1993 sinkt der Stromverbrauch, bedingt durch den Zusammenbruch der Industrie in den neuen Bundesländern. Ab 1994 bis zum Jahr 2007 kommt es zu einer deutlichen Erhöhung des Stromverbrauches in allen Sektoren, was eine Erhöhung der Stromproduktion nach sich zieht. Dadurch steigen auch die Emissionen aus der Stromproduktion. Hinzu kommen steigende Stromexporte, die sich ab 2003 im Saldo bemerkbar machen. Der steigende Trend wird durch den im Vergleich zum Jahr 1990 deutlich erhöhten Einsatz von Erdgas, die Erhöhung der Anlageneffizienz und die zunehmende Strombereitstellung durch erneuerbare Energieträger abgemildert.

Nach dem Jahr 2007, in dem, aufgrund niedriger Zertifikatspreise besonders viel Kohle zur Stromerzeugung eingesetzt wurde, kommt es 2008 zwischenzeitlich zu einer deutlichen Senkung der Emissionen, was auf einen erhöhten Einsatz von Kernkraft, Erdgas und erneuerbaren Energieträgern zurückzuführen ist. In 2009 zeigt sich deutlich auch in der öffentlichen Energieversorgung der Einfluss der Finanz- u. Wirtschaftskrise. Bereits im Jahr 2010 steigen die Emissionen aufgrund der wirtschaftlichen Erholung wieder an. Über die Zeitreihe betrachtet weisen die Steinkohlekraftwerke stärkere Schwankungen beim Brennstoffeinsatz auf, da sie im Gegensatz zur Braunkohle meist im Mittellastbereich gefahren werden und damit deutlicher auf Nachfrageschwankungen reagieren und zum anderen abhängig von Importpreisen sind. Außerdem kam es vor allem ab Mitte der 90er Jahre zu Sektorverschiebungen von der Industrie (1.A.1.c und 1.A.2.g) zur öffentlichen Versorgung (1.A.1.a), da Betreiber vermehrt zur öffentlichen Versorgung meldeten. Im Jahr 2012 sorgt die Ummeldung eines weiteren größeren Unternehmens vom Steinkohlenbergbau (1.A.1.c) zur öffentlichen Versorgung (1.A.1.a) zu einer deutlichen Verschiebung von Emissionen zwischen den beiden Sektoren. Eine weitere Begründung für den Anstieg der Emissionen aus Steinkohlekraftwerken in der Quellgruppe 1.A.1.a sind die seit dem Jahr 2012 deutlich gefallen Weltmarktpreise für Steinkohle. Der gleichzeitige Anstieg der Erdgaspreise führt letztlich zu einer Verschiebung des Brennstoffmixes zu Gunsten der Steinkohle. Die Mineralöle spielen für die deutsche Stromversorgung nur eine untergeordnete Rolle. Sie werden überwiegend zur Hilfs- und Stützfeuerungs in Kohle- und Müllheizkraftwerken und zur Spitzenlastherzeugung eingesetzt. Seit 1990 hat sich der Einsatz mehr als halbiert. Im Jahr 2009 wurde wieder etwas mehr Mineralöl zur Spitzenlastherzeugung eingesetzt, da es im Krisenjahr deutlich preiswerter war als Erdgas. Seit dem sinken die Brennstoffeinsätze wieder und damit auch die Emissionen aus der Nutzung von Mineralöl.

Der Einsatz von Erdgas zur Stromerzeugung ist seit 1990 sehr deutlich angestiegen, was jedoch nicht in gleichem Maße zum Emissionsanstieg führte, da Erdgas deutlich niedrigere spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen aufweist als Kohle. Der signifikante Anstieg des Erdgaseinsatzes ab 2005 ist insbesondere auf die Inbetriebnahme einer ganzen Reihe von großen GuD- und

mittleren Gasturbinenkraftwerken zurückzuführen. Darüber hinaus wird Erdgas zunehmend als Regelenergie für die Stromerzeugung aus fluktuierenden erneuerbaren Energien genutzt. Seit dem Jahr 2010 sinkt der Erdgaseinsatz zur Stromerzeugung wieder. Bis zum Jahr 2014 fällt der Wert sogar deutlich unter das Niveau von 2005. Diese Entwicklung ist im Wesentlichen auf die hohen Erdgaspreise zurückzuführen.

Der Einsatz von Abfällen in Müllverbrennungsanlagen und zur Mitverbrennung nimmt aufgrund der Gesetzesänderungen seit 1990 ebenfalls zu. Die zusätzlichen Emissionen durch vermehrten Einsatz von Abfällen führen zur Vermeidung von Methanemissionen aus Deponien. Die Nutzung von Gicht- und Konvertergas zur Stromproduktion ist abhängig vom Gasaufkommen der Stahlproduktion und unterliegt damit den wirtschaftlichen Schwankungen. Weiterhin können die Betreiber im Rahmen der statistischen Erhebungen wahlweise zur Industrie oder zur öffentlichen Versorgung melden. Insgesamt gibt es bei allen Brennstoffen immer wieder Wechsel in der Sektorzuordnung.

Aufgrund der wirtschaftlichen Erholung stieg im Jahr 2010 die Stromerzeugung aus fast allen fossilen Energieträgern z.T. sehr deutlich an, was zu einer Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Emissionen führte. Bis zum Jahr 2013 steigen die Emissionen weiter an. Das ist zum einen durch einen hohen Exportüberschuss zu erklären. Zum anderen durch den deutlich gesunkenen Anteil der Kernenergie, der teilweise durch fossile Energieträger ersetzt wird. Als weiterer Grund für die Steigerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Jahren 2010, 2012 und 2013 sind die kalten Winter zu nennen. Die erhöhte Wärmenachfrage führte zu einem höheren Brennstoffeinsatz in Fernheizwerken. Das Jahr 2014 war das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen in Deutschland, was zu einer geringeren Wärmenachfrage führte. Die milde Witterung hatte auch Auswirkungen auf die Stromerzeugung in KWK-Anlagen. Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien stieg auch im Jahr 2014 deutlich an. Dagegen sanken die Brennstoffeinsätze für alle fossilen Energieträger, was zu einer Verringerung der Emissionen führte.

Der Trend für das Treibhausgas N<sub>2</sub>O wird im Wesentlichen vom Kohleeinsatz bestimmt. Da für N<sub>2</sub>O keine Minderungsmaßnahmen in Energieerzeugungsanlagen bekannt sind, ist der seit 1990 sinkende Trend auf den verringerten Kohleeinsatz zurückzuführen.

Für CH<sub>4</sub> ist dagegen seit 1990 ein steigender Trend zu beobachten. Hier macht sich vor allem der seit 2003 deutliche Anstieg des Biogaseinsatzes bemerkbar. Biogas wird vorwiegend in Verbrennungsmotoren eingesetzt, die sehr hohe spezifische Methanemissionen aufweisen.

### **3.2.6.2 Methodische Aspekte (1.A.1.a)**

#### **Aktivitätsraten**

Die in der Energiebilanz verbuchten Energieeinsätze werden im Modell „Bilanz der Emissionsursachen“ mit Hilfe statistischer Daten nach verschiedenen Kriterien auf mehrere Zeitreihen aufgeteilt. Ziel der Berechnungen ist es, eine an die technischen Belange der Strom- und Wärmeerzeugung angepasste Datenbasis zu schaffen. Folglich können brennstoff- und technikspezifische Emissionsfaktoren auf die Aktivitätsraten angewendet werden.

Um den Einsatz von Erdgas und leichtem Heizöl in Gasturbinen, GuD-Anlagen, Dampfturbinen und Gasmotoren zur Strom- und Wärmeerzeugung berechnen zu können wurde 2014 im UBA ein Verfahren entwickelt, mit dessen Hilfe aus der UBA-Kraftwerksdatenbank bekannte Wirkungsgrade in die Berechnung einbezogen wurden. Damit kann über die aus der

Energiestatistik verfügbare Stromerzeugung für die o.g. Anlagenarten ein Brennstoffeinsatz berechnet werden.

Ab dem Jahr 2012 weist die Energiebilanz Mini-KWK Anlagen als sogenannte Einspeiser in das öffentliche Netz aus. Folgerichtig werden die Emissionen aus der Erdgasverbrennung sowie der Verbrennung von leichtem Heizöl in diesen Anlagen, in der Quellgruppe 1.A.1.a berichtet. Die Brennstoffeinsätze aus der Wärmeerzeugung werden in der Quellgruppe 1.A.4 berichtet. Da die Anlagen unterhalb der statistischen Abschneidegrenze liegen, mussten hier zusätzliche Datenquellen genutzt werden. So wurden Absatzanalysen der Motorenhersteller durchgeführt und die so ermittelten Daten mit der Abrechnung nach dem KWK Gesetz geprüft. Da die Daten nur für die Jahre 2012, 2013 und 2014 vorliegen, kann es zu Auffälligkeiten beim IEF, insbesondere bei Methan, kommen.

Die Aktivitätsraten für die Neuen Bundesländer wurden für das Jahr 1990 bereits zur Berichterstattung 2006 im Rahmen des Forschungsprojektes (FKZ 205 41 115 / Teilvorhaben A „Überarbeitung und Dokumentation der Brennstoffeinsätze für stationäre Feuerungsanlagen in den neuen Bundesländern für das Jahr 1990“) überarbeitet und dokumentiert.

Im Fall der Strom- und Wärmeerzeugung in Müllverbrennungsanlagen der öffentlichen Kraftwerke, sowie der Wärmeerzeugung in Müllverbrennungsanlagen der öffentlichen Fernheizwerke werden für die Bestimmung der Aktivitätsraten für Haus- und Siedlungsabfälle und Industriemüll sowohl Aktivitätsraten aus der Energiebilanz, als auch aus der Abfallstatistik (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, FS 19 Reihe 1) verwendet.

Bisher enthielten sowohl die Energiestatistik als auch die Energiebilanz deutlich geringere Abfallmengen als die Abfallstatistik des Statistischen Bundesamtes (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, FS 19 Reihe 1). In den letzten Jahren hat sich die Datenlage der Energiestatistik deutlich verbessert. Differenzierte Brennstoffangaben machen es möglich feste Biomasse (vornehmlich Alt- und Restholz), biogene Gase, Klärschlamm und Abwärme heraus zu rechnen. Industriemüll taucht als Brennstoffkategorie erstmalig seit dem Jahr 2008 in der Energiestatistik auf. Um alle Brennstoffeinsätze beim Abfall möglichst vollständig zu erfassen, kann dennoch nicht auf Zusatzdaten aus der Abfallstatistik verzichtet werden, um die Lücke zur Energiestatistik zu schließen.

Der fossile und biogene Anteil von Hausmüll/Siedlungsabfall wird seit dem NIR 2006 im Verhältnis 1:1 separat ausgewiesen. Beim Industriemüll variiert die fossile/biogene Zusammensetzung je nach Art der Anlage, so wird der biogene Anteil für den Einsatz zur Mitverbrennung in Braun- und Steinkohlekraftwerken und für den Einsatz zur Strom- und Wärmeversorgung in Ersatzbrennstoffkraftwerken der öffentlichen Versorger getrennt ausgewiesen.

Die bisherigen Annahmen zum biogenen Anteil von Klärschlamm wurden beibehalten.

Die Aktivitätsraten der anderen Brennstoffe werden direkt aus der Energiebilanz entnommen. Sofern statistische Anhaltspunkte oder Expertenschätzungen vorliegen werden die Brennstoffeinsätze zusätzlich in zwei Größenklassen (Verbrennungsanlagen kleiner und größer 50 MW) eingeteilt. Die Einteilungsgrenze geht auf gesetzliche Vorschriften zur Genehmigung von Feuerungsanlagen in der Bundesrepublik Deutschland zurück.

Seit dem NIR 2011 werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Gichtgasverbrennung in öffentlichen Kraftwerken in der Kategorie 1.A.1.a berichtet. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die entsprechenden Emissionen aus der Gichtgasnutzung über die gesamte Zeitreihe seit 1990.

Tabelle 25: CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Gichtgasverbrennung in öffentlichen Kraftwerken

[Mio. t CO <sub>2</sub> ]									
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
3,244	3,291	3,015	2,631	3,647	3,764	4,816	5,305	5,465	5,808
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
5,956	9,284	9,030	9,766	9,640	6,738	7,086	6,370	5,851	3,425
2010	2011	2012	2013	2014					
6,276	6,258	6,080	6,465	5,526					

## Emissionsfaktoren

Da CO<sub>2</sub> Emissionen von der Brennstoffqualität abhängen, werden die CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren Sektor übergreifend berechnet und genutzt. Eine detaillierte Beschreibung sowie eine Liste mit den verwendeten Faktoren ist im Anhang, Kapitel 18.7 verfügbar.

Datengrundlage für die verwendeten Emissionsfaktoren für alle anderen Treibhausgase und Vorläufersubstanzen ist der Bericht zum Forschungsvorhaben "Ermittlung und Evaluierung von Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in Deutschland für die Jahre 1995, 2000 und 2010" (RENTZ et al, 2002). Die Werte für die Zwischenjahre 1996 - 1999 und 2001 - 2009 werden durch lineare Interpolation ermittelt. Das Vorhaben sowie die lineare Interpolation für die Zwischenjahre ist ebenfalls die Grundlage für die Emissionsfaktoren der Kapitel 3.2.7, 3.2.8 und 3.2.9, soweit dort Kraftwerke, Gasturbinen oder Kesselfeuerungen zur Bereitstellung von Dampf, Heiß- und Warmwasser mit enthalten sind. Das Forschungsvorhaben wurde ausgeführt vom Deutsch-Französischen Institut für Umweltforschung (DFIU) an der Universität Karlsruhe und Ende 2002 abgeschlossen. Ziel des Vorhabens war die Ermittlung und Evaluierung repräsentativer Emissionsfaktoren für die wesentlichen Luftschadstoffe aus genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen in der Bundesrepublik Deutschland, gültig für die Jahre 1995, 2000 und 2010. Dies beinhaltet in erster Linie eine Analyse und Charakterisierung der Emittentenstruktur und der damit verknüpften Emissionsfaktoren für das Jahr 1995 und eine adäquate Fortschreibung dieser Daten für die Jahre 2000 und 2010. Systematisch werden auf diese Weise Emissionsfaktoren für die Stoffe SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC, Staub und N<sub>2</sub>O ermittelt. Dabei wird zwischen 12 Kohlenbrennstoffen, 4 flüssigen Brennstoffen, 7 gasförmigen Brennstoffen sowie Brennholz unterschieden. Darüber hinaus werden die verfügbaren Daten an Emissionsfaktoren weiterer Stoffe zusammengestellt; dazu gehören PAH, PCDD/F, As und Cd für genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen sowie CH<sub>4</sub> für Gasturbinen und genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen, die unter die TA Luft fallen. Informationen zur Vorgehensweise des Forschungsvorhabens sind im Anhang 3 dargestellt (Kapitel 19.1.2)

Wir haben im Zuge eines größeren Forschungsvorhabens, das Ende 2008 gestartet ist und im Jahre 2011 abgeschlossen werden konnte (FICHTNER et al., 2011) die beschriebene Datengrundlage für Emissionsfaktoren (außer CO<sub>2</sub>) aktualisiert. Bezugsjahr für die Vorschlagswerte ist das Jahr 2004; davon ausgehend werden Prognosewerte für Emissionsfaktoren für die Jahre 2010, 2015 und 2020 ermittelt. Auf der Grundlage der Forschungsergebnisse wurden, wie in den Berichten für 2012, 2013 und 2014 dargestellt, zahlreiche Emissionsfaktoren des ZSE aktualisiert. N<sub>2</sub>O unterliegt in Deutschland nur in Ausnahmefällen der Überwachung; aus diesem Grunde liegen keine regelmäßigen Messdaten vor. Allerdings wurde das Emissionsverhalten bei Einsatz von Stein- und Braunkohlen, insbesondere bei Einsatz in Wirbelschichtfeuerungen und insbesondere in den 90er Jahren

gezielt untersucht. Das Vorhaben FICHTNER et al (2011) hat die bisher verwendeten Werte überprüft und aktualisiert. Tabelle 26 zeigt die Ergebnisse für große Anlagen der öffentlichen Kraftwerke (Feuerungswärmeleistung 50 Megawatt oder mehr), die Tabelle 27 die Ergebnisse für kleinere Anlagen der Energiewirtschaft und der Industrie. Auf Grundlage dieser Werte wurden die kategoriespezifischen Emissionsfaktoren für das ZSE berechnet.

Tabelle 26: Technologische Emissionsfaktoren für Lachgas aus GFA

Brennstoff / Feuerungstechnologie	N <sub>2</sub> O-Emissionfaktor [kg/TJ]
<b>Öffentliche Kraftwerke:</b>	
Steinkohle / Trockenfeuerung	1,0
Steinkohle / Schmelzkammerfeuerung	1,9
Braunkohle / Trockenfeuerung	3,5
Flüssigbrennstoff / Kesselfeuerungen	1,0
Erdgas / Kesselfeuerungen	0,5
<b>Industriekraftwerke, Industriekessel und Fernheizwerke:</b>	
Steinkohle / Trockenfeuerung	1,0
Steinkohle / Schmelzkammerfeuerung	2,0
Steinkohle / Wirbelschichtfeuerung	20
Steinkohle / Rostfeuerung	4,0
Braunkohle / Trockenfeuerung	3,4
Braunkohle / Wirbelschichtfeuerung	8,0
Braunkohle / Rostfeuerung	3,5
Flüssigbrennstoff / Kesselfeuerungen	1,0
Erdgas / Kesselfeuerungen	0,5
<b>Gasturbinen und Gas- und Dampfturbinenanlagen:</b>	
Erdgas	1,7
leichtes Heizöl	2,0
<b>Müllverbrennungsanlagen</b>	1,2

Tabelle 27: Technologische Emissionsfaktoren für Lachgas aus Anlagen &lt; 50 MW FWL

Brennstoff / Feuerungstechnologie	N <sub>2</sub> O-Emissionfaktor [kg/TJ]
<b>Kesselfeuerungen bei Einsatz von:</b>	
Steinkohle	10,0
Braunkohle	10,7
Biomasse	3,0
leichtem Heizöl	1,1
schwerem Heizöl	3,0
Erdgas	0,6
<b>Gasturbinen und Gas- und Dampfturbinenanlagen:</b>	
Erdgas	1,7
leichtes Heizöl	2,0

Tabelle 28: Methan-Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen ab 50 MW FWL und für Gasturbinen

Anlagenart	Brennstoff	CH <sub>4</sub> -E-Faktor [kg/TJ]
<b>Feuerungsanlagen ≥ 50 MW FWL</b>	Steinkohle	1,0
	Braunkohle	0,63
	Heizöl, schwer	4,1
	Heizöl, leicht	3,3
	Erdgas	2,0
<b>Gasturbinen (einschl. GuD)</b>	Heizöl, leicht	8,0
	Erdgas	10,925
<b>Verbrennungsmotoren</b>	Erdgas	309,0
	Biogase	312,3
<b>Müllverbrennung</b>		1,8

In einem von IZT durchgeführten Forschungsvorhaben: „Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11.BImSchV“ konnten spezielle CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren für Gasmotoren ermittelt werden. Der Durchschnittswert für den Brennstoff Erdgas liegt mit 309 kg/TJ sehr deutlich über den bis dahin verwendeten Wert von 0,3 kg/TJ, der in etwa dem Wert für Dampfturbinenkraftwerken entspricht. Der hohe Methanschlupf, der durch ein Entweichen von unverbranntem Erdgas entsteht, konnte durch Daten aus der Emissionsüberwachung bestätigt werden. Die Messwerte können abhängig von der Art des Motors und dem Wartungszustand erheblich schwanken. Für Biogas, Klärgas und Deponiegas wird ein durchschnittlicher CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor von 312,3 kg/TJ verwendet. Dieser Wert wurde in dem Projekt: „Emissionsanalyse und Quantifizierung von Stoffflüssen durch Biogasanlagen im Hinblick auf die ökologische Bewertung der landwirtschaftlichen Biogasgewinnung und Inventarisierung der deutschen Landwirtschaft“ des Deutschen Biomasse Forschungszentrums, ermittelt.

Die für die Abfallverbrennung verwendeten Emissionsfaktoren stammen größtenteils aus dem von ATZ durchgeführten Forschungsvorhaben „Überprüfung der Emissionsfaktoren für die Abfallverbrennung“. Die N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren stammen aus der Dänischen Studie „Emissions from decentralized CHP plants 2007“. Da die Emissionsfaktoren der übrigen Schadstoffe mit denen der Deutschen Müllverbrennungsanlagen gut übereinstimmen, können auch die N<sub>2</sub>O-Faktoren auf das Deutsche Inventar übertragen werden. Für die mit verbrannten Abfälle werden gewichtete Emissionsfaktoren berechnet, je nach Anteil der als Hauptbrennstoff eingesetzten einzelnen Kohlearten.

Informationen zu den prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Abgasreinigung (REA) von Großfeuerungsanlagen liefert der Anhang 3 im Kapitel 19.1.2.2.

### **3.2.6.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.1.a)**

Unsicherheiten für die Aktivitätsraten wurden erstmals für das Berichtsjahr 2004 bestimmt (Forschungsprojekt FKZ 204 41 132, UBA). Die Methode zur Bestimmung der Unsicherheiten ist im Anhang 2, Kapitel 13.6 des NIR 2007 beschrieben.

Weitere Aspekte zur Zeitreihenkonsistenz der Aktivitätsraten werden in Kapitel 18.4 und Kapitel 18.6 erläutert.

Die Angaben für die Unsicherheit des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors und deren statistische Verteilungsfunktion wurden vom Umweltbundesamt geschätzt. Die Zahlenwerte stützen sich auf die Spannweite der Kohlenstoffgehalte der einzelnen Brennstoffe.

Im Rahmen des in Kapitel 3.2.6.2 genannten Vorhaben RENTZ et al (2002) und FICHTNER et al (2011) wurde die Unsicherheit der ermittelten Emissionsfaktoren evaluiert.

#### **3.2.6.3.1 Methodik zur Bestimmung der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren**

Die Unsicherheit von Emissionsdaten beruht auf mehreren Ursachen. Dies sind die *Genauigkeit*, beeinflusst durch zufällige und systematische Fehler im Rahmen einer Emissionsmessung sowie die Vollständigkeit der Datenbasis hinsichtlich fehlender Messungen. Hinzu kommt die *Variabilität* der Emissionen. Hier ist zu unterscheiden zwischen der Variabilität der Emission einer Anlage innerhalb des Betrachtungszeitraumes (*intra-plant variability*) und dem unterschiedlichen Emissionsverhalten der verschiedenen betrachteten Quellen (*inter-plant variability*).

Bei der Berechnung von Emissionen mit Hilfe von Emissionsfaktoren kommen weitere Quellen möglicher Unsicherheiten hinzu. Im Rahmen der IPCC-GPG (2000: Kapitel 6) werden jeweils an die Datenverfügbarkeit angepasste Methoden vorgeschlagen:

Beim Vorliegen *kontinuierlicher Messungen* sollten Unsicherheiten über die direkte Bestimmung statistischer Kennzahlen wie Standardabweichung und 95%-Vertrauensbereich charakterisiert werden.

Bei der Ermittlung *anlagenspezifischer Emissionsfaktoren* sollten vor Ort verfügbare Messwerte herangezogen werden. Hinzu kommt das Einbeziehen von Sonderbetriebszuständen (An- und Abfahrvorgänge) und Lastwechseln sowie eine Überprüfung der Repräsentativität verfügbarer Messdaten im Hinblick auf das Emissionsverhalten der Anlage.

Bei der Verwendung von *Emissionsfaktoren aus der Literatur* sollten alle dort gemachten Angaben zur Datenqualität genutzt werden. Weiterhin ist die Übertragbarkeit zu prüfen, inwieweit der Emissionsfaktor für die Situation im Untersuchungsgebiet repräsentativ ist. Ist dies nicht gegeben, sollte vielmehr eine Expertenschätzung vorgenommen werden.

Auf die Verwendung von *Expertenschätzungen* wird grundsätzlich verwiesen, wenn verfügbare empirische Daten für eine Quantifizierung nicht ausreichen. Eine beispielhafte Erläuterung wurde im Anhang 3 in Kapitel 14.1.2.2 im NIR 2007 gegeben.

### **3.2.6.3.2 Ergebnis für N<sub>2</sub>O**

Die Einzelbewertungen der Unsicherheiten der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren sind in dem Abschlussbericht des Forschungsvorhabens (FICHTNER et al, 2011) dargestellt. Im Zuge einer durch den Forschungsnehmer vorgenommenen Monte-Carlo-Simulation wurden für die prozentuale Unsicherheit im CRF-Bereich 1.A.1.a (und ebenso in den Bereichen 1.A.1.b, 1.A.1.c und 1.A.2.gviii / all other) Unsicherheiten von bis zu +/- 50 % angegeben (Anmerkung: bei Angabe von +/- -Bereichen ist der Wert durch 2 zu teilen, vergleiche IPCC-GPG (2000: Kapitel 6, S. 6.14); dabei gehen wir wie bisher von einer uniformen Verteilung der Unsicherheiten aus.

### **3.2.6.3.3 Ergebnis für CH<sub>4</sub>**

Feuerungsanlagen unterliegen hinsichtlich der CH<sub>4</sub>-Emissionen in Deutschland keiner Überwachung, aus diesem Grunde liegen keine systematischen Messdaten vor. Herangezogen wurden daher die in Deutschland und der Schweiz verfügbaren Einzelinformationen. Infolge dieser eingeschränkten Datenlage wurde im Forschungsvorhaben von einer systematischen Zuordnung zu den dort behandelten Quellgruppen (vergleiche Kapitel 3.2.6.2) abgesehen. Die im Forschungsvorhaben FICHTNER et al (2011) für einzelne Brennstoffe ermittelten und für die Berichterstattung verwendeten CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren für Feuerungs- und Gasturbinenanlagen einschließlich GuD sind im Anhang 19.1.2.2 zusammengestellt. Im Zuge einer durch den Forschungsnehmer vorgenommenen Expertenschätzung gemäß Tier 1 der IPCC-GPG (2000: Kapitel 6) wurde für die prozentuale Unsicherheit in der Quellgruppe 1.A.1.a (und ebenso in den Quellgruppen 1.A.1.b, 1.A.1.c und 1.A.2.gviii / all other) eine obere Grenze von +/- 50 % geschätzt; dabei gehen wir - ebenso wie bei N<sub>2</sub>O - von einer uniformen Verteilung der Unsicherheiten aus.

### 3.2.6.3.4 *Zeitreihenkonsistenz der Emissionsfaktoren*

Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens (FICHTNER et al 2011) für den Zeitpunkt 2004 (Bezugsjahr) ermittelt. Das Forschungsvorhaben sieht keine Anhaltspunkte für zeitliche Änderungen für den einzelnen Emissionsfaktor. Frühere Annahmen, dass zumindest die Werte für Gasturbinen zeitvariabel sein können, haben sich nicht bestätigt. Aus diesem Grunde haben wir für jede Zeitreihe konstante Werte für den Zeitraum 1995 bis 2014 eingesetzt und diese Werte auch als Prognosewerte bis 2020 angenommen

Die Zeitreihen für N<sub>2</sub>O zwischen 1995 und 2014 sind vor diesem Hintergrund insgesamt als konsistent zu bewerten. Die Zeitreihen der CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren für die Jahre 1995 bis 2014 wurden ebenfalls geprüft und als in sich konsistent bewertet.

Die Zeitreihen für N<sub>2</sub>O zwischen 1995 und 2013 sind vor diesem Hintergrund insgesamt als konsistent zu bewerten. Die Zeitreihen der CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren für die Jahre 1995 bis 2013 wurden ebenfalls geprüft und als in sich konsistent bewertet.

Zum Zeitraum von 1990 bis 1994 haben wir im NIR 2009 berichtet.

Zur Sicherung der Zeitreihenkonsistenz wurden die für Verbrennungsmotoranlagen ermittelten CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren bis 1990 zurückgeschrieben. Es ist zwar davon auszugehen, dass der Methanschluß Anfang der 90er Jahre noch deutlich höher lag, als bei modernen Motoranlagen, es liegen für diesen Zeitraum jedoch zu wenig Messwerte vor.

Da für die meisten biogenen Brennstoffe erst ab dem Jahr 2003 statistische Daten zum Brennstoffeinsatz vorliegen, kann für diese Brennstoffe keine konsistente Zeitreihe ab 1990 vorgelegt werden. Das hat ausschließlich Auswirkungen auf den Trend der CH<sub>4</sub>-Emissionen, der ab dem Jahr 2003 steil ansteigt.

### 3.2.6.4 **Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung** (1.A.1.a)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Zur Dokumentation ihrer Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Erstellung der Energiebilanzen legt die AGEB dem Umweltbundesamt entsprechende Qualitätsberichte der vor (siehe Kapitel 18.4.1). Seit dem Jahr 2012 führt die AGEB systematische Vergleiche zwischen der Schätzbilanz des Jahres x-1 (vorläufig) mit der Energiebilanz des Jahres x-2 (endgültig) durch, erstmals für das Berichtsjahr 2010 (siehe Kapitel 18.4.1).

Die Qualitätssicherung der amtlichen Statistik erfolgt über ein internes Qualitätssystem, dessen Qualitätsberichte innerhalb der Internetveröffentlichungen des *Statistischen Bundesamtes* einsehbar sind.

Zusätzlich zu diesen Maßnahmen findet eine Einbindung der AGEB in den jährlichen Überprüfungsprozess sowie ein regelmäßiger Erfahrungsaustausch mit der AGEB im Rahmen einer jährlichen Sitzung statt, zu der UBA alle an der Erstellung der Energiebilanz beteiligten Institute einlädt. Hier werden vor dem Hintergrund der Erfahrungen aus der Inventarerstellung und der Inventarüberprüfung methodische Fragen angesprochen und es erfolgt ein genereller

Austausch, der dem besseren Verständnis der Datenerhebung sowie der Verifizierung der Daten dient.

Die generellen qualitätssichernden Maßnahmen zu den Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen im Rahmen der Forschungsvorhaben RENTZ et al (2002) und FICHTNER et al (2011) sind in der Methodikbeschreibung im Anhang 3, Kapitel 19.1.2.1 (hinter Abbildung 87) dargestellt. Ihre Ergebnisse wurden im NIR 2005 berichtet.

### 3.2.6.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.1.a)

Tabelle 29: Rückrechnungen CRF 1.A.1.a

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut					Abweichung relativ gesamt
			gas	liquid	other	solid	gesamt	
2009	304.504	304.506	0	1	0	0	1	0,00%
2010	315.087	315.089	0	1	0	0	1	0,00%
2011	312.692	312.694	0	2	0	0	2	0,00%
2012	329.153	329.126	5	-33	0	0	-27	-0,01%
2013	328.385	333.037	89	-162	648	4.077	4.652	1,42%

Aufgrund einer geringfügigen Änderung der CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für Dieselkraftstoff und Andere Mineralölprodukte, ergeben sich kleinere Rückrechnungen für die Zeitreihe ab 2009. Im Jahr 2012 führten Fehlerkorrekturen zu leichten Rückrechnungen bei den gasförmigen und flüssigen Brennstoffen. Im Jahr 2013 kam es wie gewohnt zu Rückrechnungen nachdem die vorläufigen Daten durch die endgültige Energiebilanz ersetzt wurden.

### 3.2.6.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.1.a)

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 3.2.7 Mineralölraffinerien (1.A.1.b)

### 3.2.7.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.1.b)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.A.1.b Petroleum Refining	all fuels	CO <sub>2</sub>	20.165,6	1,65%	17.636,1	1,99%	-12,5%
-/-	1.A.1.b Petroleum Refining	all fuels	N <sub>2</sub> O	100,4	0,01%	53,9	0,01%	-46,3%
-/-	1.A.1.b Petroleum Refining	all fuels	CH <sub>4</sub>	16,1	0,00%	12,8	0,00%	-20,4%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	NS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS	NS	CS

Die Kategorie der *Mineralölraffinerien* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe, dem Trend sowie der Tier-2-Analyse.

Die oben angegebenen Werte gelten für Raffineriekraftwerke (Teil der Kategorie 1.A.1.b).

Die Rohödestillationskapazität der deutschen Mineralölraffinerien betrug im Jahr 2014 rund 103 Mt. In diesem Zeitraum wurden 91,7 Mt Rohöl und 11 Mt Zwischenprodukte zur Weiterverarbeitung eingesetzt. Die Erzeugung an Mineralölprodukten betrug insgesamt 100 Mt, davon entfielen ca.50 Mt auf Kraftstoffe, ca.21,4 Mt auf Heizöle, ca. 7,8 Mt auf Naphtha und ca. 20,1 Mt auf andere Produkte. (MWV, 2015, Tab PRE1.1, Tab 4, Tab 5j ).

In der Mineralölverarbeitung werden Kraftwerke mit einer elektrischen Leistung von etwa 1,1 GW betrieben. Diese Kraftwerke erzeugten im Jahr 2013 6,7 TWh Strom. (*Statistisches Bundesamt*, 2013c, WZ 192 Mineralölverarbeitung).

Der Kategorie 1.A.1.b Raffinerien sind im ZSE die Raffinerie-Unterfeuerungen sowie die Strom- und Wärmeerzeugung der Raffineriekraftwerke zugeordnet.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über den Emissionsverlauf der Kategorie 1.A.1.b:

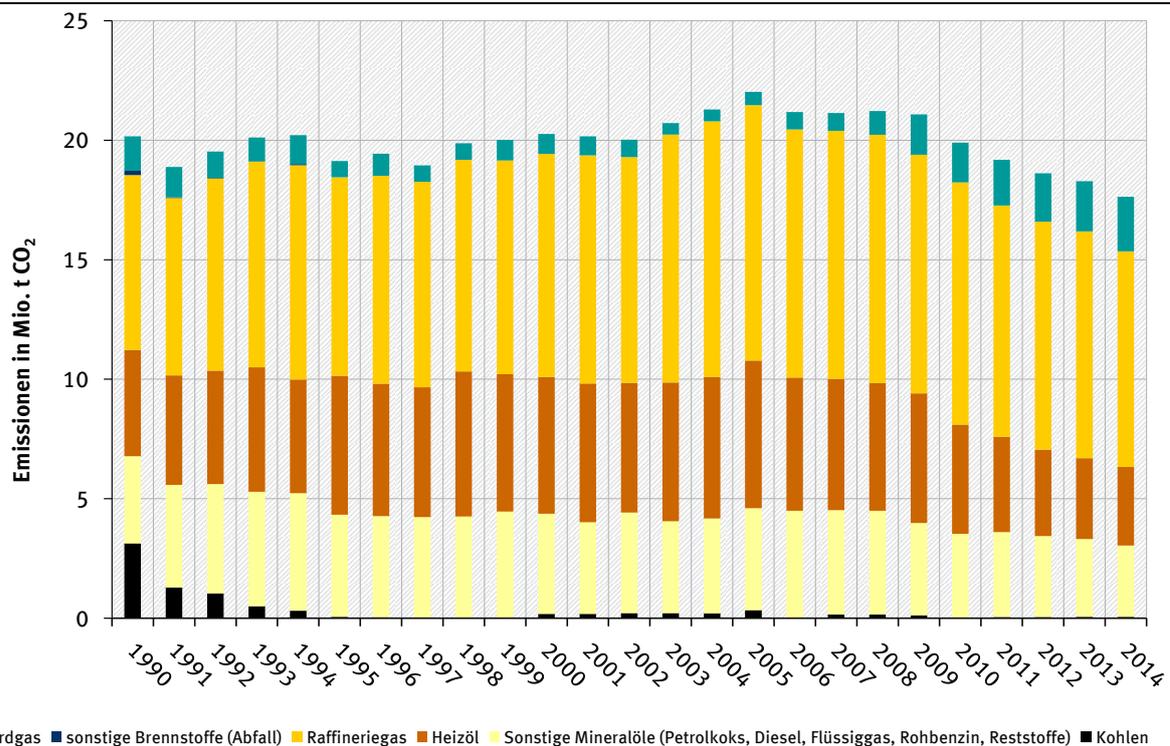


Abbildung 26: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kategorie 1.A.1.b

In den frühen 1990er Jahren wurden in den neuen Bundesländern noch Rohbraunkohlen eingesetzt, jetzt wird unter den festen Brennstoffen nur noch eine kleine Menge Kokereigas berichtet. Insgesamt zeigen die Emissionen bis zum Jahr 2005 einen leicht steigenden Trend. Danach sinken die Emissionen wieder. Seit 1990 kam es in diesem Sektor zwar zu Anlagenschließungen, wenn auch in deutlich geringerem Umfang wie im Stein- u. Braunkohlenbergbau, dennoch wurde die Produktion erhöht. Die Anlageneffizienz wurde verbessert - allerdings führten im Gegenzug die vermehrte Produktion leichterer Mineralölprodukte sowie die verstärkte Tiefenentschwefelung zunächst zu einer Erhöhung der spezifischen Brennstoffverbräuche. Die Emissionsschwankungen über die Jahre lassen sich durch die unterschiedlichen Produktionsmengen erklären. Das bisherige Produktionsmaximum an Mineralölprodukten lag in 2005 bei insgesamt 123,6 Mio. t, was zu entsprechend hohen Emissionen führte. Danach sank die Produktion, bis auf 103,3 Mio. t Mineralölprodukte in 2011, einhergehend mit sinkenden Emissionen. Die Marktlage der

Mineralölraffinerien ist noch immer schwierig, aufgrund von Überkapazitäten, vor allem in Europa. Eine deutsche Raffinerie stellte 2010 ihren Betrieb ein, so dass die Auslastung der anderen deutschen Raffinerien etwas gesteigert werden konnte. Im Jahr 2012 kam es trotz einer leichten Steigerung der Produktionsmenge auf 104,4 Mio. t zu einer Verringerung der Emissionen. Diese Entwicklung ist auf den erhöhten Einsatz vom emissionsärmeren Erdgas sowie einer Erhöhung der Anlageneffizienz zurückzuführen. Dieser Trend wird auch 2014 fortgesetzt. Seit dem Jahr 2013 sinkt die Brutoraffinerieproduktion wieder. Im Jahr 2014 wurden nur noch 100,3 Mio. t Mineralölprodukte produziert. Dadurch kommt es zu einer weiteren Senkung der Emissionen.

### 3.2.7.2 Methodische Aspekte (1.A.1.b)

#### Aktivitätsraten

Die gesamten Daten zur Erzeugung von Mineralölprodukten in der Energiebilanz stammen aus der Amtlichen Mineralölstatistik. Die Mineralölstatistik gibt ein umfassendes Bild über Mineralölimporte, dem Umwandlungseinsatz in den Raffinerien, sowie der Produktion und dem Eigenverbrauch der Raffinerien. Zur Sicherung der Konsistenz folgt die Berichterstattung der Struktur der Mineralölstatistik. Von daher wird auch die Definition der Raffinerien übernommen. In der Energiestatistik melden unter dem Wirtschaftszweig 19.2 Mineralölverarbeitung weitere Unternehmen, die z.B. Kohlen verarbeiten aber auch Altöl- oder Schmierstoffraffinerien. Diese Anlagen werden in der Kategorie 1.A.1.c berichtet. Folgerichtig wird in der Kategorie 1.A.1.b nur die Rohölverarbeitung berichtet.

Für die Berichterstattung der Emissionen aus Rohölraffinerien werden die Anlagen in Raffineriekraftwerke und Unterfeuerungen unterteilt. Die Aktivitätsraten zur Raffinerie-Unterfeuerung bestimmen sich als Differenzbetrag beim Abzug des Brennstoffeinsatzes in Raffineriekraftwerken, (aus der Energiestatistik), zum Eigenverbrauch der Raffinerien, (aus der Amtlichen Mineralölstatistik). Diese Unterscheidung ist für die Berechnung der Treibhausgasemissionen irrelevant. Für die Berechnung der Vorläufersubstanzen sowie weiterer Luftschadstoffe, ist diese Unterscheidung aber wichtig, da die Anlagen ein unterschiedliches Emissionsverhalten aufweisen.

Der in der Amtlichen Mineralölstatistik ausgewiesene Eigenverbrauch an Petrolkoks repräsentiert den Katalysatorabbrand der Anlagen. Da nicht bekannt ist auf welcher Grundlage die Betreiber den Petrolkokseinsatz berechnen, ist es nicht möglich einen passenden CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor zu ermitteln. Für die Jahre Jahre 2005 bis 2014 konnte aus den vom Emissionshandel vorliegenden Gesamtemissionen aus dem Katalysatorabbrand und dem Eigenverbrauch an Petrolkoks Emissionsfaktoren ermittelt werden. Damit können die Emissionen aus dem Katalysatorabbrand für die aktuellen Jahre exakt und in Übereinstimmung mit dem Emissionshandel erfasst werden. Um entsprechende Faktoren rückwirkend bis 1990 bilden zu können, wurde zunächst ein spezifischer Faktor gebildet, der sich auf die Kapazität der Konversionsanlagen bezieht. Dieses Vorgehen hat sich nach verschiedenen Prüfungen als die realitätsnächste Methode herausgestellt, da In- und Output der Reformier und FCC-Anlagen statistisch nicht erfasst werden. Als Ergebnis liegen die Emissionen aus dem Katalysatorabbrand im Jahr 1990 deutlich unter den Emissionen im aktuellen Jahr. Das erscheint plausibel, da die Weiterverarbeitung von schweren Mineralölprodukten seit 1990 deutlich zugenommen hat.

Da für die Jahre 1990 – 1993 für die Neuen Bundesländer kein Eigenverbrauch an Petrolkoks ausgewiesen wird, mussten diese Werte über den aus den Emissionshandelsdaten ermittelten Emissionsfaktor berechnet werden.

Da in den Mineralölraffinerien Emissionen fast ausschließlich aus Verbrennungsprozessen entstehen, werden diese in der Kategorie 1.A.1.b berichtet. Nur die diffusen Emissionen aus der Herstellung von Kalzinat werden in der Kategorie 1.B.2.a.iv berichtet.

### **Emissionsfaktoren**

Eine Beschreibung sowie eine Liste der verwendeten CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren ist im Anhang, Kapitel 18.7 verfügbar.

Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> sowie die Vorläufersubstanzen für Raffineriekraftwerke sind den Forschungsvorhaben RENTZ et al (2002) und FICHTNER et al (2011) entnommen. Eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise ist dem Kapitel 3.2.6.2 in Verbindung mit dem Kapitel 19.1.2.1 im Anhang 3 zu entnehmen. Für die Prozesswärme bereitstellenden Unterfeuerungen liefert das zitierte Vorhaben keine Emissionsfaktoren. Ersatzweise werden daher für Unterfeuerungen dieselben Werte für N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> gewählt, die auch für Raffineriekraftwerke angesetzt werden.

#### **3.2.7.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.1.b)**

Erstmals wurden im Berichtsjahr 2004 für die Aktivitätsraten Unsicherheiten bestimmt (Forschungsvorhaben 204 41 132, UBA). Die Methode zur Bestimmung der Unsicherheiten ist im Anhang 2, Kapitel „Unsicherheiten der Aktivitätsraten stationärer Feuerungsanlagen“ (Kapitel 13.6 des NIR 2007) beschrieben.

##### **3.2.7.3.1 Ergebnis für N<sub>2</sub>O**

Die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.3.2 gelten entsprechend.

##### **3.2.7.3.2 Ergebnis für CH<sub>4</sub>**

Die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.3 gelten entsprechend.

##### **3.2.7.3.3 Zeitreihenkonsistenz der Emissionsfaktoren**

Die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.3.4 gelten entsprechend.

#### **3.2.7.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.1.b)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Bezüglich der Raffinerien wurden Vergleiche mit Daten aus dem Britischen Inventar durchgeführt. Die Raffineriekapazität beider Länder liegt in einer ähnlichen Größenordnung. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden zahlreiche Indikatoren gebildet, die nicht nur den emissionsrelevanten Eigenverbrauch, sondern auch den Umwandlungseinsatz und die Produktionsdaten abbildeten. Der Vergleich der Indikatoren zeigt eine sehr gute Übereinstimmung.

Zur Überprüfung der Datenqualität wird außerdem eine Kohlenstoffbilanz erstellt, die über die Jahre nur sehr geringe statistische Differenzen aufweist.

Weitere Informationen zur Qualitätssicherung siehe CRF 1.A.1.a (Kapitel 3.2.6.4).

Bezüglich der Emissionsfaktoren gelten die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.3 entsprechend.

### 3.2.7.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.1.b)

Tabelle 30: Rückrechnungen CRF 1.A.1.b

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut				Abweichung relativ gesamt
			gas	liquid	solid	gesamt	
2009	21.074	21.080	0	5	0	5	0,03%
2010	19.897	19.902	0	5	0	5	0,03%
2011	19.169	19.180	0	10	0	10	0,05%
2012	18.672	18.617	0	-55	0	-55	-0,30%
2013	17.994	18.283	119	166	5	290	1,61%

Änderungen der Emissionsfaktoren für Dieselkraftstoff und „Andere Mineralölprodukte“ führten zu Rückrechnungen ab dem Jahr 2009. Nach dem Vorliegen der finalen Energiebilanz für 2013 wurden die vorläufigen Werte ersetzt. Das führte zu Rückrechnungen bei allen Brennstoffen.

### 3.2.7.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.1.b)

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 3.2.8 Herstellung von festen Brennstoffen und sonstige Energieerzeuger (1.A.1.c)

### 3.2.8.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.1.c)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.A.1.c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	all fuels	CO <sub>2</sub>	65.289,1	5,36%	10.249,8	1,16%	-84,3%
-/-	1.A.1.c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	all fuels	N <sub>2</sub> O	659,2	0,05%	162,8	0,02%	-75,3%
-/-	1.A.1.c Manufacture of Solid Fuels and Other Energy Industries	all fuels	CH <sub>4</sub>	92,0	0,01%	164,3	0,02%	78,6%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	NS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS	NS	CS

Die Kategorie der *Herstellung von festen Brennstoffen und der sonstigen Energieerzeuger* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend.

Die obigen Angaben beziehen sich auf die Kraftwerke und die sonstigen Kesselfeuerungen zur Dampf-, Heiß- und Warmwasserbereitstellung in der Kategorie 1.A.1.c.

Der Kategorie 1.A.1.c werden der Steinkohlen- und Braunkohlenbergbau sowie die Kokereien und Brikettfabriken zugerechnet, außerdem die Gewinnung von Rohöl und Erdgas. Für den

deutschen Steinkohlenbergbau ergab sich in 2014 eine verwertbare Förderung von 7,6 Mio. t Steinkohle (7,6 Mio. t in 2013) (Statistik der Kohlewirtschaft 2014 siehe <http://www.gvst.de/site/steinkohle/kennzahlen2014.htm>). Die Kokserzeugung betrug im Jahr 2014 8,77 Mt (2013 8,027 Mio. t) (Verein deutscher Kokerei-Fachleute VdKF – siehe [http://www.vdkf-ev.de/content/aktuelles/aktuelles\\_frames.htm](http://www.vdkf-ev.de/content/aktuelles/aktuelles_frames.htm) vom 16.09.2015). Die Herstellung von Steinkohlenbriketts wurde Anfang 2008 eingestellt.

Im Jahr 2014 wurden in Deutschland 178,2 Mio. t Rohbraunkohle gefördert (2013 182,7 Mio. t (siehe DEBRIV - <http://www.braunkohle.de/122-0-Kohlenfoerderung.html>). Die Herstellung von Braunkohlenbriketts und anderen Braunkohlenprodukten (Braunkohlenwirbelschicht und – trockenkohlen sowie Braunkohlenkoks) betrug 6,71 Mio.t (2013 6,97 Mio. t)(ebd.). Der Dampf zur Trocknung der Rohbraunkohle für die Herstellung von Braunkohlenveredelungsprodukten wird aus Braunkohlenkraftwerken mit Prozessdampfauskopplung (KWK-Anlagen) bereitgestellt. Aus diesen Anlagen wird Dampf zur Trocknung der Rohbraunkohle für die Herstellung der Braunkohlenprodukte ausgekoppelt.

Die deutsche Förderung von Erdöl betrug im Jahr 2014 2,4 Mio. t (2013 2,6 Mio. t) (MWV, 2015 - <http://www.mwv.de/index.php/daten/statistikeninfoportal>) und die Erdgasförderung erreichte 2014 ca. 88.706 GWh Hi) (AGEB, 2015) Der für den Betrieb der Anlagen erforderliche Brennstoffeinsatz für den Eigenbedarf wird in der Kategorie 1.A.1.c berichtet.

Unter die Kategorie 1.A.1.c Produktion fester Brennstoffe und anderer Energien fallen im ZSE die Strom- und Wärmeerzeugung in Dampfturbinenkraftwerken, getrennt nach Steinkohlenbergbau und Braunkohlenbergbau (Grubenkraftwerke), die Strom- und Wärmeerzeugung in Gasturbinen, Gasmotoren und Dieselmotoren der Zechen- und Grubenkraftwerke zusammen, die übrige Wärmeerzeugung in Industriekesseln des Umwandlungsbereichs (ohne Raffinerien) sowie die Herstellung von Steinkohlenkoks und der Betrieb von Dieselmotoren zu Antriebszwecken in Zechen- und Grubenkraftwerken. Sie werden getrennt nach Großfeuerungsanlagen und TA Luftanlagen berichtet.

Die folgende Abbildung zeigt eine Übersicht über die Emissionsentwicklung der Kategorie 1.A.1.c:

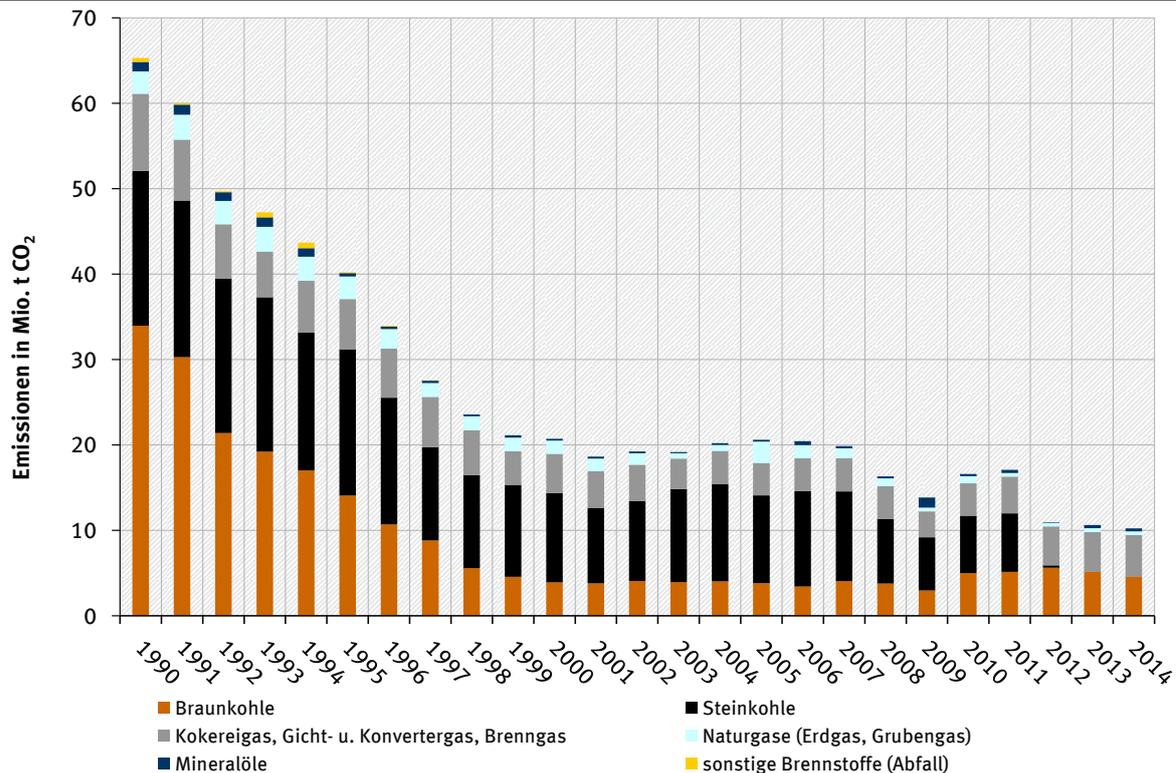


Abbildung 27: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kategorie 1.A.1.c (in Mio. t)

Die Abbildung zeigt sehr deutlich wie stark die Emissionen in dieser Kategorie seit 1990 zurückgegangen sind. Den stärksten Emissionsrückgang verzeichnet die Braunkohle, die in den Neuen Bundesländern Anfang der 1990er Jahre stark rückläufig war. Die DDR-Wirtschaft basierte im Wesentlichen auf Braunkohle. Aus der Rohbraunkohle wurden verschiedene Veredlungsprodukte für die Industrie, Haushalte kleinere Gewerbebetriebe hergestellt. Bis Ende der 90er Jahre erfolgte eine umfangreiche Umstellung von Braunkohlenutzung hin zum Einsatz von anderen Energieträgern. In einer deutlich reduzierten Anzahl an Industrieanlagen und Gewerbebetrieben wurde nun vermehrt Steinkohle, Mineralöl und Erdgas eingesetzt, während in den Haushalten die Kohleöfen durch modernere Heizöl- und Erdgasbefeuerte Heizungsanlagen ersetzt wurden. Dadurch sank die Brikett- und Staubproduktion in den Neuen Bundesländern von fast 39 Mio. t in 1990 auf ca. 2,6 Mio. t im Jahr 1997. Die Schließung der meisten Anlagen der Braunkohlenverarbeitung in diesem Zeitraum führte zu einer sehr starken Emissionsreduktion. Ab 1998 erfolgte die Bereitstellung der Trocknungsenergie für die Braunkohlenprodukte in den Neuen Bundesländern ausschließlich durch Prozessdampf aus öffentlichen Kraftwerken. In den Alten Bundesländern führten eine Verbesserung der Anlageneffizienz und ebenfalls eine Verringerung der Produktion bis zum Jahr 2003 zu sinkenden Emissionen. Danach traten aufgrund von Produktionserhöhungen auch wieder leichte Anstiege auf.

Die Emissionen aus der Steinkohlennutzung im Sektor 1.A.1.c sinken seit dem Jahr 1990 deutlich. Das hat zum einen mit einer starken Reduktion der Steinkohlenförderung zu tun, die 1990 noch über 70 Mio. t betrug und im Jahr 2014 weniger als 8 Mio. t erreicht. Zum anderen haben sich einige Anlagen vom Steinkohlenbergbau in die öffentliche Versorgung umgemeldet, was zu einer Verschiebung der Emissionen führte. Auch die in der Kategorie 1.A.1.c verbliebenen Kraftwerke speisen Strom in das öffentliche Netz ein.

Ab dem Jahr 2010 kam es aufgrund der konjunkturellen Erholung und der damit einhergehenden erhöhten Stromnachfrage, zu einer Erhöhung der Brennstoffeinsätze von Braun- und Steinkohlekraftwerken, die der Kategorie 1.A.1.c zugeordnet werden. Eine weitere Erklärung für den gestiegenen Braunkohleverbrauch ist die Ummeldung einiger Kraftwerke aus der öffentlichen Versorgung in den Braunkohlenbergbau. Das führte insgesamt zu höheren Emissionen.

Der Einsatz von Industriegasen (Kokereigas, Gicht- und Konvertergas) zeigt bis Ende der 90er Jahre ebenfalls einen abnehmenden Trend. Die Ursache liegt vor allem in der Einstellung der Stadtgaserzeugung bis 1996 und der damit verbundenen Schließung der Ortsgaswerke. Die Koksproduktion ging ebenfalls deutlich zurück. Während 1990 noch 19 Mio. t Steinkohlenkoks produziert wurden, war es 2008 nur noch knapp die Hälfte. Im Jahr 2009 aufgrund der geringen Stahlproduktion 6,7 Mio. t. Durch die verbesserte Wirtschaftslage erhöhte sich die Steinkohlenkoksproduktion in den Jahren ab 2010 wieder auf etwa 8 Mio. t. Auf diesem Niveau blieb die Produktion bis zum Jahr 2013. Aufgrund der Erweiterung einer Kokerei Anlage im Jahr 2014 stieg die Koksproduktion wieder leicht, auf 8,7 Mio. t an. Damit steigen auch die Emissionen aus der Verbrennung von Gicht- und Kokereigas an. Während es 1990 noch 8 Zechenkokereien gab, gehören die derzeit noch betriebenen 5 Kokereien alle zur Stahlindustrie („Hüttenkokereien“). Insgesamt führten Anlagenschließungen und Ertüchtigungen zu einer deutlichen Emissionsminderung in diesem Sektor.

Im Jahr 2012 führte die Ummeldung einiger bedeutender Anlagen des Steinkohlenbergbaus in den öffentlichen Sektor zu einer sehr deutlichen Reduzierung der Emissionen in der Kategorie 1.A.1.c. Dieser statistische Effekt führte allerdings zu einer Erhöhung der Emissionen aus der Steinkohlenutzung im Sektor 1.A.1.a. Insgesamt kam es sektorübergreifend im Jahr 2012 zu einer Erhöhung der Emissionen aus der Steinkohleverstromung.

Der leichte Emissionsrückgang im Jahr 2013 ist im Wesentlichen auf die Schließung eines Grubenkraftwerkes im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier sowie auf einen verringerten Brennstoffeinsatz in Rheinischen Grubenkraftwerken zurückzuführen. Der Emissionsrückgang fällt deutlich moderater aus, da zeitgleich der Erdgaseinsatz der „sonstigen Energieerzeuger“ angestiegen ist. Im Jahr 2014 blieben die Emissionen stabil.

### 3.2.8.2 Methodische Aspekte (1.A.1.c)

Die Auswahl der Berechnungsmethode ist auf Basis der aktuellen Hauptkategorienanalyse erfolgt.

Der Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung in Kraftwerken des Steinkohlen- bzw. des Braunkohlenbergbaus ist in der Energiebilanzzeile 12 „Industriewärmeleistung“ enthalten. Der Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung im Umwandlungsbereich ist den Energiebilanzzeilen 33-39 bzw. der Summenzeile 40 („Energieverbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt“) zu entnehmen.

Mit Hilfe von Angaben des Statistischen Bundesamtes (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, 2013c) wird der Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung in Kraftwerken des Steinkohlenbergbaus ermittelt. Die Aktivitätsraten zur Wärmeerzeugung in Kraftwerken des Steinkohlenbergbaus entsprechen der Energiebilanzzeile 34 „Energieeinsatz in Steinkohlenzechen- und -brikettfabriken“.

Der ausgewiesene Brennstoffeinsatz zur Stromerzeugung in Grubenkraftwerken beruht auf Verbandsangaben (persönliche Mitteilung des DEBRIV – Bundesverband Braunkohle). Der Einsatz zur Wärmeerzeugung, insbesondere zur Braunkohlentrocknung zur Herstellung von Braukohlenprodukten ist nicht in der Energiebilanz enthalten. Dieser wird aus den Produktionszahlen der Braukohlenprodukte (STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT o.J.) und den für die Trocknung notwendigen spezifischen Brennstoffeinsatz (persönliche Mitteilung DEBRIV – Bundesverband Braunkohle, Februar - 2014) berechnet und als „Nicht-Energiebilanz“ – Einsatz im ZSE verbucht und berichtet. Die Daten werden jährlich abgefragt und aktualisiert.

Die für die Herstellung von Steinkohlenkoks eingesetzten Brennstoffmengen werden direkt aus der Energiebilanz, EBZ 33 (Kokereien) genommen. Darin wird der Eigenverbrauch der Kokereien verbucht. Die Brennstoffnutzung in den Unterfeuerungen ist die größte Emissionsquelle der Kokereien. Bevor der Koks gelöscht wird, entstehen aber auch diffuse Emissionen, die in der Kategorie 1.B.1.b berichtet werden.

Der Brennstoffeinsatz zur Wärmeerzeugung im Übrigen Umwandlungsbereich setzt sich aus den Energieverbräuchen der Energiebilanzzeilen 33 bis 39 (Energieverbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt) zusammen. Dazu zählt der Grubenselbstverbrauch, Anlagen zur Erdöl- und Erdgasgewinnung sowie der Altölaufbereitung, Kohlenwertstoffbetriebe, Anlagen zur Herstellung und Verarbeitung von Spalt- und Brutstoffen und der Eigenverbrauch von Kläranlagen.

Ab der Berichterstattung 2011 werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Gichtgasverbrennung in Kokereien in der Kategorie 1.A.1.c berichtet. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Gichtgasnutzung in Kokereien über die gesamte Zeitreihe ab 1990.

Tabelle 31: CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Gichtgasverbrennung in Kokereien

[Mio. t CO <sub>2</sub> ]									
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
5,340	5,251	4,590	4,083	5,066	4,924	4,707	4,969	4,362	3,145
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
3,652	3,741	3,684	3,029	3,356	3,247	3,281	3,226	3,226	2,500
2010	2011	2012	2013	2014					
3,245	3,895	4,289	4,341	4,554					

Die Überarbeitung der Daten für 1990 und die Folgejahre 1991-1994 für die Neuen Bundesländer ist in Anhang 19.1.1 beschrieben.

### Emissionsfaktoren

Eine Liste der verwendeten CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren, sowie eine methodische Beschreibung sind im Anhang, Kapitel 18.7 verfügbar.

Die Emissionsfaktoren für Kraftwerke und sonstige Kesselfeuerungen zur Dampf-, Heiß- und Warmwasserbereitstellung in der Kategorie 1.A.1.c sind RENTZ et al (2002) und FICHTNER et al (2011) entnommen. Eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise ist dem Kapitel 3.2.6.2 in Verbindung mit dem Kapitel 19.1.2.1 im Anhang 3 zu entnehmen. Die Forschungsvorhaben unterscheiden innerhalb des Sektors nach Kraftwerken der STEAG, den übrigen Kraftwerken des Steinkohlenbergbaus, den Kraftwerken des Braunkohlenbergbaus sowie den sonstigen Kesselfeuerungen zur Dampf-, Heiß- und Warmwasserbereitstellung.

Die Emissionsfaktoren für Kokereien wurden größtenteils aus BFI (2012) entnommen. Die dort ermittelten Emissionsfaktoren für gefasste Quellen wurden der Kategorie 1.A.1.c zugeordnet, da diese Emissionen hauptsächlich aus der Unterfeuerung der Koksöfen resultieren. Die ermittelten Emissionsfaktoren für diffuse Quellen wurden dagegen definitionsgemäß der Kategorie 1.B.1.b zugeordnet. Neben weiteren Schadstoffen werden auch CO-Emissionen aus Kokereien in beiden Kategorien berechnet.

### 3.2.8.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.1.c)

Erstmals wurden im Berichtsjahr 2004 für die Aktivitätsraten Unsicherheiten bestimmt (Forschungsvorhaben FKZ 204 41 132, UBA). Die Methode zur Bestimmung der Unsicherheiten ist im Anhang 2, Kapitel 13.6 des NIR 2007 beschrieben.

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Unsicherheiten für die Emissionsfaktoren ist in dem Kapitel 3.2.6.3.1 beschrieben.

#### 3.2.8.3.1 Ergebnis für N<sub>2</sub>O

In Anlagen des Braunkohlenbergbaus - sie sind Teil des Sektors 1.A.1.c - werden vergleichsweise viele Wirbelschichtfeuerungen eingesetzt. Es ist bekannt, dass diese relativ höhere N<sub>2</sub>O-Emissionen aufweisen als andere Kohlefeuerungstechnologien. Das Emissionsverhalten bei Einsatz von Stein- und Braunkohlen wurde insbesondere bei Einsatz in Wirbelschichtfeuerungen und insbesondere in den 90er Jahren gezielt untersucht. Daher lagen ausreichend Messdaten vor, die eine systematische Erhebung von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren im Forschungsvorhaben ermöglichten. Die Ausführungen aus Kapitel 3.2.6.3.2 gelten entsprechend.

#### 3.2.8.3.2 Ergebnis für CH<sub>4</sub>

Die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.3.3 gelten entsprechend.

#### 3.2.8.3.3 Zeitreihenkonsistenz der Emissionsfaktoren

Die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.3.4 gelten entsprechend.

### 3.2.8.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.1.c)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.4 gelten entsprechend.

### 3.2.8.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.1.c)

Tabelle 32: Rückrechnungen CRF 1.A.1.c

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut				Abweichung relativ gesamt	
			gas	liquid	other	solid		
2009	13.835	13.840	0	6	0	0	6	0,04%
2010	16.605	16.605	0	1	0	0	1	0,00%
2011	16.818	17.090	0	2	0	270	272	1,62%
2012	10.651	10.921	0	0	0	270	271	2,54%
2013	10.267	10.631	-236	327	0	273	364	3,54%

Die Änderung der CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für Dieselkraftstoff und „Andere Mineralölprodukte“ führte ab dem Jahr 2009 zu leichten Rückrechnungen bei den flüssigen Brennstoffen. Aufgrund einer Fehlerkorrektur ergaben sich Rückrechnungen für die Jahre 2011 und 2012 für feste Brennstoffe. Für das Jahr 2013 wurden die vorläufigen Daten durch die nun vorliegende endgültige Energiebilanz ersetzt. Dadurch wurden Rückrechnungen für fast alle Energieträger notwendig.

### **3.2.8.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.1.c)**

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **3.2.9 Verarbeitendes Gewerbe (1. A.2)**

Die Kategorie setzt sich aus mehreren Subkategorien in enger Anlehnung an die IPCC-Gliederung (CRF) zusammen und ist in den Unterkapiteln detailliert beschrieben.

Die Berechnungsalgorithmen der Strukturelemente der BEU der Kategorie 1.A.2 wurden innerhalb des Forschungsvorhabens „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten“ (FKZ 204 41 132) überarbeitet und unterliegen einer einheitlichen Systematik. Sie basieren überwiegend auf der Grundlage von gesicherten Daten des Statistischen Bundesamtes.

Eine Sektordifferenzierung der Aktivitätsraten nach Branchen erfolgt ausschließlich für die Prozessfeuerungen. Hier kam es in Folge der neuen CRF-Kategorisierung zu Neuordnungen ab dem NIR 2015.

Bedingt durch den Umstieg der Wirtschaftszweigklassifikation in den Energie-Statistiken ab dem Jahr 2008 von „WZ 2003“ auf „WZ 2008“ wurde die Erfassung der Aktivitätsdaten für die Prozessfeuerungen aus den Einzelstatistiken entsprechend dem Umsteigeschlüssel realisiert (STATISTISCHES BUNDESAMT 2008: Umsteigeschlüssel WZ 2003 auf WZ 2008).

Dies führt ab der Berichterstattung 2015 zu Schwierigkeiten bei der Zuordnung zu den neuen CRF-Kategorien der Guidelines 2006. Bei der Erarbeitung der Guidelines 2006 waren die WZs 2008 noch nicht bekannt und konnten somit nicht berücksichtigt werden.

Die Aggregation der Industriekraftwerke und Kessel erfolgt für die Strom- und Wärmeerzeugung nach Technologien (Gasmaschinen, Gasturbinen, GuD-Anlagen und Dampfturbinen) sowie nach genehmigungsrechtlichen Regelungen (TA-Luft und 13. BImSchV).

Die einzelnen Berechnungsalgorithmen sind im genannten Forschungsvorhaben ausführlich dokumentiert.

Nach der Emissionsberechnung auf der Ebene der Strukturelemente werden durch eine weitestgehend IPCC-konforme Aggregation der Ergebnisse die Summenwerte für die Subkategorien in 1.A.2 bis NIR 2014 nach den Guidelines von 1996, ab NIR 2015 entsprechend der Guidelines von 2006 gebildet. Seit dem NIR 2006 werden die Prozessfeuerungen zum großen Teil branchenbezogen berichtet. Die Disaggregation ist bei der vorhandenen Datenlage nicht vollständig IPCC-konform möglich. So kann die Strom- und Wärmeerzeugung der Industriekraftwerke und -wärmekraftwerke nicht vollständig den

Branchen zugeordnet werden und wird daher zusammengefasst unter 1.A.2.gviii Sonstige berichtet.

Die Abgrenzung der energiebedingten Prozessfeuerungen zur Strom- und Wärmeerzeugung in Industriekraftwerken und Kesseln erfolgt mittels Statistik 067 (Stromerzeugungsanlagen des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden; *STATISTISCHES BUNDESAMT*, 2014c).

Eine Veränderung in der Statistik 067 (ebd.) des Statistischen Bundesamtes bedingt einen Sprung der Aktivitätsraten in der Strom- und Wärmeproduktion. Bis 2001 wurde lediglich der Brennstoffeinsatz zur Stromproduktion in Stromerzeugungsanlagen ausgewiesen. Ab 2002 wird der Brennstoffeinsatz zur Strom- und Wärmeproduktion angegeben. Zu den Einsätzen zur Wärmeproduktion für die Jahre vor 2002 liegen keine Daten vor.

Das Verhältnis des fossilen und biogenen Anteils von Industriemüll ergibt sich aus der Energiebilanz, der Abfallstatistik (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, FS 19 Reihe 1) und den Angaben der entsprechenden Industrieverbände zu Ersatzbrennstoffen.

Die eingesetzten Mengen an Regelbrennstoffen aller Subkategorien sind vollständig aus der Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland entnommen und in der BEU disaggregiert. Über die Energiebilanz hinaus werden in verschiedenen Subkategorien Ersatzbrennstoffe berücksichtigt, die im Forschungsprojekt (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02) ermittelt wurden und nun über Verbandsdaten jährlich aktualisiert werden (s.u.). Demnach kommen Ersatzbrennstoffe vermehrt zum Einsatz, um teurere konventionelle Brennstoffe zu ersetzen.

Im Forschungsprojekt „Einsatz von Sekundärbrennstoffen“ (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02) wurde der Verbesserungsbedarf zum Thema „waste fuels“ im Energiebereich auf Ersatzbrennstoffe in vier Industriebranchen eingegrenzt und die Daten von den jeweiligen Industrieverbänden ermittelt. In den Industriebranchen Roheisenerzeugung, Zellulose- und Papierherstellung sowie Herstellung von Kalk und Zement liegen hiermit deutlich verbesserte und branchenspezifische Daten für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen in Prozessfeuerungen und in Industriekraftwerken vor.

Besonderheiten der Subkategorien sind in den Unterkapiteln beschrieben. Speziell die Sammelgruppe 1.A.2.g Sonstige ist zu beachten.

Für die im Forschungsvorhaben „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten“ (FKZ 204 41 132) neu geschaffenen Strukturelemente wurden die Unsicherheiten entsprechend der im Rahmen des Forschungsberichts 204 42 203/02 dokumentierten Methode ermittelt. Dies ist im Endbericht zum Forschungsvorhaben (FKZ 204 41 132) und Anhang 13.6 des NIR 2007 dokumentiert.

Kohlendioxidemissionen dominieren die CRF-Kategorie 1.A.2. Andere Treibhausgase tragen nur in sehr geringem Maß zu den Gesamtemissionen bei.

Im Zeitraum 1990 bis 1994 ist ein starker Rückgang der Treibhausgasemissionen zu verzeichnen. Dies ist bedingt durch die Stilllegung ineffizienter Anlagen des verarbeitenden Gewerbes in den Neuen Bundesländern nach dem politischen Wechsel 1990 in Deutschland.

In den Folgejahren auftretende Schwankungen der Emissionen spiegeln den konjunkturellen Verlauf der Produktion im verarbeitenden Gewerbe in Deutschland wider.

**3.2.9.1 Verarbeitendes Gewerbe - Eisenschaffende Industrie (1.A.2.a)**

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.A.2.a Manufacturing Industries and Construction: Iron and Steel	all fuels	CO <sub>2</sub>	35.269,3	2,89%	33.834,4	3,82%	-4,1%
-/-	1.A.2.a Manufacturing Industries and Construction: Iron and Steel	all fuels	N <sub>2</sub> O	155,1	0,01%	115,6	0,01%	-25,5%
-/-	1.A.2.a Manufacturing Industries and Construction: Iron and Steel	all fuels	CH <sub>4</sub>	62,5	0,01%	68,7	0,01%	10,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS	NS	CS

Die Kategorie *Verarbeitendes Gewerbe - Eisenschaffende Industrie* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend sowie der Tier-2-Analyse.

Die Eisenschaffende Industrie (Subkategorie 1.A.2.a) ist neben der Zementindustrie die zweite bedeutende CO<sub>2</sub>-Emissionsquelle unter den Prozessfeuerungen.

**3.2.9.1.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.2.a)**

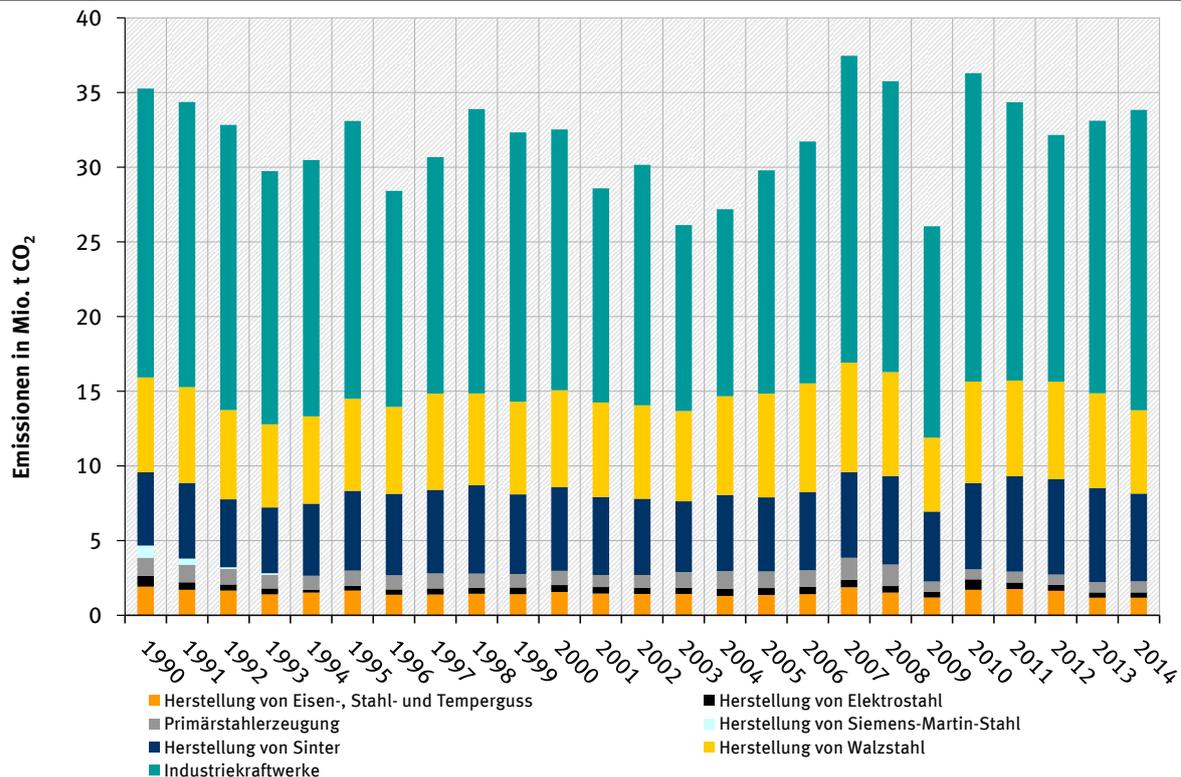
Die Kategorie umfasst die Produktionsbereiche Roheisen (Hochofen), Eisenschwamm (Direktreduktion), Sinter, Walzstahl, Eisen-, Stahl-Temperguss, Siemens-Martin-Stahl und Elektrostahl, sowie Kraftwerke und Kessel der gesamten Stahlindustrie.

Die Herstellung von Siemens-Martin-Stahl führte nur noch in den neuen Bundesländern bis kurz nach 1990 zu Emissionen. In den alten Bundesländern war die Produktion von Siemens-Martin-Stahl schon vor 1990 eingestellt worden.

Eine Produktion von Eisenschwamm (direkt reduziertem Eisen; *engl.* DRI) erfolgt in Deutschland nur in geringem Umfang (ca. 0,5 Mio. t pro Jahr) und nur in einer Anlage. Die bei der Produktion von Eisenschwamm entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen resultieren aus dem Einsatz von Erdgas bzw. dem daraus erzeugten Gemisch der Reduktionsgase CO und H<sub>2</sub>. Die eingesetzte Menge an Erdgas ist über die gesamte Zeitreihe in den unter 1.A.2.a berichteten Einsätzen von Erdgas enthalten. Somit werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Produktion von Eisenschwamm über die gesamte Zeitreihe unter 1.A.2.a berichtet. Eine gesonderte Ausweisung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Produktion von Eisenschwamm ist nicht möglich, weil hieraus auf die vertraulichen Angaben zur Produktionsmenge der betreffenden Anlage zurückgeschlossen werden könnte.

Bei der Herstellung von Roheisen wird ein Großteil der im Hochofen eingesetzten Energieträger für die darin ablaufenden Reduktionsprozesse benötigt, während in den anderen Produktionsbereichen der Eisenschaffenden Industrie Brennstoffe zum großen Teil zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden.

Die folgende Graphik zeigt eine Übersicht über die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den einzelnen Subkategorien in 1.A.2.a.

Abbildung 28: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Kategorie 1.A.2.a

Die Übersicht zeigt über die Jahre z.T. große Schwankungen, die überwiegend der Produktionsentwicklung folgen. In den Jahren 1990 bis 1994 ist die Absenkung der Emissionen geprägt durch die Umstrukturierung im Eisen und Stahlbereich in den neuen Bundesländern nach dem politischen Wechsel 1990.

Besonders deutlich ist der Einbruch der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Krisenjahr 2009 zu erkennen, in dem die Stahlindustrie einen sehr starken Produktionsrückgang verzeichnete. Der erneute Emissionsanstieg in 2010 ist der Wiederbelebung der Konjunktur zuzurechnen, bei der die Stahlindustrie fast wieder das Produktionsniveau von 2008 erreichte. In den Folgejahren bis 2013 gingen die Stahlproduktion und damit die CO<sub>2</sub> Emissionen nur leicht zurück um 2014 entsprechend der Roheisenproduktion anzusteigen.

Nach den Industriekraftwerken (zur Eigenstromerzeugung aus Gicht- und Konvertergas) kommen die anteilig höchsten Emissionen aus der Walzstahl- und Sintererzeugung. Für den Hochofen werden nur die zur Energieerzeugung benötigten Erd- und Kokereigaseinsätze in der Kategorie 1.A.2.a berichtet. Die prozessbedingten Emissionen werden in der Kategorie 2.C.1 verbucht.

Laut Aussage des Stahlinstituts (VDEh) wurde 2012 verglichen mit 2011 mehr Koks in Sinteranlagen eingesetzt, aber dafür weniger Koksgruss und Steinkohle. Weiterhin wurden Kuppelgase, vor allem Konvertergas und auch Koksofengas, als Ersatz für Erdgas eingesetzt.

2013 wurde ebenfalls laut Aussage des VDEh, bezogen auf den Hochofengaseinsatz bei den Sinteranlagen, in einem Werk mehr Hochofengas, weniger Koksofengas verbraucht und deswegen auch weniger Sauerstoff eingesetzt. Im integrierten Hüttenverbund wurden die Kuppelgase dementsprechend substituiert.

Bei der Roheisenerzeugung im Hochofen kann ab 2010 eine kontinuierliche Abnahme der Einsatzmengen an schwerem Heizöl festgestellt werden. Das Heizöl wird größtenteils durch Einblaskohle ersetzt, was durch eine Umstellung der Einblasvorrichtungen ermöglicht wird. Die Brennstoffumstellung erfolgt preisbedingt. In einzelnen Hochöfen wird neben gemahlener Steinkohle auch gemahlene Braunkohle eingesetzt, wobei auch diese Umstellung nur vom Preis abhängt.

Beim Einsatz von flüssigen Brennstoffen (Heizöl) in Warmwalzwerken wurden laut VDEh 2014 in einem Werk Kuppelgase eingesetzt um den Fremdbezug von Öl zu minimieren und Kosten zu sparen.

### **3.2.9.1.2 Methodische Aspekte (1.A.2.a)**

Diese Subkategorie umfasst die Prozessfeuerungen der verschiedenen Produktionsbereiche der Eisenschaffenden Industrie. Die entsprechenden Brennstoffeinsätze inklusive der Sekundärbrennstoffe sind in der BEU enthalten.

Für die Bereitstellung der Aktivitätsdaten der konventionellen Brennstoffe der Kategorie wurde ab dem Berichtsjahr 2011 der sogenannte BGS-Bogen (Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Press- und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokerei)), als neue Datenquelle erschlossen. Diese ermöglicht eine verbesserte Disaggregation der Energiedaten in der Bilanz der Emissionsursachen (BEU). Da die gesetzliche Grundlage für die Erhebungen des BGS-Bogens seit dem Berichtsjahr 2012 entfallen ist, werden die Daten seitdem auf der Grundlage einer Vereinbarung mit der Wirtschaftsvereinigung Stahl in gleicher Struktur bereitgestellt. Diese Änderung hat auf die Berechnungen keinen Einfluss.

Die Angaben im BGS-Bogen ermöglichen neben der Darstellung der Aktivitätsdaten in Sinteranlagen, Hochofenbetrieben, Oxygenstahlwerken (Konverter) und Walzwerken die zusätzliche Disaggregation für die Elektrostahlwerke.

Weiterhin konnte eine datenbasierte Differenzierung der festen Brennstoffe nach „Steinkohle und Steinkohlebriketts“; „Koks“ und „Koksgrus unter 10 mm“ erfolgen. Die Brennstoffeinsätze für Koks und Koksgrus werden in der Datenbank als „Koks“ summiert ausgewiesen, da die Energiestatistik den aggregierten Brennstoff „Koks“ ausweist. Die im BGS-Bogen ausgewiesenen „flüssigen Brennstoffe“ werden dem „Heizöl schwer“ zugeordnet.

Da der BGS- Bogen Brennstoffeinsätze in natürlichen Einheiten ausweist, werden diese mit den von der Arbeitsgemeinschaft der Energiebilanzen (AGEB) ausgewiesenen Heizwerten für festen und flüssigen Einzelbrennstoffe in Energieeinheiten umgerechnet. Für die Gase wurde im BGS-Bogen eine Normierung auf 35,16912 MJ/m<sup>3</sup> definiert, die in der Methodik der Berechnung der Aktivitätsraten für Hochofen-, Kokerei-, Erd- und Konvertergas übernommen wurde.

Die Emissionsberechnung der Sekundärbrennstoffe wurde entsprechend der Ergebnisse des Forschungsprojektes „Einsatz von Sekundärbrennstoffen“ (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02) beibehalten.

Die Emissionen aus der Eisen- und Stahlindustrie werden für die gesamte Zeitreihe ab 1990 in prozessbedingte und energiebedingte Emissionen unterschieden. Die Methode zur Berechnung der prozessbedingten Emissionen ist im Kapitel 4.4.1.2 der Kategorie 2.C.1 beschrieben.

**3.2.9.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.a)**

Unsicherheiten wurden in 2004 für alle Brennstoffe außer Ersatzbrennstoffe und für Ersatzreduktionsmittel hinsichtlich der kompletten Zeitreihe bestimmt. Die Methode ist im Forschungsbericht (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02) erläutert. Sie wurden für die Aktivitätsraten im Forschungsvorhaben „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten (FKZ 204 41 132)“ aktualisiert und im Endbericht dokumentiert.

Die bis zur Berichterstattung 2011 verwendeten Daten zur Berechnung aus der Statistik - Fachserie 4 Reihe 8.1 - des Statistischen Bundesamtes wurden auf der Grundlage des BGS-Bogens in dieser Statistik aggregiert. Nach Einstellung der Statistik werden die Basisdaten des BGS-Bogens direkt zur Berechnung herangezogen.

Die direkte Verwendung der Daten aus dem BGS-Bogen führt zu keiner Erhöhung der Unsicherheiten. Die auf dem Forschungsbericht basierenden Unsicherheiten wurden entsprechend der konservativen Betrachtungsweise beibehalten.

**3.2.9.1.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.a)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle sowie für Emissionsfaktoren & Emissionsdaten eine kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Weitere Informationen zur Qualitätssicherung siehe CRF 1.A.1.a (Kapitel 3.2.6.4).

Die Qualitätssicherung der BGS-Daten durch den Verband entsprechend QSE-Handbuch wurden in der Verbandsvereinbarung festgelegt.

**3.2.9.1.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.a)**

Die AGEB hat im Herbst 2014 die Heizwerte ab dem Jahr 2005 überarbeitet. Diese Überarbeitung wurde ab dem NIR 2016 übernommen. Das führte zu entsprechenden Rückrechnungen. Für das Jahr 2013 wurden die vorläufigen Daten durch die nun vorliegende endgültige Energiebilanz ersetzt. Dadurch wurden Rückrechnungen für fast alle Energieträger notwendig.

Tabelle 33: Rückrechnungen in CRF 1.A.2.a

Einheit [Gg]	NIR 2015	NIR 2016	Abweichung absolut			Abweichung relativ	
			gas	liquid	solid		
Jahr	gesamt	gesamt	gesamt	gesamt	gesamt	gesamt	
2005	29.849	29.794	0	0	-55	-55	-0,18%
2006	31.791	31.719	0	0	-72	-72	-0,23%
2007	37.548	37.465	0	0	-83	-83	-0,22%
2008	35.883	35.760	0	0	-123	-123	-0,34%
2009	26.147	26.050	0	0	-97	-97	-0,37%
2010	36.400	36.290	0	0	-110	-110	-0,30%
2011	34.102	34.346	0	0	244	244	0,72%
2012	31.840	32.158	0	0	318	318	1,00%
2013	34.081	33.111	-24	-188	-758	-970	-2,85%

**3.2.9.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.a)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.9.2 Verarbeitendes Gewerbe – Nichteisen-Metalle (1.A.2.b)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	1.A.2.b Manufacturing Industries and Construction: Non-Ferrous Metals	all fuels	CO <sub>2</sub>	1.629,2	0,13%	1.378,1	0,16%	-15,4%
-/-	1.A.2.b Manufacturing Industries and Construction: Non-Ferrous Metals	all fuels	N <sub>2</sub> O	17,1	0,00%	6,8	0,00%	-60,5%
-/-	1.A.2.b Manufacturing Industries and Construction: Non-Ferrous Metals	all fuels	CH <sub>4</sub>	1,4	0,00%	1,5	0,00%	10,2%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS	NS	CS

Die Kategorie Nichteisen-Metalle ist keine Hauptkategorie.

#### 3.2.9.2.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.2.b)

Diese Kategorie umfasst die Prozessfeuerungen der Produktionsbereiche der Nichteisenmetalle in aggregierter Form. Eine detailliertere Darstellung ist aufgrund der Datenlage nicht möglich.

#### 3.2.9.2.2 Methodische Aspekte (1.A.2.b)

Die entsprechenden Brennstoffeinsätze sind in der BEU enthalten. Quelle für die Brennstoffeinsätze ist die Statistik des produzierenden Gewerbes (Statistik 060 – Energieverwendung des produzierenden Gewerbes; *STATISTISCHES BUNDESAMT* 2014b) (Melde-Nr. 27.43 (WZ 2003 alt) → 24.43 (WZ 2008 neu), Erzeugung und erste Bearbeitung von Blei, Zink und Zinn und 27.44 (WZ 2003 alt) → 24.44 (WZ 2008 neu), Erzeugung und erste Bearbeitung von Kupfer) und für Abgrenzungen zur Strom- und Wärmeerzeugung die Statistik 067 (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, 2014c).

Um die Berechnungsalgorithmen für die Aktivitätsdaten in der Bilanz der Emissionsursachen (BEU) homogener, konsistenter und transparenter darzustellen erfolgte eine Überarbeitung.

Im Ergebnis dieser Überarbeitung wurde die Erzeugung und erste Bearbeitung von Edelmetallen, Aluminium und sonstige NE-Metalle zur Ermittlung der Aktivitätsdaten mit aufgenommen.

Im Endbericht zum Forschungsvorhaben „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten“ (FKZ 204 41 132) werden die Berechnungsalgorithmen ausführlich beschrieben.

Die Aktivitätsraten für die Neuen Bundesländer für 1990 wurden im Projekt „Basisjahr und Aktualisierung“ (UBA 2005c: FKZ 205 41 115) mit neuem Datenmaterial überarbeitet und dokumentiert, s. Anhangkapitel 19.1.1).

**3.2.9.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.b)**

Im Jahr 2004 wurden für alle Aktivitätsraten Unsicherheiten bestimmt. Die Methode ist im Anhangkapitel 13.6 des NIR 2007 erläutert.

**3.2.9.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.b)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Weitere Informationen zur Qualitätssicherung siehe CRF 1.A.1.a (Kapitel 3.2.6.4).

**3.2.9.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.b)**

Tabelle 34: Rückrechnungen in CRF 1.A.2.b

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut				Abweichung relativ gesamt
			gas	liquid	solid	gesamt	
2013	1.565	1.477	-60	2	-29	-88	-5,62%

Nach dem Vorliegen der endgültigen Energiebilanz wurden die vorläufigen Werte für das Jahr 2013 durch aktuelle Werte ersetzt. Dadurch kommt es bei allen Brennstoffen zu Rückrechnungen.

**3.2.9.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.b)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

**3.2.9.3 Verarbeitendes Gewerbe – Chemische Industrie (1.A.2.c)**

KC	Category	Activity	EM of	1990 (fraction) (kt CO <sub>2</sub> -e.)	2014 (fraction) (kt CO <sub>2</sub> -e.)	Trend 1990-2014
-/-	1.A.2.c	all fuels	IE	IE	IE	IE

In der chemischen Industrie kommen hauptsächlich Industriekraftwerke sowie Kessel zum Einsatz. Diese Anlagen werden kategorieübergreifend in der Subkategorie 1.A.2.g Sonstige berichtet.

Die Einsätze an Energieträgern in der Kalziumkarbidproduktion sind prozessbedingt und werden unter CRF 2.B.5 berichtet (siehe Kapitel 4.3.5).

Dies bestätigt auch das Forschungsprojekt „Basisjahr und Aktualisierung (UBA 2005c, FKZ 205 41 115) für das Jahr 1990 in den Neuen Bundesländern (wesentlicher Produktionsstandort): der Koks wurde stofflich und nicht energetisch genutzt. Die Kalziumkarbidproduktion ist demnach keine Quelle für energiebedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Die Emissionen der gesamten Subkategorie 1.A.2.c werden somit an anderer Stelle berücksichtigt (IE - included elsewhere). Von daher wird die Subkategorie 1.A.2.c nicht gesondert in der Hauptkategorienanalyse aufgeführt.

Der Hauptteil der Emissionen aus der chemischen Industrie kommt aus Verbrennungsprozessen. Da die Brennstoffeinsätze für die chemische Industrie erst ab dem Jahr 2003 vorliegen, ist es nicht möglich Zeitreihen ab 1990 zu erstellen. Deshalb werden die Emissionen aus der energetischen Nutzung von Brennstoffen in der chemischen Industrie zusammengefasst mit anderen Industriebereichen in der Kategorie 1.A.2.gviii „Sonstige“ berichtet. Dennoch konnten die vorhandenen Daten genutzt werden, um mit den verfügbaren Daten aus dem Emissionshandel abgeglichen zu werden. Dabei sollten zum einen Doppelzählungen mit den IPPU Sektor vermieden werden. Zum anderen sollte eine Unterfassung der Emissionen aus der Verbrennung der sonstigen hergestellten Gase ausgeschlossen werden. Im Vergleich zeigt sich, dass die in der Energiestatistik ab dem Jahr 2012 berichteten Daten gut mit den Brennstoffmengen im Emissionshandel zusammenpassen. Insgesamt sind die in den Vorjahren statistisch erfassten Gasmengen zu gering. Deshalb wurde zunächst ausgewertet, in welchen Bereichen der chemischen Industrie sonstige hergestellte Gase entstehen und energetisch genutzt werden. Über die Hälfte des gesamten Gasaufkommens wird bei der Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien eingesetzt. Danach folgen die Herstellung von sonstigen anorganischen Grundstoffen und die Herstellung von Farbstoffen und Pigmenten. Einen kleineren Einsatz dieser Gase gibt es auch bei Herstellung von Kunststoffen in Primärformen. Für die Rückrechnung der Gasverbräuche wurden für jeden Sektor die Hauptprodukte ermittelt. Diese Daten sind aus den jährlichen VCI Berichten „Chemiewirtschaft in Zahlen“ bis zum Jahr 1990 zurück verfügbar. Lediglich für die neuen Bundesländer gibt es für das Jahr 1990 keine Produktionsdaten. Da in der Energiebilanz für die Neuen Bundesländer größere Mengen an sogenannten Brenngasen verbucht werden, ist davon auszugehen, dass diese Gase zumindest energieseitig berücksichtigt werden. Mit Hilfe der Produktionsdaten und den in der Energiestatistik für das Jahr 2013 ausgewiesenen Gasmengen konnten für jeden Teilsektor spezifische Faktoren gebildet werden, mit denen die Brennstoffeinsätze rückwirkend berechnet werden konnten.

### 3.2.9.4 Verarbeitendes Gewerbe – Zellstoff und Papierindustrie (1.A.2.d)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	1.A.2.d Manufacturing Industries and Construction: Pulp, Paper and Print	all fuels	CO <sub>2</sub>	3,6	0,00%	7,1	0,00%	95,6%
-/-	1.A.2.d Manufacturing Industries and Construction: Pulp, Paper and Print	all fuels	N <sub>2</sub> O	2,8	0,00%	12,2	0,00%	336,0%
-/-	1.A.2.d Manufacturing Industries and Construction: Pulp, Paper and Print	all fuels	CH <sub>4</sub>	0,7	0,00%	2,9	0,00%	336,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>		IE	

Die Kategorie *Zellstoff und Papier* ist keine Hauptkategorie.

#### 3.2.9.4.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.2.d)

Der Energieverbrauch für die Herstellung von Zellstoff, und Papier, kurz in der Zellstoff- und Papierindustrie, kann nur für Ersatzbrennstoffe abgebildet werden, wobei diese in großem Umfang eingesetzt werden.

Emissionen aus dem Einsatz von Regelbrennstoffen in Prozessfeuerungen sowie Emissionen der Eigenstromerzeuger sind nicht gesondert ausgewiesen, sondern werden unter 1.A.2.g Sonstige zusammengefasst berichtet.

#### **3.2.9.4.2 Methodische Aspekte (1.A.2.d)**

Die in der Papierindustrie eingesetzten Ersatzbrennstoffe werden nur teilweise in der Energiebilanz abgebildet. Dies sind Abfälle aus dem eigenen Produktionsbereich. Die Arten und Mengen der eingesetzten Stoffe wurden vom Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) zur Verfügung gestellt. Der überwiegende Teil der im Sektor eingesetzten Ersatzbrennstoffe besteht aus Holz- und Zellstofffasern und damit aus Biomasse. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Einsatz von Sekundärbrennstoffen“ (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02) wurden für Brennstoffe die biogenen und fossilen Anteile hergeleitet. Ebenso wurden CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren auf der Basis von Angaben zu Kohlenstoffgehalten, Wassergehalten und Heizwerten abgeleitet.

Die Daten der amtlichen Statistik zum Einsatz der Regelbrennstoffe in der Papierindustrie wurden einer Prüfung unterzogen.

Der Quelle für die Brennstoffeinsätze ist in der Statistik des produzierenden Gewerbes (Statistik 060 – Energieverwendung des produzierenden Gewerbes; *STATISTISCHES BUNDESAMT* 2014b) nach neuer Wirtschaftszweigsystematik (WZ 2008 neu), die Wirtschaftszweignummer 17 „Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus“ zuzuordnen.

Zurzeit ist die eindeutige Zuordnung der Quelle für eine Zeitreihe entsprechend der alten Wirtschaftszweigzuordnung (WZ 2003) nicht möglich.

Der WZ 17 der neuen Wirtschaftszweigsystematik 2008 stehen Anteile der WZ 17,21,22 und 36 der abgelösten Wirtschaftszweigsystematik 2003 gegenüber.

Zur Sicherung der Geheimhaltung der Einzel - Brennstoffeinsätze ist eine disaggregierte Ausweisung zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich.

Gleiches gilt die Statistik 067 (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, 2014c), welche für die Abgrenzungen zur Strom- und Wärmeerzeugung herangezogen wird.

#### **3.2.9.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.d)**

Im Rahmen eines Forschungsprojekts wurden für die die Ersatzbrennstoffe die Unsicherheiten der hergeleiteten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren nach der Monte-Carlo-Methode bestimmt (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02). Dabei wurden die Angaben zu C-Gehalt, Wassergehalt und Heizwert berücksichtigt. Diesen Angaben liegen Schätzungen mit Schwankungen und wenige Mess- oder Analyseergebnisse zugrunde und führen zu einer großen Bandbreite. CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für Sekundärbrennstoffe gelten inklusive der Unsicherheitenangabe für die gesamte Zeitreihe, weil keine Erkenntnisse zu Trends vorliegen. Die Zeitreihen sind somit konsistent.

#### **3.2.9.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.d)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die statistische Erfassung des Einsatzes sekundärer Brennstoffe hat in der Papierindustrie eine lange Tradition (VDP, verschiedene Jahrgänge). Trotz kleinerer Strukturbrüche in den dort ausgewiesenen Zeitreihen spiegeln die dort bereitgestellten Daten die fortschreitende Substitution von Regel- durch Ersatzbrennstoffe in der Papierindustrie gut wider.

### 3.2.9.4.5 *Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.d)*

Tabelle 35: Rückrechnungen in CRF 1.A.2.d

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut gesamt	Abweichung relativ gesamt
2012	16	16	0	-0,27%
2013	8	8	0	-0,28%

Aufgrund von Rückrechnungen in der Originalstatistik, dem Leistungsbericht der Papierindustrie, ab dem Jahr 2012, kam es zu Rückrechnungen im Inventar.

### 3.2.9.4.6 *Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.d)*

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.9.5 *Verarbeitendes Gewerbe – Zuckerherstellung (1.A.2.e)*

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-T	1.A.2.e Manufacturing Industries and Construction: Food Processing	all fuels	CO <sub>2</sub>	2.015,9	0,17%	247,3	0,03%	-87,7%
-/-	1.A.2.e Manufacturing Industries and Construction: Food Processing	all fuels	N <sub>2</sub> O	24,6	0,00%	2,1	0,00%	-91,4%
-/-	1.A.2.e Manufacturing Industries and Construction: Food Processing	all fuels	CH <sub>4</sub>	4,5	0,00%	0,2	0,00%	-95,7%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS	NS	CS

Die Kategorie *Zuckerherstellung* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach dem Trend (siehe Tabelle 6). Aufgrund der seit 1990 stark fallenden Emissionen (-90,41 %) und des dadurch erreichten sehr geringen Emissionsniveaus hat die Nationale Koordinierungsstelle aus Gründen der Ressourcenpriorisierung entschieden, die für Hauptkategorien vorgesehenen höheren Ansprüche an die Methodik für diese Kategorie nicht umzusetzen.

#### 3.2.9.5.1 *Beschreibung der Kategorie (1.A.2.e)*

In dieser Kategorie sind nur Prozessfeuerungen der Zuckerindustrie erfasst. Eigenstromerzeuger sind nicht gesondert ausgewiesen, sondern werden unter 1.A.2.g „Sonstige“ berichtet.

**3.2.9.5.2 Methodische Aspekte (1.A.2.e)**

Um die Berechnungsalgorithmen für die Aktivitätsdaten in der Bilanz der Emissionsursachen (BEU) homogener, konsistenter und transparenter darzustellen erfolgte eine Überarbeitung.

Im Ergebnis dieser Überarbeitung wurde ermittelt, dass die Statistiken 060 (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, 2014b) und 067 (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, 2014c) alle Brennstoffe für die Berechnung der Aktivitätsraten ausweisen und als Datenquelle verwendet werden.

Im Endbericht zum Forschungsvorhaben „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten“ (FKZ 204 41 132) werden die Berechnungsalgorithmen und Sonderauswertungen zum Brennstoffeinsatz ausführlich beschrieben.

**3.2.9.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.e)**

Erstmals für 2004 wurden für alle Aktivitätsraten Unsicherheiten bestimmt. Die Methode ist im Anhangkapitel 13.6 des NIR 2007 erläutert.

**3.2.9.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.e)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Weitere Informationen zur Qualitätssicherung siehe CRF 1.A.1.a (Kapitel 3.2.6.4).

**3.2.9.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.e)**

Tabelle 36: Rückrechnungen in CRF 1.A.2.e

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut				Abweichung relativ gesamt
			gas	liquid	solid	gesamt	
2013	304	253	88	-114	-25	-51	-16,73%

Für das Jahr 2013 wurden die vorläufigen Daten durch die nun vorliegende endgültige Energiebilanz ersetzt. Dadurch wurden Rückrechnungen für fast alle Energieträger notwendig.

**3.2.9.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.e)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

**3.2.9.6 Verarbeitendes Gewerbe – Mineralische Industrie (1.A.2.f)**

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.A.2.f Manufacturing Industries and Construction: Non-metallic minerals	all fuels	CO2	18.507,4	1,52%	12.306,6	1,39%	-33,5%
-/-	1.A.2.f Manufacturing Industries and Construction: Non-metallic minerals	all fuels	N2O	205,3	0,02%	112,4	0,01%	-45,2%
-/-	1.A.2.f Manufacturing Industries and Construction: Non-metallic minerals	all fuels	CH4	50,3	0,00%	14,3	0,00%	-71,6%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS/IE	NS/IE	CS/IE

Die Kategorie *Verarbeitendes Gewerbe - Mineralische Industrie* über alle weiteren Subkategorien ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend.

Im Inventar werden im Wesentlichen die Kategorien separat ausgewiesen, in denen Feuerungsanlagen mit einem spezifischen Emissionsverhalten, sogenannte Prozessfeuerungen, zum Einsatz kommen. Deshalb werden die Subkategorien 1.A.2.f Zement (Strukturelement „Herstellung von Zementklinker (Prozessfeuerung)“), 1.A.2.f Keramik (Strukturelement „Herstellung von keramischen Erzeugnissen (Prozessfeuerung)“), 1.A.2.f Glas (Strukturelement „Herstellung von Glas (Prozessfeuerung)“), 1.A.2.f Kalk (Strukturelement „Herstellung von Kalk (Prozessfeuerung)“) einzeln ausgewiesen.

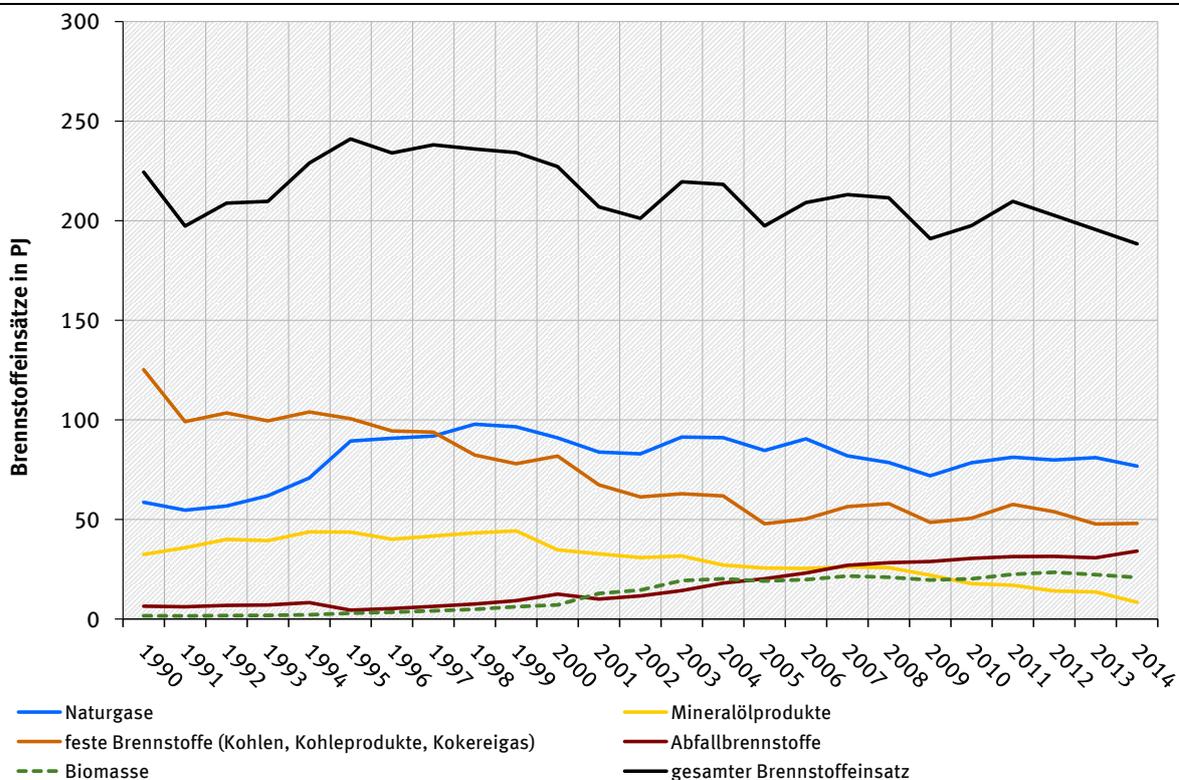


Abbildung 29: Entwicklung der Brennstoffeinsätze der Kategorie 1.A.2.f Non-Metallic Minerals

Im Bereich der Mineralischen Industrie können zwei Brennstoffwechsel beobachtet werden. So verdrängen Mitte der Neunziger Jahre gasförmige Brennstoffe zunehmend die festen Brennstoffe. Beide Brennstoffgruppen dominieren diese Quellgruppe aktuell.

In den 2000er Jahren werden die flüssigen Brennstoffe überwiegend ersetzt, zuerst durch die Abfälle und Sekundärbrennstoffe und dann durch Biomasse.

### 3.2.9.6.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.2.f, Mineralische Industrie)

In dieser Kategorie werden die Prozessfeuerungen des Brennens von Zementklinker ausgewiesen. Der letzte Schritt der Zementherstellung, d.h. der Mahl- und Mischvorgang, ist nicht enthalten, sondern als stromintensiver Prozess über die Strombereitstellung (1.A.1)

abgedeckt. Weiterhin werden die Prozessfeuerungen der Ziegelindustrie sowie sonstiger Baukeramik berichtet. Für die Glasindustrie umfassen die Prozessfeuerungen die Herstellung von Flachglas, Hohlglas, die Herstellung von Glasfasern, die Veredlung und Verarbeitung von Flachglas sowie die Herstellung und Veredlung von sonstigem Glas und technischen Glaswaren. Außerdem werden die Prozessfeuerungen bei der Herstellung von Kalk berücksichtigt. Eine gegebenenfalls stattfindende Eigenstromerzeugung wird nicht gesondert ausgewiesen, sondern ist 1.A.2.gviii „Sonstige“ enthalten.

### **3.2.9.6.2 Methodische Aspekte (1.A.2.f, Mineralische Industrie)**

Die Brennstoffeinsätze von konventionellen Brennstoffen sind in der BEU enthalten. Die Quelle für die Brennstoffeinsätze der energiebedingten Prozessfeuerung ist die Statistik des produzierenden Gewerbes. Dabei sind folgende WZ Nummern relevant: Melde-Nr. 26.51 (WZ 2003 alt) → 23.51 (WZ 2008 neu), Herstellung von Zement, Melde-Nr. 26.40 (WZ 2003 alt) → 23.32 (WZ 2008 neu), Ziegelei, Herstellung von sonstiger Baukeramik, Melde-Nr. 26.1 (WZ 2003 alt) → 23.1 (WZ 2008 neu), Herstellung von Glas und Glaswaren sowie die Melde-Nr. 26.52 (WZ 2003 alt) → 23.52 (WZ 2008 neu), Herstellung von Kalk. Eine Trennung zwischen Kalk und Gips ist auf Grund der Änderung der Meldenummern nicht mehr möglich und erfolgt mit Hilfe eines Splitfaktors, der auf Basis alter Einzelstatistiken ermittelt wurde. Für Abgrenzungen zur Strom- und Wärmeerzeugung die Statistik 067 (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, 2014c).

Ab 2002 liegen für die Statistik 067 (ebd.) die Daten nur im dreistelligen Meldenummernbereich vor. Das heißt, es können nur Daten für die Meldenummer 26.5 (WZ 2003 alt) → 23.5 (WZ 2008 neu) (Herstellung von Zement, Kalk und gebrannten Gips) als Datengrundlage verwendet werden.

Im Endbericht zum Forschungsvorhaben „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten“ (FKZ 204 41 132) und im NIR 2013 3.2.9.7 bis 3.2.9.10 werden die Berechnungsalgorithmen ausführlich beschrieben.

Die Brennstoffeinsätze für die Neuen Bundesländer 1990 wurden mittels des spezifischen Brennstoffverbrauchs des Jahres 1989 und der Produktion des Jahres 1990 errechnet.

In der Zementindustrie werden in nennenswertem Umfang Ersatzbrennstoffe eingesetzt, die nicht in nationalen Statistiken und der Energiebilanz berücksichtigt sind. Als Quelle für die Produktionsangaben und Brennstoffeinsätze werden Angaben der jeweiligen Industrieverbände genutzt. Das Verfahren für die Zusammenstellung der Aktivitätsdaten mit Raumbezug alte und neue Bundesländer ab 1990 sowie Deutschland ab 1995 ist im Endbericht zum Forschungsvorhaben Einsatz von Sekundärbrennstoffen dokumentiert (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02). In einem ersten Schritt wurden IPCC-gemäß die Brennstoffeinsätze den Gruppen Biomasse oder sonstige Brennstoffe (Abfälle) zugeordnet. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Einsatz von Sekundärbrennstoffen“ wurden biogene Anteile von Brennstoffen hergeleitet und über Splitfaktoren in die Berechnung eingespeist. Im gleichen Vorhaben wurden für Ersatzbrennstoffe CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren auf der Basis von Angaben zu Kohlenstoffgehalten, Wassergehalten und Heizwerten abgeleitet (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02).

**3.2.9.6.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.f, Mineralische Industrie)**

Unsicherheiten wurden in 2004 für alle Brennstoffe und für die o.g. Ersatzbrennstoffe hinsichtlich der kompletten Zeitreihe bestimmt. Die Methoden sind im Anhang 13.6 des NIR 2007 und im Endbericht des Forschungsprojekts (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02) erläutert.

Sie wurden für die Aktivitätsraten im Forschungsvorhaben „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten (FKZ 204 41 132)“ aktualisiert und im Endbericht dokumentiert.

Die Aktivitätsraten der neuen Bundesländer für das Basisjahr und die Folgejahre 1991-1994 wurden entsprechend den Erkenntnissen aus dem Forschungsprojekt (FKZ 205 41 115 / Teilvorhaben A „Überarbeitung und Dokumentation der Brennstoffeinsätze für stationäre Feuerungsanlagen in den neuen Bundesländern für das Jahr 1990“) angepasst.

**3.2.9.6.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.f, Mineralische Industrie)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Weitere Informationen zur Qualitätssicherung siehe CRF 1.A.1.a (Kapitel 3.2.6.4).

**3.2.9.6.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.f Mineralische Industrie)**

Tabelle 37: Rückrechnungen in CRF 1.A.2.f

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut					Abweichung relativ gesamt
			gas	liquid	other	solid	gesamt	
2009	12.844	12.846	0	2	0	0	2	0,01%
2010	13.150	13.151	0	2	0	0	2	0,01%
2011	13.983	13.975	0	4	-12	0	-8	-0,06%
2012	12.957	13.255	290	4	4	0	298	2,30%
2013	13.073	13.189	239	-373	250	0	116	0,89%

Aufgrund von Änderungen der Emissionsfaktoren für andere Mineralölprodukte und Dieseldieselkraftstoff kommt es zu leichten Rückrechnungen bei den flüssigen Brennstoffen ab 2009. Eine Fehlerkorrektur bei den gasförmigen und den Abfallbrennstoffen führt zu Rückrechnungen in den Jahren 2011 und 2012. Im Jahr 2013 kommt es generell zu Rückrechnungen, da die vorläufigen Werte durch endgültige Energiebilanzwerte ersetzt wurden.

**3.2.9.6.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.2.f, Mineralische Industrie)**

Es sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.9.7 Verarbeitendes Gewerbe - Weitere Energieerzeugung (1.A.2.g, Sonstige, stationär)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.A.2.g Manufacturing Industries and Construction: Other	all fuels	CO <sub>2</sub>	127.663,0	10,48%	70.909,8	8,01%	-44,5%
-/-	1.A.2.g Manufacturing Industries and Construction: Other	all fuels	N <sub>2</sub> O	937,5	0,08%	522,0	0,06%	-44,3%
-/-	1.A.2.g Manufacturing Industries and Construction: Other	all fuels	CH <sub>4</sub>	130,6	0,01%	165,1	0,02%	26,4%

Die Einordnung in die Hauptkategorien erfolgt für die Kategorien 1.A.2.g für stationäre & mobile Quellen gemeinsam. Demnach ist die Kategorie *1.A.2.g Verarbeitendes Gewerbe - Weitere Energieerzeugung* für CO<sub>2</sub> eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe, dem Trend sowie der Tier -2-Analyse.

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	NS	CS
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS	NS	CS

Diese Subkategorie ist wegen ihrer Eigenschaft als Auffangposition für nicht branchenscharf disaggregierbare Brennstoffeinsätze besonders bedeutsam und trägt substantziell zu den CO<sub>2</sub>-Emissionen des gesamten Energiesektors bei.

#### 3.2.9.7.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.2.g, Sonstige, stationär)

In dieser Subkategorie werden alle Emissionen berichtet, für die sich die Energieeinsätze nicht entsprechend der Gliederung für 1.A.2 disaggregieren lassen. Diese Subkategorie ist für ca. 70 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kategorie 1.A.2 verantwortlich.

In dieser Subkategorie ist die gesamte Strom- und Wärmeerzeugung in Industriekraftwerken und Kesseln aufgeführt, weil sich diese Anlagenarten aufgrund ihres Emissionsverhaltens zusammenfassen lassen. Da in der chemischen Industrie im Wesentlichen KWK-Anlagen und Kessel zu Einsatz kommen, werden die Emissionen aus der Kategorie 1.A.2.c mit in der Subkategorie 1.A.2.gviii „Sonstige“ berichtet. Eine weitere Aufteilung der Industriekraftwerke und Kessel in die vorgesehenen Subkategorien wäre nicht mit einer Verbesserung der Daten verbunden, da das Emissionsverhalten der Anlagen nicht vom Industriezweig abhängt. Vor allem die Erstellung von Zeitreihen ist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, da im Jahr 1990 Deutschland noch aus zwei Ländern bestand. Von daher gab es auch zwei verschiedene statistische Systeme, die in einer Übergangszeit bis 1994 zusammengeführt wurden. Es wurden große Anstrengungen unternommen, um für das Basisjahr 1990 die geforderte Dokumentation und Datenqualität bereitzustellen. Weiterhin wurde mit der Novellierung des Energiestatistikgesetzes im Jahr 2003 die Datenerhebung, vor allem für KWK-Anlagen deutlich verbessert. Eine rückwirkende Erhebung dieser Daten von 2002 – 1990 ist nicht möglich. Die Zeitreihenkonsistenz konnte auf aggregierter Ebene weitgehend sichergestellt werden. Eine weitere Disaggregation würde aber zu Brüchen in den Zeitreihen führen, weil die Daten nicht durchgängig disaggregiert vorliegen und eine systematische Zuordnung ebenfalls nicht möglich ist. Dennoch wurde die Möglichkeit einer weiteren Disaggregation umfangreich geprüft, bisher jedoch ohne erfolgreichen Lösungsansatz. Hinzu kommt, dass viele Energiedaten in Deutschland der Geheimhaltung unterliegen, so dass zur Wahrung der Geheimhaltung oft eine Aggregation zwingend erforderlich ist. In einigen bisher einzeln

ausgewiesenen Branchen müssen einzelne Brennstoffe aufgrund der Geheimhaltung zusammengefasst und unter der Kategorie 1.A.2.gviii „Sonstige“ berichtet werden. Das führt ebenfalls zu einer deutlichen Verringerung der Aussagekraft der Daten in den einzelnen Sektoren.

Letztlich ist die Grenze zwischen den einzelnen Industriesektoren und der öffentlichen Versorgung nicht eindeutig zu ziehen. Der in den IPCC Guidelines beschriebene Begriff „autoproducer“ ist in der Realität in dieser reinen Form kaum zu finden. Die Strom- und Wärmeversorgung ist in den einzelnen Unternehmen unterschiedlich geregelt. Einige Unternehmen betreiben eigene Kraftwerke, die häufig auch Strom in das öffentliche Netz einspeisen. Andere Betriebe beziehen Strom oder auch Wärme aus dem öffentlichen Netz. Im Zuge der Liberalisierung des Energiemarktes kommt es zu häufigen strukturellen Änderungen. Da die Nationale Statistik die Grundlage für die Inventarerstellung bildet, wird die in der Statistik vorgenommene Zuordnung der Anlagen übernommen. Diese Zuordnung ist weder konstant über die Zeitreihe noch durchgehend konsistent mit den Angaben im Emissionshandel und kann daher in den bestehenden Datensätzen nicht harmonisiert werden.

Eine internationale Vergleichbarkeit jener Subkategorien, in denen hauptsächlich Industriekraftwerke zum Einsatz kommen ist nicht möglich, da sich die Versorgungsstrukturen deutlich unterscheiden.

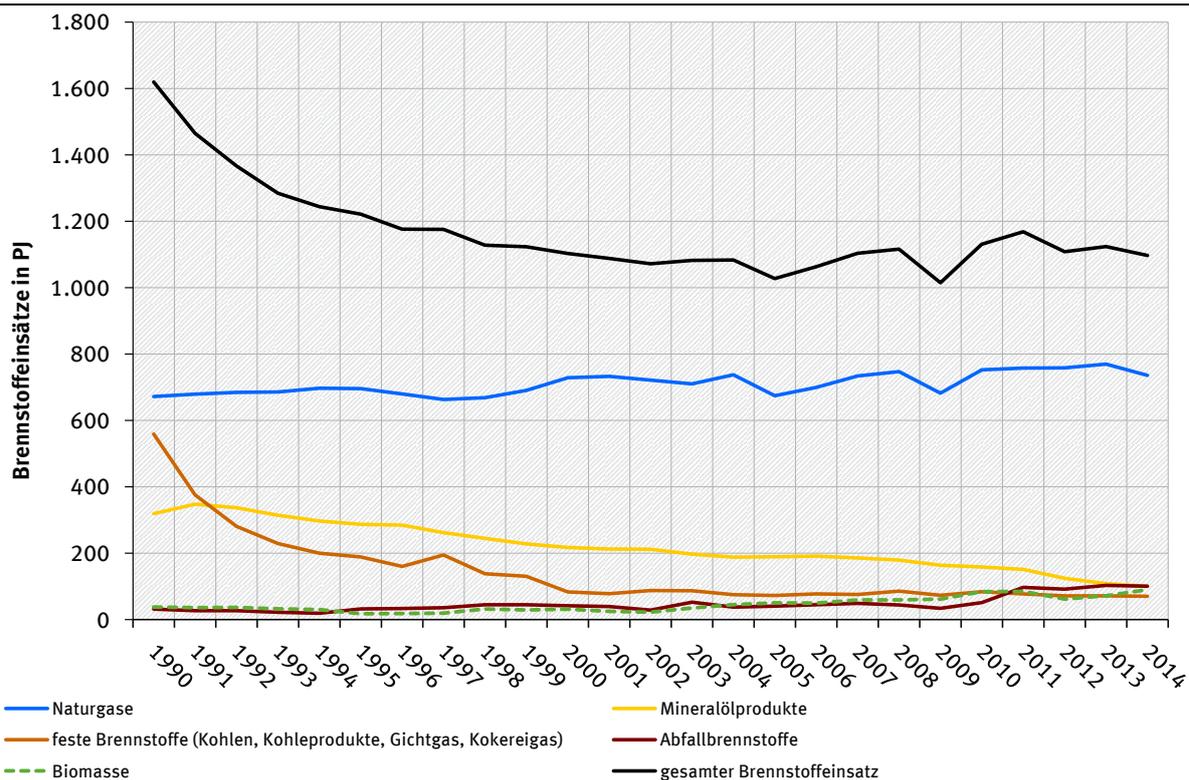


Abbildung 30: Entwicklung der Brennstoffeinsätze der Kategorie 1.A.2.g viii Sonstige

Die Kategorie weist einen deutlichen Wechsel im Brennstoffeinsatz aus.

Besonders auffällig ist der Rückgang des Einsatzes an festen Brennstoffen, vor allem durch einen deutlich geringeren Einsatz von Braunkohle. Dagegen stieg der Einsatz von Gas, Biomasse und Ersatzbrennstoffen (Abfall) an.

Im Bereich der Biomasse ist ein statistischer Bruch zu verzeichnen. Vor Einführung des Energiestatistikgesetzes wurde der Biomasseeinsatz zur Energieerzeugung statistisch nicht bzw. nur teilweise erfasst. Der Anteil der Biomasse steigt kontinuierlich an.

Im Vergleich zum Vorjahr stiegen im Jahr 2013 die Mengen der Abfallstatistik für den Einsatz von Industriemüll in Feuerungsanlagen und Sonderabfall (STATISTISCHES BUNDESAMT, FS 19 Reihe 1) leicht an, die sonstigen Gase in der Energiebilanz gingen deutlich zurück. Der gestiegene Verbrauch von Gas und Heizöl führten 2013 wieder zu einer insgesamt leichten Zunahme in dieser Kategorie. 2014 sank neben dem Einsatz von Erdgas in den Industriekraftwerken der Einsatz von Heizöl und Flüssiggas.

#### **3.2.9.7.2 Methodische Aspekte (1.A.2.g, Sonstige, stationär)**

Die Brennstoffeinsätze zur Stromerzeugung in Industriekraftwerken sind in der Energiebilanzzeile 12 enthalten. Nach Abzug der Brennstoffeinsätze für Raffineriekraftwerke, Grubenkraftwerke, der Kraftwerke des Steinkohlenbergbaus und bis 1999 der Kraftwerke der Deutschen Bahn bleiben als Differenzbetrag die Aktivitätsdaten in den übrigen Industriekraftwerken, die sich zur Zeit nicht weiter untergliedern lassen.

Für die Zuordnung der Brennstoffeinsätze zur Wärmeerzeugung in Industriekraftwerken und Kesseln werden zusätzliche Daten vom Statistischen Bundesamt benötigt. Aus den Statistiken lassen sich die Brennstoffeinsätze zur KWK-Wärmeerzeugung ermitteln. Die Aktivitätsdaten für die Kessel werden als Differenzbetrag errechnet.

Sowohl für die Stromerzeugung als auch für die Wärmeerzeugung erfolgt eine Aufteilung in Dampfturbinen, Gasturbinen, GuD-Anlagen und Gasmotoren, da sich vor allem die Methanemissionen dieser Verbrennungstechniken unterscheiden. Diese Aufteilung wurde für die aktuelle Berichterstattung überarbeitet und ist unter 1.A.1.a beschrieben.

Eine ausführliche Beschreibung der Berechnungsalgorithmen, die für das Berichtsjahr 2008 grundlegend überarbeitet wurden, liegt im Endbericht zum Forschungsvorhaben „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten“ (FKZ 204 41 132) vor.

Die neue Datenquelle BGS-Bogen ermöglichte für die Eisenschaffende Industrie die Ausweisung an Gichtgas zur Energieerzeugung im Bereich der Frischdampfessel.

Die in der Energiebilanzzeile 54 (Metallerzeugung) ausgewiesene Gesamtenergiemenge für die Verwendung von Gichtgas unterschätzt in einigen Jahren in Summe die Einsatzmenge an Gichtgas entsprechend BGS-Bogen. In diesen Fällen werden die Daten der Energiebilanz durch Daten aus dem BGS-Bogen ergänzt.

#### **Emissionsfaktoren**

Eine Liste der verwendeten CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren sowie eine methodische Beschreibung ist im Anhang, Kapitel 18.7 verfügbar.

Alle anderen Emissionsfaktoren für Treibhausgase und Vorläufersubstanzen für Kraftwerke und sonstige Kesselfeuerungen zur Dampf-, Heiß- und Warmwasserbereitstellung in der Kategorie 1.A.2.f / all other sind RENTZ et al (2002) und FICHTNER et al (2011) entnommen. Eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise ist dem Kapitel 3.2.6.2 in Verbindung mit dem Kapitel 19.1.2.1 im Anhang 3 zu entnehmen. Die Forschungsvorhaben unterscheiden innerhalb des Sektors nach Kraftwerken der Deutschen Bahn AG, den übrigen

Industriekraftwerken sowie den sonstigen Kesselfeuerungen zur Dampf-, Heiß- und Warmwasserbereitstellung.

### 3.2.9.7.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.g, Sonstige, stationär)

#### Aktivitätsraten

Die Unsicherheiten wurden erstmals für das Jahr 2004 bestimmt. Die Methode ist im Anhang-Kapitel 13.6 des NIR 2007 zu finden.

Sie wurden für die Aktivitätsraten im Forschungsvorhaben „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten (FKZ 204 41 132)“ aktualisiert und im Endbericht dokumentiert.

#### Emissionsfaktoren

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Unsicherheiten ist in dem Kapitel 3.2.6.3.1 beschrieben.

Ergebnis für N<sub>2</sub>O: Die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.3.2 gelten entsprechend.

Ergebnis für CH<sub>4</sub>: Die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.3.3 gelten entsprechend.

Die Ergebnisse der Ermittlung der Zeitreihenkonsistenz des Kapitels 3.2.6.3.4 gelten entsprechend.

### 3.2.9.7.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.g, Sonstige, stationär)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Weitere Informationen zur Qualitätssicherung siehe CRF 1.A.1.a (Kapitel 3.2.6.4).

#### Aktivitätsraten

Die Qualität der Daten wurde bei der Bearbeitung des Forschungsvorhabens „Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsraten (FKZ 204 41 132)“ überprüft und durch die Verwendung von Statistiken des Statistischen Bundesamtes als Datengrundlage verbessert. Andere, langfristig verfügbare Datenquellen konnten nicht identifiziert werden.

#### Emissionsfaktoren

Die Ergebnisse der generellen Vorgehensweise bei der quellenspezifischen Qualitätssicherung / -kontrolle und Verifizierung des Kapitels 3.2.6.4 gelten entsprechend.

### 3.2.9.7.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.g, Sonstige, stationär)

Tabelle 38: Rückrechnungen in CRF 1.A.2.gviii

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut					Abweichung relativ gesamt
			gas	liquid	other	solid	gesamt	
2004	69.178	69.795	0	0	617	0	617	0,89%
2005	66.396	66.643	0	0	247	0	247	0,37%
2006	68.709	68.972	0	0	263	0	263	0,38%
2007	69.803	70.604	0	0	801	0	801	1,15%
2008	71.426	71.427	0	1	0	0	1	0,00%
2009	64.260	64.267	0	8	0	0	7	0,01%

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut					Abweichung relativ gesamt
			gas	liquid	other	solid	gesamt	
2010	70.207	70.210	0	3	0	0	3	0,00%
2011	71.418	71.698	0	4	0	275	280	0,39%
2012	70.358	69.899	-290	56	0	-225	-459	-0,65%
2013	73.298	68.127	-747	-4.719	775	-481	-5.172	-7,06%

Aufgrund einer Fehlerkorrektur im Abfallmodell, kam es zu Rückrechnungen für die sonstigen Brennstoffe ab 2004. Die Änderung der CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für Dieselkraftstoffe und „Andere Mineralölprodukte“ führte zu leichten Rückrechnungen bei den flüssigen Brennstoffen ab 2008. Die Rückrechnungen für feste Brennstoffe sind in der Änderung der Heizwerte durch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen begründet. Nach dem Vorliegen der endgültigen Energiebilanz wurden die vorläufigen Werte für das Jahr 2013 durch aktuelle Werte ersetzt. Dadurch kommt es bei allen Brennstoffen zu Rückrechnungen.

### 3.2.9.7.6 *Geplante Verbesserungen, categoriespezifisch (1.A.2.g, Sonstige, stationär)*

#### Aktivitätsraten:

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

#### Emissionsfaktoren:

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.9.8 *Bauwirtschaftlicher Verkehr (1.A.2.g vii)*

#### 3.2.9.8.1 *Beschreibung der Kategorie (1.A.2.g vii)*

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1*, CS	NS/M	CS, D
CH <sub>4</sub>	CS (Tier 2)	NS/M	CS (M)
N <sub>2</sub> O	CS (Tier 2)	NS/M	CS (M)

\* Biodiesel: default-EF gemäß (IPCC, 2006)

Die Einordnung in die Hauptkategorien erfolgt für die Kategorien 1.A.2.g für stationäre & mobile Quellen gemeinsam (Übersicht siehe Kapitel 3.2.9.7.). Demnach ist die Kategorie 1.A.2.g vii – *Übrige: Offroad-Fahrzeuge und sonstige Maschinen, in der die Emissionen des bauwirtschaftlichen Verkehrs berücksichtigt sind*, für CO<sub>2</sub> eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend.

#### 3.2.9.8.2 *Methodische Aspekte (1.A.2.g vii)*

Die Emissionen werden gemäß (IPCC 2006 Guidelines; Seite 3.33; Gleichung 3.3.2) als Tier 2-Produkt aus verbrauchten Kraftstoffen und technikspezifischen Emissionsfaktoren berechnet.

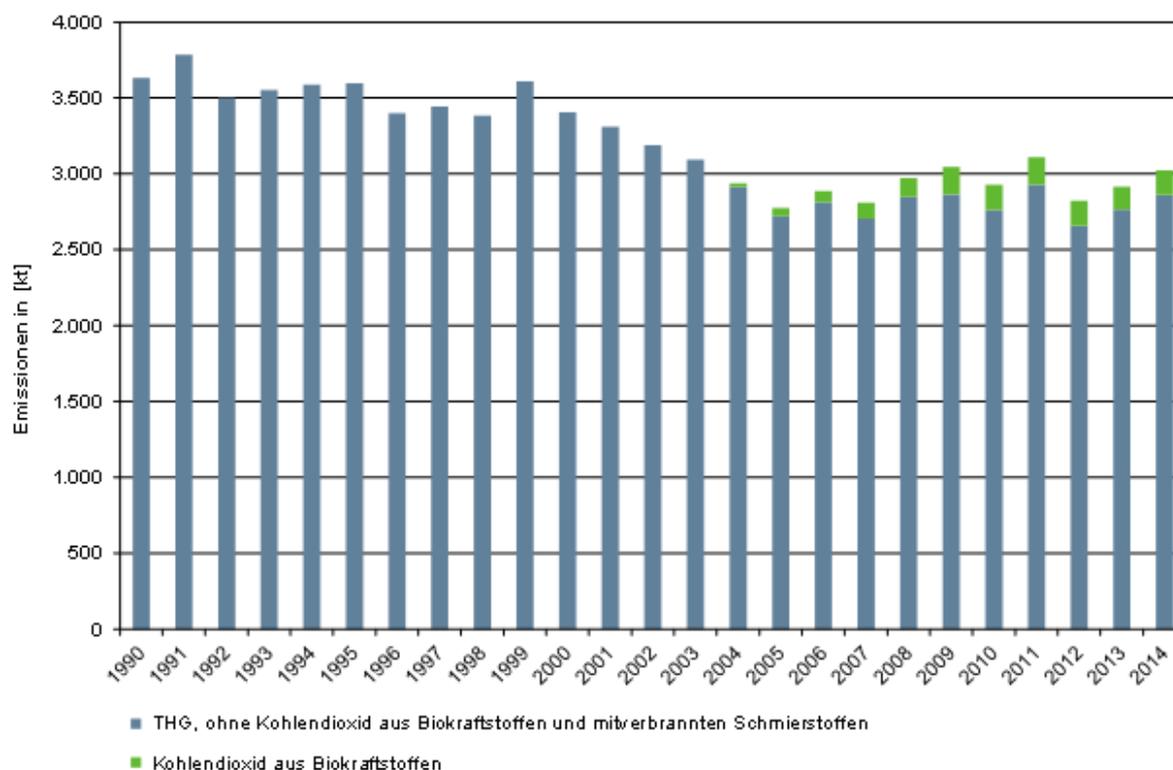


Abbildung 31: Entwicklung der THG-Emissionen aus Fahrzeugen und mobilen Maschinen der Bauwirtschaft 1990-2014

Die **Aktivitätsraten** für fossile Diesel- und Ottokraftstoffe werden, nach Abzug der Energieeinsätze des militärischen Verkehrs, aus den Angaben der Energiebilanzzeilen 79 (bis 1994) bzw. 67 „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ berechnet. Da für die Jahre 2005 bis 2009 für den Einsatz von Diesel- und Ottokraftstoffen in den einzelnen Verkehrsträgern (siehe nachfolgende Kapitel zu Straßen- und Schienenverkehr) Angaben des MWV verwendet werden, werden – um die nötige Konsistenz mit den Gesamtmengen gemäß NEB herzustellen – die für diese fünf Jahre zugrunde gelegten Primärdaten in TREMOD berechnet. Der Einsatz von Biokraftstoffen wird, anhand der offiziellen Beimengungsraten, ebenfalls rechnerisch ermittelt.

Zur weiteren Aufteilung der Kraftstoffmengen auf mobile Quellen in Bauwirtschaft, Handel & Gewerbe (1.A.4.a ii) sowie Land- und Forstwirtschaft (1.A.4.c ii) werden dabei in TREMOD-MM (Transport Emission Model-Mobile Machinery) modellierte, jährlich schwankende Splitfaktoren herangezogen (IFEU, 2015b)

Die **Emissionsfaktoren** stützen sich auf Ergebnisse verschiedener Forschungsprojekte und Expertenbetrachtungen des UBA.

Hinsichtlich Kohlendioxid wird hier grundsätzlich auf Kapitel 18.7 verwiesen. Es kommen sowohl landesspezifische als auch Default-Werte (Biodiesel, Flugbenzin) zum Einsatz. Weiterführende Informationen speziell zur Schmierstoffmitverbrennung finden sich in Kapitel 19.1.4.

Für Methan und Lachgas kommen landesspezifische Werte aus (IFEU, 2015b) zum Einsatz. Ihre Entwicklung spiegelt die seit Mitte der Neunziger Jahre schrittweise eingeführten Grenzwerte für die Abgasemissionen von bauwirtschaftlichen Maschinen wider.

Bezüglich der Freisetzung dieser beiden Treibhausgase aus der Schmierstoff-Mitverbrennung wird davon ausgegangen, dass diese bereits in den entsprechenden Emissionsfaktoren der verwendeten Kraftstoffe berücksichtigt und daher als IE (*included elsewhere*) zu berichten ist.

Tabelle 39: für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ])

	Inventarwerte**	Default	Untergrenze	Obergrenze
Dieselmotorkraftstoff	74.027	74.100	72.600	74.800
Ottomotorkraftstoffe	73.091	69.300	67.500	73.000
Biodiesel	70.800		59.800	84.300
Bioethanol	71.607	70.800	59.800	84.300

\* in Klammern angegeben: Default-Werte für „Industry“ gemäß Tabelle 3.3.1 aus IPCC, 2006: Band 2, Seite 3.64

### 3.2.9.8.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.2.g vii)

Die von der mathematischen Unsicherheit des in TREMOD MM entwickelten Verteilschlüssels (siehe oben: Methodische Aspekte) dominierten Unsicherheitenangaben der spezifischen Energieeinsätze basieren auf Expertenschätzungen. Gleiches gilt für die verwendeten Kohlendioxid-Emissionsfaktoren. Während bzgl. der Emissionsfaktoren für Methan dagegen Ergebnisse aus (IFEU & INFRAS, 2009) zugrunde gelegt werden, muss bzgl. Lachgas bis auf weiteres auf Richtwerte gemäß IPCC zurückgegriffen werden.

### 3.2.9.8.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.2.g vii)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Zur Qualitätssicherung der Energiebilanzen liegen dem Umweltbundesamt entsprechende Qualitätsberichte der AG Energiebilanzen vor.

Tabelle 40: Übersicht relevanter Datenvergleiche

Vergleich mit...	erfolgt	Erläuterung
alternativen Emissionsinventaren für Deutschland	nein	keine vergleichbaren Datensätze siehe Tabelle 41: Vergleich der verwendeten EF(CO <sub>2</sub> ) mit Default-Werten* (Angaben in [kg/TJ])
sektorspezifischen Tier1-Default-EF gemäß IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 3.3.1: Industry: CO <sub>2</sub>	ja	
sektorspezifischen Tier1-Default-EF gemäß IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 3.3.1: Industry: CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	ja	siehe Tabelle 51
spezifischen IEF anderer Staaten	ja	siehe Tabelle 57

Tabelle 41: Vergleich der verwendeten EF(CO<sub>2</sub>) mit Default-Werten\* (Angaben in [kg/TJ])

	Inventarwerte**	Default	Untergrenze	Obergrenze
Dieselmotorkraftstoff	74.027	74.100	72.600	74.800
Ottomotorkraftstoffe	73.091	69.300	67.500	73.000
Biodiesel	70.800		59.800	84.300
Bioethanol	71.607	70.800	59.800	84.300

\* gemäß IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 2.4; \*\* verwendet für das Berichtsjahr 2014

Nachfolgende Tabelle erlaubt einen Vergleich mit spezifischen impliziten Emissionsfaktoren anderer Staaten bzw. den sich für die EU(28) ergebenden Werten, der sich aufgrund des heterogenen Quellgruppenzuschnitts jedoch schwierig gestaltet.

Tabelle 42: länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (Angaben in [kg/TJ])

	fossile Flüssigbrennstoffe			Definition gemäß CRF Table1.A(a)s2
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Deutschland	74.007	1,69	3,07	Construction machinery
Dänemark	73.228	2,57	3,11	Non-road machinery
Frankreich	81.018	4,23	1,94	Other non specified: Liquid fuels
Niederlande	74.300	5,00	0,60	Machinery
Norwegen	70.222	4,13	0,66	Other non specified: Liquid fuels
Schweiz	74.131	1,63	1,33	glass, cement, mineral wool
Großbritannien	70.694	5,46	11,43	Other non specified: Liquid fuels
EU (28)	78.787	4,16	6,54	Other non specified: Liquid fuels

Deutschland: aktueller IEF für das Berichtsjahr 2014; alle anderen Staaten: IEF für 2012 gemäß CRF-Tabellen 2014

(*Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen noch keine IEF anderer Staaten aus Submission 2015 vor.*)

### 3.2.9.8.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.2.g vii)

Wie oben beschrieben, sind die Aktivitätsraten des bauwirtschaftlichen Verkehrs Teil der in EBZ 67 angegebenen Primärdaten. Für das Jahr 2013 wurden hier die in Submission 2014 noch vorläufigen Daten durch Angaben der finalen NEB 2013 ersetzt. Die anhand der offiziellen Beimengungsraten ermittelten Mengen eingesetzter Biokraftstoffe wurden entsprechend neu berechnet. Für Biodiesel wurde dabei auch die Beimengungsrate 2013 korrigiert.

Tabelle 43: revidierte Primärdaten 2013 (Angaben in [TJ])

	Diesel	Benzin	Biodiesel	Bioethanol
Submission 2016	93.377	5.257	5.432	225
Submission 2015	92.013	5.293	5.355	227
Differenz absolut	1.364	-36	76	-2
Differenz relativ	1,48%	-0,68%	1,43%	-0,68%

Quelle: Energiebilanz 2013 (AGEB, 2015) und TREMOD 5.61 (IFEU, 2015a)

Innerhalb TREMOD MM kam es zudem zu einer Neuberechnung der Anteile der in EBZ 67 subsummierten Teilsektoren an den dort abgebildeten Primärdaten. Für 1.A.2.g vii resultiert diese Revision in einer Absenkung der prozentualen Anteile und damit der daraus berechneten sektoralen Aktivitätsdaten.

Tabelle 44: revidierte prozentuale Anteile an EBZ 67 (Angaben in [%])

Arial	1990	1995	2000	2004	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Diesekraftstoffe</b>									
Submission 2016	42,05	44,56	43,54	40,25	39,19	38,52	40,23	38,91	38,93
Submission 2015	42,35	45,53	44,80	41,44	40,31	39,82	41,73	41,68	41,39
Differenz absolut	-0,30	-0,97	-1,27	-1,19	-1,12	-1,30	-1,50	-2,77	-2,46
Differenz relativ	-0,70%	-2,13%	-2,82%	-2,86%	-2,77%	-3,27%	-3,60%	-6,64%	-5,95%
<b>Ottokraftstoffe</b>									
Submission 2016	31,46	59,71	55,09	59,28	58,38	63,99	65,66	66,50	66,67
Submission 2015	33,01	65,52	68,97	67,28	66,81	69,93	72,09	72,75	73,01
Differenz absolut	-1,55	-5,81	-13,88	-8,01	-8,43	-5,94	-6,43	-6,25	-6,34
Differenz relativ	-4,70%	-8,87%	-20,12%	-11,90%	-12,62%	-8,49%	-8,92%	-8,59%	-8,69%

Quelle: TREMOD MM 2015 (IFEU, 2015b)

Die beiden oben beschriebenen Effekte resultieren in folgenden Veränderungen der letztlich verwendeten sektoralen Aktivitätsraten:

Tabelle 45: resultierende Revision der Aktivitätsdaten (Angaben in [TJ])

	1990	1995	2000	2004	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Diesekraftstoff</b>									
Submission 2016	47.046	43.582	41.388	34.547	32.103	34.093	36.499	34.657	36.086
Submission 2015	47.379	44.532	42.591	35.565	33.020	35.245	37.862	37.123	37.803
Differenz absolut	-333	-951	-1.203	-1.017	-916	-1.152	-1.362	-2.466	-1.718
Differenz relativ	-0,70%	-2,13%	-2,82%	-2,86%	-2,77%	-3,27%	-3,60%	-6,64%	-4,54%
<b>Ottokraftstoffe</b>									
Submission 2016	1.420	4.453	4.079	4.392	4.258	2.779	2.588	787	777
Submission 2015	1.490	4.887	5.106	4.986	4.873	3.037	2.842	861	877
Differenz absolut	-70	-433	-1.027	-593	-615	-258	-254	-74	-100
Differenz relativ	-4,70%	-8,87%	-20,12%	-11,90%	-12,62%	-8,49%	-8,92%	-8,59%	-11,42%
<b>Biodiesel</b>									
Submission 2016	NO	NO	NO	298	702	2.225	2.404	2.272	2.099
Submission 2015	NO	NO	NO	306	722	2.300	2.494	2.434	2.200
Differenz absolut				-9	-20	-75	-90	-162	-101
Differenz relativ				-2,86%	-2,77%	-3,27%	-3,60%	-6,64%	-4,60%
<b>Bioethanol</b>									
Submission 2016	NO	NO	NO	5	29	107	106	35	33
Submission 2015	NO	NO	NO	5	33	117	116	38	38
Differenz absolut				-1	-4	-10	-10	-3	-4
Differenz relativ				-11,90%	-12,62%	-8,49%	-8,92%	-8,59%	-11,42%

Quelle: TREMOD MM 2015 (IFEU, 2015b), eigene Berechnungen

Zusätzlich zu diesen Anpassungen wurde der bisher verwendete Emissionsfaktor für Kohlendioxid aus der Verbrennung fossilen Diesels durch einen auf aktuellen Erkenntnissen basierenden Wert ersetzt.

Tabelle 46: Korrektur des EF(CO<sub>2</sub>) für Diesel (Angaben in [kg/TJ])

<b>ab 1990</b>	
Submission 2016	74.027
Submission 2015	74.000
Differenz absolut	27
Differenz relativ	0,04%

Quelle: eigene Berechnungen

Aus den beschriebenen Korrekturen resultieren folgende rekalkulierte Emissionsmengen:

Tabelle 47: revidierte Emissionsangaben (Angaben in [kt] bzw. [kt CO<sub>2</sub>] (Gesamt-THG))

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Kohlendioxid - CO<sub>2</sub>*</b>								
Submission 2016	3.586	3.552	3.362	2.688	2.727	2.891	2.623	2.728
Submission 2015	3.615	3.652	3.525	2.800	2.830	3.009	2.810	2.862
Differenz absolut	-29	-101	-163	-112	-103	-118	-187	-133
Differenz relativ	-0,79%	-2,76%	-4,63%	-4,00%	-3,65%	-3,93%	-6,65%	-4,66%
<b>Methan - CH<sub>4</sub></b>								
Submission 2016	0,25	0,27	0,22	0,16	0,11	0,11	0,07	0,07
Submission 2015	0,25	0,28	0,24	0,17	0,12	0,12	0,07	0,07
Differenz absolut	0,00	-0,01	-0,02	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,00
Differenz relativ	-0,76%	-4,72%	-10,13%	-8,33%	-5,98%	-6,25%	-7,12%	-6,31%
<b>Lachgas - N<sub>2</sub>O</b>								
Submission 2016	0,13	0,13	0,13	0,10	0,11	0,12	0,11	0,11
Submission 2015	0,13	0,13	0,13	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12
Differenz absolut	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01
Differenz relativ	-0,18%	-2,47%	-3,77%	-3,42%	-3,47%	-3,78%	-6,66%	-4,62%
<b>Gesamt-THG*</b>								
Submission 2016	3.633	3.597	3.405	2.722	2.763	2.929	2.657	2.763
Submission 2015	3.661	3.700	3.570	2.836	2.867	3.049	2.847	2.899
Differenz absolut	-29	-102	-165	-113	-105	-120	-189	-135
Differenz relativ	-0,78%	-2,76%	-4,63%	-4,00%	-3,65%	-3,93%	-6,66%	-4,66%

\* ohne CO<sub>2</sub> aus der Verwendung von Biodiesel; Quelle: eigene Berechnungen

**3.2.9.8.6 Geplante Verbesserungen, categoriespezifisch (1.A.2.g vii)**

Derzeit sind keine quellspezifischen Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

**3.2.10 Transport (1.A.3)****3.2.10.1 Transport - Ziviler Luftverkehr (1.A.3.a)****3.2.10.1.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.3.a)**

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990- 2014
-/-	1.A.3.a Transport: Civil Aviation	all fuels	CO <sub>2</sub>	2.373,5	0,19%	2.208,9	0,25%	-6,9%
-/-	1.A.3.a Transport: Civil Aviation	all fuels	N <sub>2</sub> O	23,8	0,00%	22,0	0,00%	-7,5%
-/-	1.A.3.a Transport: Civil Aviation	all fuels	CH <sub>4</sub>	2,6	0,00%	1,9	0,00%	-25,4%

Gas	angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1*, CS (Tier 3)	NS/IS/M	D*, CS
CH <sub>4</sub>	CS (Tier 3)	NS/IS/M	CS (M)
N <sub>2</sub> O	CS (Tier 3)	NS/IS/M	CS (M)
NO <sub>x</sub> , CO	CS (Tier 3)	NS/IS/M	CS (M)
NMVOG	CS (Tier 3)	NS/IS/M	CS (M)
SO <sub>2</sub>	Tier 1	NS/IS/M	CS

\* Flugbenzin: default-EF gemäß (IPPC, 2006)

Die Kategorie *Ziviler Luftverkehr* ist keine Hauptkategorie.

Der Flugverkehr unterscheidet sich in der Entstehung seiner Emissionen in hohem Maße von den land- und wassergebundenen Verkehrsträgern: die Verbrennung der Treibstoffe findet hier weitestgehend unter von bodengebundenen Verhältnissen verschiedenen und zudem wechselnden atmosphärischen Bedingungen statt. Wesentliche Einflussfaktoren auf den Verbrennungsprozess sind der atmosphärische Druck, die Umgebungstemperatur sowie die Luftfeuchte, also Faktoren, die mit der Flughöhe erheblich variieren.

In der Debatte um die Klimawirksamkeit und die durch Luftschadstoffemissionen hervorgerufenen Umweltauswirkungen des Flugverkehrs werden neben Kohlendioxid hauptsächlich Wasserdampf sowie Stickstoffoxide und nachrangig Kohlenwasserstoffe, Partikel, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid wahrgenommen. Im Rahmen der nationalen Emissionsberichterstattung werden allerdings auch Angaben für weitere Emissionen gefordert. Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher auf die Emissionen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O, Lachgas), Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>, d.h. NO und NO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO), flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC) sowie Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>).

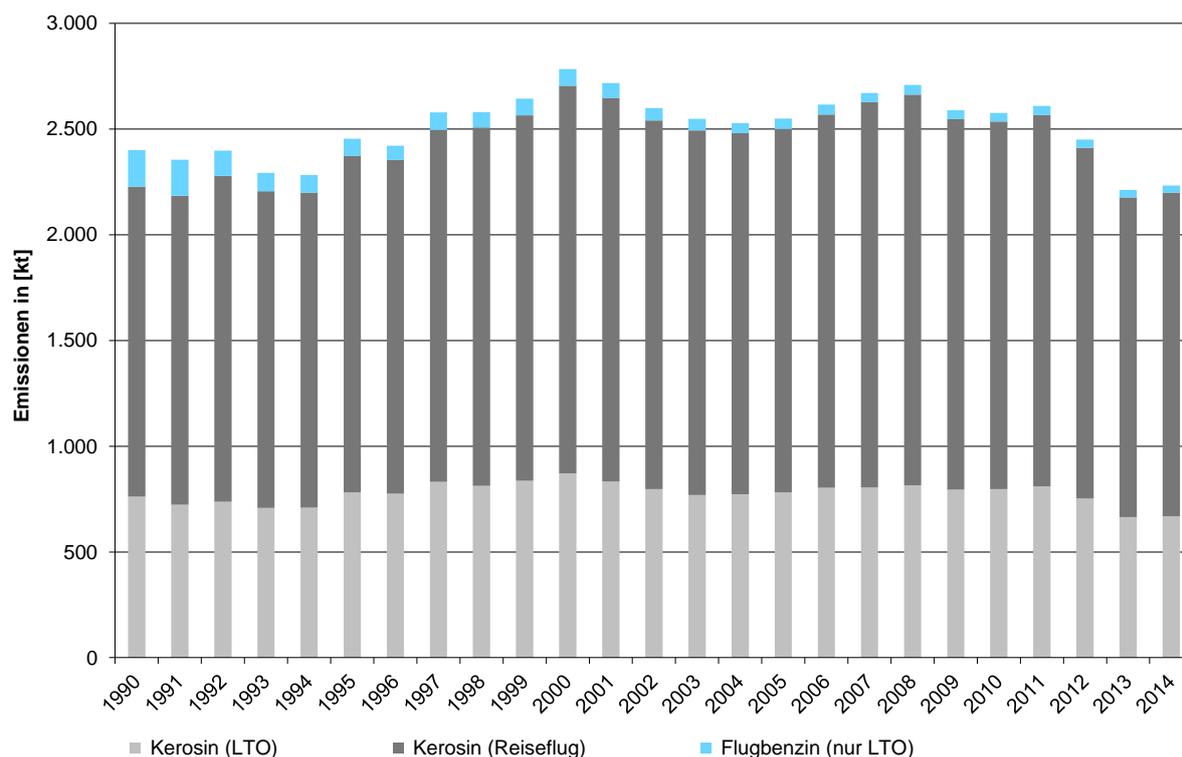


Abbildung 32: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des nationalen Flugverkehrs 1990-2014

### 3.2.10.1.2 Methodische Aspekte (1.A.3.a)

Die Berechnung der Luftverkehrsemissionen erfolgt nach Tier3a, also unter Berücksichtigung der von einzelnen Flugzeugtypen jährlich geflogenen Strecken, getrennt nach nationalen und internationalen Flügen und unter Berücksichtigung der Flugbetriebszustände LTO (Landing/Take-off-Zyklus, d.h. Flugbewegungen bis 3.000 Fuß bzw. ca. 915 m) und Cruise (Reiseflug oberhalb 3.000 Fuß).

Grundsätzlich basiert die Ermittlung der Emissionen auf den Verbrauchsdaten der Energiebilanz für Kerosin und Flugbenzin (AGEB, 2015a&b). Für Jahre, für die noch keine oder nur eine vorläufige Energiebilanz vorliegt, werden die Absatzzahlen des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA, 2015) verwendet. Entscheidend für die Berichterstattung ist die Aufteilung in innerdeutschen und internationalen Flugverkehr, die innerhalb des Modells TREMOD AV (TREMOD Aviation) (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2015) erfolgt. Die dazu notwendigen Bewegungsdaten werden vom Statistischen Bundesamt erfasst.

Für die Berichterstattung werden die Emissionen durch die Multiplikation des Treibstoffverbrauchs der jeweiligen Flugphase mit spezifischen Emissionsfaktoren ermittelt. CO<sub>2</sub>- und SO<sub>2</sub>-Emissionen beruhen unabhängig von der verwendeten Methode allein auf der Menge bzw. den Eigenschaften des eingesetzten Treibstoffs. Emissionen von NMVOC, CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>x</sub> und N<sub>2</sub>O hingegen sind abhängig von Motoren, Flughöhen, Flugphasen u.a. und werden mit höherem Tier genauer beschrieben. Die Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub>, CO und HC werden deshalb aus den TREMOD-Berechnungen übernommen.

Von diesem Ansatz abweichend werden die durch den Einsatz von Flugbenzin verursachten Emissionen, wie in (IPCC, 2006: Band 2, Kap. 3: Mobile Combustion) vorgeschlagen, mit angepassten Emissionsfaktoren und Heizwerten separat nach Tier 1 berechnet. Eine

Aufteilung in einen nationalen und internationalen Anteil ist hier, da Flugbenzin nur in kleineren, hauptsächlich inländisch verkehrenden Flugzeugen Verwendung findet, nicht angezeigt.

Die **Aktivitätsraten** (Energieeinsätze) entsprechen dem in Deutschland abgesetzten Flugtreibstoff nach (AGEB, 2015a&b; aktuell bis 2014) bzw. den vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle veröffentlichten *Amtlichen Mineralöl-daten für die Bundesrepublik Deutschland* (BAFA, 2015).

Die innerhalb TREMOD AV erfolgenden Berechnungen bzgl. **Kerosin** berücksichtigen die Anzahl der Flüge nach Flugzeugtypen und Großkreisentfernungen für den nationalen und internationalen Flugverkehr. Einbezogen werden die vom Statistischen Bundesamt erfassten gewerblichen Flüge auf ausgewählten Flugplätzen. Flüge von „anderen Flugplätzen“ sowie nicht-gewerbliche Flüge werden vom Statistischen Bundesamt nur nach Gewichts- oder Flugzeug-Klassen, jedoch nicht nach Destination unterschieden. Dabei handelt es sich zu einem weit überwiegenden Teil um Flüge mit kleinen, mit Flugbenzin betriebenen Maschinen. Die Allokation dieser Flüge auf den (rein nationalen) Flugbenzinverbrauch zeigt sich in den überschlägigen Berechnungen nach (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2010) als angemessen.

Tabelle 48: jährliche Anteile der Inlandsflüge an den Kerosin-Inlandsablieferungen, in [%]

1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
15,55	13,73	12,29	9,82	9,60	9,48	9,51	9,37	9,46	10,01	8,79	7,85	8,21

Quelle: TREMOD AV (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2015)

Die Aufteilung des Kerosinverbrauchs auf die beiden Flugphasen LTO und Cruise erfolgt, basierend auf Daten des Statistischen Bundesamtes, ebenfalls anhand von TREMOD-AV-Berechnungen. Diese ermöglichen die Ausspielung der Kerosinverbräuche in der Flugphase LTO für den nationalen und internationalen Flugverkehr. Der Verbrauch in der Flugphase Cruise ergibt sich entsprechend als Differenz des Kerosinverbrauchs nach der Energiebilanz abzüglich des LTO-Verbrauchs.

Die Aktivitätsraten für **Flugbenzin** entsprechen dem in Deutschland abgesetzten Flugbenzin gemäß (AGEB, 2015a&b) bzw. (BAFA, 2015). Hier wird konservativ angenommen, dass der gesamte Verbrauch auf den nationalen Flugverkehr entfällt. Eine Aufteilung in LTO-Zyklus und Cruise-Phase ist nach (IPCC, 2006: Band 2, Kap. 3: Mobile Combustion) nicht erforderlich.

Die Menge **mitverbrannter Schmierstoffe** wird gemäß (VSI, 2014) aus den jährlichen Treibstoffmengen abgeleitet (siehe Kapitel 19.1.4 im Anhang).

Hinsichtlich der verwendeten **Emissionsfaktoren** für Kohlendioxid wird grundsätzlich auf Kapitel 18.7 verwiesen.

Der Emissionsfaktor für **Kohlendioxid** aus dem Einsatz von **Kerosin** wurde aus dem Gehalt an Kohlenstoff im Kerosin abgeleitet und beträgt **3.150 g/kg**. Dieser Wert ist durch zahlreiche Publikationen abgesichert und wird für den gesamten Flugverkehr verwendet.

**Distickstoffoxid (Lachgas)** ist ein Produkt der Oxidation von Stickstoff in der Brennkammer, das in Spuren entstehen kann. Die diesbezügliche Datenlage ist grundsätzlich schlecht. Da eine Aufgliederung der Emissionsfaktoren in die beiden Flugphasen erforderlich ist, werden die Emissionsfaktoren sowohl für Lachgas als auch **Methan** der IPCC-Emissionsfaktoren-Datenbank entnommen (siehe Tabelle 471).

Die weiteren Emissionen werden, basierend auf den jeweiligen Emissionsfaktoren, nach Flugphasen getrennt berechnet. Dabei werden unterschiedliche Quellen verwendet.

Die Emissionen von NO<sub>x</sub>, CO und NMVOC basieren auf in TREMOD AV hinterlegten Flugzeugtyp-spezifischen Emissionsfaktoren aus denen durchschnittliche (implizite) Emissionsfaktoren erzeugt werden. Für die Berichterstattung werden jährliche durchschnittliche Emissionsfaktoren für die ganze Flotte abgeleitet.

Die Rückrechnung der Emissionen pro LTO-Zyklus erfolgt unter Verwendung von Standardwerten für den Kerosinverbrauch pro LTO-Zyklus: Für den nationalen Flugverkehr sind das 850 kg Kerosin/LTO, für den internationalen Flugverkehr wird ein mittlerer Wert von 1.675 kg Kerosin/LTO angenommen (IPCC, 2006b). Angaben zu den darüber hinaus betrachteten Luftschadstoffen finden sich in Kapitel 19.1.3.1 im Anhang.

Die Umrechnung der in [g/kg] vorliegenden Emissionsfaktoren in Angaben mit der Einheit [g/TJ] erfolgt über einen Heizwert in Höhe von 43.000 kJ/kg (AGEB, 2015a&b).

Für **Flugbenzin** ist keine Unterteilung der Emissionsfaktoren in LTO und Cruise erforderlich.

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wird der Standard-Wert gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Kap. 3: Mobile Combustion) übernommen. In diesen Richtlinien (Seite 3-64) werden die Methan- und Lachgas-Emissionsfaktoren explizit mit den für die Verwendung von Kerosin angegebenen Werten gleichgesetzt. Diese Annahme wird hier übernommen.

Wie auch für Kerosin wurden die Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> und CO aus den Ergebnissen der TREMOD-Berechnungen gewonnen, für die Flugzeugtyp-spezifische Emissionsfaktoren der EMEP/EEA-Datenbank verwendet wurden. Diese wurden anschließend durch den Flugbenzinverbrauch geteilt, um jährliche, durchschnittliche Emissionsfaktoren zu gewinnen, die in die Berichterstattung eingehen.

CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der **Mitverbrennung von Schmierstoffen** werden unter CRF 2.D.1 berichtet. Bezüglich der Freisetzung von Methan und Lachgas wird davon ausgegangen, dass diese bereits in den entsprechenden Emissionsfaktoren der verwendeten Kraftstoffe berücksichtigt und daher als IE (*included elsewhere*) zu berichten ist.

Tabelle 49: für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ])

	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Ursprung
Kerosin			
LTO	8,21 (0,50)	2,74 (2,00)	landesspezifische Werte gemäß TREMOD AV
Reiseflug	0,00 (0,50)	2,33 (2,00)	
Flugbenzin	8,21 (-)	2,33 (-)	entspricht Tier2-EF für Kerosin, CH <sub>4</sub> : LTO; N <sub>2</sub> O: Cruise
Schmierstoffe	IE	IE	in EF der Treibstoffe abgebildet

<sup>\*</sup> in Klammern: Default-Werte gemäß (IPCC, 2006); Quelle: (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2015)

### 3.2.10.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.a)

Zur Ermittlung der Unsicherheiten werden die einzelnen Komponenten identifiziert, die in die Berechnung der Emissionen einfließen, und deren Unsicherheiten (U<sub>1</sub> bis U<sub>n</sub>) quantifiziert. Durch die additive Verknüpfung der quadrierten Teilunsicherheiten ergibt sich jeweils die Gesamtunsicherheit U<sub>ges</sub> laut 2006 IPCC Guidelines<sup>25</sup> aus der Formel:

$$U_{ges} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Die Unsicherheiten wurden für alle Zeitreihen und Flugphasen als Mittelwerte abgeschätzt. Die Berechnung der Gesamt-Unsicherheiten erfolgte wie in Anhang-Kapitel 19.1.3.1.2 dargestellt.

<sup>25</sup> Band 1, Kapitel 3, Seite 3.28, Formel 3.1

In der linken Spalte werden dort die Komponenten der Unsicherheitsberechnung, rechts daneben die Teil-Unsicherheiten aufgeführt. Darauf folgen die Spalten der Werte für die zu bestimmenden Gesamt-Unsicherheiten. Diese stellen zum Teil ebenfalls wieder Einzelkomponenten der Unsicherheitsberechnung eines anderen Wertes dar: Zum Beispiel berechnet sich die Unsicherheit für den nationalen Kerosinverbrauch in den beiden Flugphasen LTO und Cruise aus den Teilunsicherheiten des gesamten nationalen Kerosinverbrauchs sowie der Teilunsicherheit der LTO-Cruise-Aufteilung. Letztere basiert auf der Anzahl der Flugbewegungen nach dem *Statistischen Bundesamt* und den Annahmen zur Flottenaufteilung (im nationalen Flugverkehr wird entsprechend den IPCC-Annahmen ein durchschnittlicher Verbrauch von 850 kg Kerosin pro LTO-Zyklus angesetzt). Die Gesamt-Unsicherheit des LTO- bzw. Cruise-Kerosinverbrauchs stellt wiederum eine Teilunsicherheit bei der Ermittlung der Unsicherheiten für die Emissionen dar.

#### 3.2.10.1.4 **Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung** (1.A.3.a)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Für eine mit der Zeit steigende Zahl von Flugzeugtypen, für die keine spezifischen Daten verfügbar sind, mussten Emissionsfaktoren mit Hilfe von Regressionen auf Basis des Startgewichts gewonnen werden. Die Verwendung aktuellerer und vollständigerer Flugzeugtyp-spezifischer Daten würde die Qualität der Berechnungen weiter erhöhen. Auch eine Erweiterung der TREMOD-Berechnung um die Unterscheidung nach verwendeten Antrieben würde eine weitere Verbesserung bedeuten.

Bis auf die Emissionsfaktoren für Schwefeldioxid wurden internationale Standardwerte verwendet, die der IPCC-Emissionsfaktoren-Datenbank bzw. der EMEP/EEA-Datenbank sowie dem EMEP/EEA Guidebook 2013 (EMEP/EEA, 2013) entnommen wurden. Eine Diskussion der einzelnen Werte findet im Kapitel „Methodische Aspekte“ bei der Vorstellung der Emissionsfaktoren statt.

Von Eurocontrol bereitgestellte landesspezifische Verbrauchs- und Emissionsdaten werden derzeit nur zur Verifikation der eigenen Erhebungen herangezogen.

Tabelle 50: Übersicht relevanter Datenvergleiche

Vergleich mit...	erfolgt	Erläuterung
alternativen Emissionsinventaren für Deutschland	nein	keine vergleichbaren Datensätze
sektorspezifischen Tier 1 default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 3.6.4): CO <sub>2</sub>	ja	siehe Tabelle 51
sektorspezifischen Tier 1 default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2: Tabelle 3.6.5): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	ja	siehe Tabelle 49
spezifischen IEF anderer Staaten	ja	siehe Tabelle 52

Tabelle 51: Vergleich der im Inventar verwendeten EF(CO<sub>2</sub>) mit default-Werten\*

	Inventarwert	Default	Untergrenze	Obergrenze
Kerosin	73.256	71.500	69.700	74.400
Flugbenzin	70.000		67.500	73.000

\* gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 2.4)

Die folgende Tabelle erlaubt einen Vergleich mit spezifischen impliziten Emissionsfaktoren anderer Staaten.

Tabelle 52: länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (alle Angaben in [kg/TJ])

	Kerosin			Flugbenzin		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Deutschland	73.256	2,49	2,45	70.000	8,21	2,33
Dänemark	71.689	24,63	3,21	72.360	18,78	2,00
Frankreich	71.591	0,97	2,36	73.000	1,85	2,49
Niederlande	71.500	0,50	2,00	72.000	20,00	0,60
Norwegen	73.086	2,13	2,32	71.298	8,71	2,28
Schweiz	73.200	6,36	2,33	IE	IE	IE
Großbritannien	71.724	0,92	2,28	69.517	16,47	2,22
EU (28)	71.959	1,35	2,36	71.208	10,74	2,35

Deutschland: aktueller IEF für das Berichtsjahr 2014; alle anderen Staaten: IEF für 2012 gemäß CRF-Tabellen 2014\*

(\*Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen noch keine IEF anderer Staaten aus Submission 2015 vor.)

### 3.2.10.1.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.a)

Angesichts ggü. Submission 2015 unveränderter Emissionsfaktoren beruhen die Veränderungen in den berichteten Emissionsmengen auf Korrekturen der Aktivitätsraten.

Den Ausgangspunkt bildet hier die Revision des prozentualen Anteils des innerdeutschen Flugverkehrs an den gesamten Kerosin-Inlandsablieferungen innerhalb TREMOD AV.

Tabelle 53: Revision des jährlichen Anteiles der Inlandsflüge an den Kerosin-Inlandsablieferungen (Angaben in [%])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Submission 2016	15,55	13,73	12,29	9,82	9,46	10,01	8,79	7,85
Submission 2015	16,19	12,35	11,99	9,93	8,86	8,48	8,00	7,41
Differenz absolut	-1	1	0	0	1	2	1	0
Differenz relativ	-3,91%	11,16%	2,48%	-1,10%	6,84%	18,08%	9,75%	5,89%

Quelle: TREMOD AV 2015 (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2015)

Daraus resultierend kommt es zu einer entsprechenden Anpassung des Kerosinverbrauchs für Inlandsflüge. Die Angaben für Flugbenzin blieben dagegen unverändert.

Tabelle 54: resultierende Revision des Kraftstoffeinsatzes für Inlandsflüge (Angaben in [TJ])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Kerosin</b>								
Submission 2016	30.071	32.049	36.521	33.753	34.237	34.651	32.554	29.399
Submission 2015	31.293	28.830	35.637	34.128	32.046	29.344	29.662	27.763
Differenz absolut	-1.222	3.218	884	-376	2.192	5.307	2.892	1.636
Differenz relativ	-3,91%	11,16%	2,48%	-1,10%	6,84%	18,08%	9,75%	5,89%
<b>Gesamtkraftstoffeinsatz</b>								
Submission 2016	32.509	33.191	37.641	34.451	34.805	35.265	33.112	29.895
Submission 2015	33.731	29.972	36.757	34.826	32.614	29.958	30.220	28.259
Differenz absolut	-1.222	3.218	884	-376	2.192	5.307	2.892	1.636
Differenz relativ	-3,62%	10,74%	2,40%	-1,08%	6,72%	17,71%	9,57%	5,79%

Quelle: TREMOD AV 2015 (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2015), eigene Berechnungen

Aus den beschriebenen Korrekturen resultieren folgende rekalkulierte Emissionsmengen:

Tabelle 55: revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO<sub>2</sub>] (Gesamt-THG))

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Kohlendioxid - CO<sub>2</sub></b>								
Submission 2016	2.374	2.428	2.754	2.521	2.548	2.581	2.424	2.188
Submission 2015	2.463	2.192	2.689	2.549	2.387	2.193	2.212	2.069
Differenz absolut	-89,5	235,8	64,7	-27,5	160,5	388,8	211,8	119,8
Differenz relativ	-3,64%	10,76%	2,41%	-1,08%	6,72%	17,73%	9,58%	5,79%

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Methan - CH<sub>4</sub></b>								
Submission 2016	0,10	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08
Submission 2015	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09	0,07
Differenz absolut	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Differenz relativ	1,13%	1,99%	4,57%	2,59%	2,69%	2,82%	2,71%	3,65%
<b>Lachgas - N<sub>2</sub>O</b>								
Submission 2016	0,080	0,082	0,092	0,084	0,085	0,086	0,081	0,073
Submission 2015	0,083	0,074	0,090	0,085	0,080	0,074	0,074	0,069
Differenz absolut	-0,003	0,008	0,002	-0,001	0,005	0,012	0,007	0,004
Differenz relativ	-3,37%	10,25%	2,54%	-0,89%	6,51%	16,85%	9,20%	5,69%
<b>Gesamt-THG</b>								
Submission 2016	2.400	2.454	2.784	2.549	2.576	2.609	2.450	2.212
Submission 2015	2.490	2.216	2.718	2.577	2.413	2.217	2.236	2.091
Differenz absolut	-90,34	238,07	65,53	-27,69	162,16	392,54	213,94	121,06
Differenz relativ	-3,63%	10,74%	2,41%	-1,07%	6,72%	17,71%	9,57%	5,79%

Quelle: eigene Berechnungen

Abweichend von Kohlendioxid und Lachgas wurden hier die Methan-Emissionen für alle Jahre nach oben korrigiert. Grund hierfür ist eine in TREMOD AV erfolgte Anhebung des prozentualen Anteils des auf den Lande- und Start-Zyklus (*Landing/TakeOff-Cycle*) entfallenden Kerosinverbrauchs am gesamten Inlandsverbrauch.

### 3.2.10.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.3.a)

Derzeit sind keine über die routinemäßige Revision des Modells TREMOD AV hinaus gehenden quellspezifischen Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.10.2 Transport - Straßenverkehr (1.A.3.b)

#### 3.2.10.2.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.3.b)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990- 2014
L/T	1.A.3.b Transport: Road Transportation	all fuels	CO <sub>2</sub>	151.880,6	12,46%	153.158,8	17,30%	0,8%
-/T	1.A.3.b Transport: Road Transportation	all fuels	CH <sub>4</sub>	1.316,8	0,11%	144,2	0,02%	-89,0%
-/-	1.A.3.b Transport: Road Transportation	all fuels	N <sub>2</sub> O	1.113,5	0,09%	1.453,5	0,16%	30,5%

Gas	angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1*, CS (Tier 2)	NS / M	D*, CS
CH <sub>4</sub>	Tier 1**, CS (Tier 3)	NS / M	D**, CS (M)
N <sub>2</sub> O	Tier 1**, CS (Tier 3)	NS / M	D**, CS (M)
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS (Tier 3)	NS / M	CS (M)

\* Biodiesel, Petroleum, in Zweitaktern mitverbrannte Schmierstoffe; \*\* Flüssiggas

Die Kategorie *Straßenverkehr* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend sowie der Tier-2-Analyse, für CH<sub>4</sub>-Emissionen nur nach dem Trend.

In der genannten Kategorie werden die Emissionen aus dem motorisierten Straßenverkehr in Deutschland berichtet. Berücksichtigt ist der Verkehr auf öffentlichen Straßen im Inland ohne den land- und forstwirtschaftlichen sowie den militärischen Verkehr. Die Berechnungen

erfolgen für die Fahrzeugkategorien Personenkraftwagen (PKW), motorisierte Zweiräder (MZR), leichte Nutzfahrzeuge (LNF), schwere Nutzfahrzeuge (SNF) und Busse. Diese werden für die Berechnung in so genannte *Fahrzeugschichten* mit gleichem Emissionsverhalten untergliedert. Hierzu werden die Fahrzeugkategorien zusätzlich nach der Art des verwendeten Kraftstoffs, der Fahrzeuggröße (Nutzfahrzeuge und Busse nach ihrer Gewichtsklasse; PKW und motorisierte Zweiräder nach ihrem Hubraum) und der eingesetzten Schadstoffminderungstechnik gemäß den EU-Richtlinien zur Abgasgesetzgebung („EURO-Normen“) sowie des regionalen Fahraufkommens (außerorts, innerorts und Autobahn) differenziert.

### **3.2.10.2 Methodische Aspekte (1.A.3.b)**

- siehe auch Kapitel 19.1.3.2 -

Durch Einführung des Katalysators und motortechnischen Verbesserungen infolge der kontinuierlichen Verschärfung der zulässigen Abgaswerte sowie durch verbesserte Kraftstoffqualitäten sind die Emissionen aus dem Straßenverkehr an CH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC und SO<sub>2</sub> seit 1990 drastisch zurückgegangen.

Die starke Abnahme des Methan-Emissionsfaktors für Benzin und damit auch der Methan-Emissionen zwischen 1990 und 1993 ist insbesondere auf die massive Reduzierung der Kraftfahrzeuge mit Zweitaktmotoren in den neuen Bundesländern zurückzuführen. Weitere Minderungen sind Folge der genannten Abgas-Grenzwertverschärfungen.

Für Busse und schwere Nutzfahrzeuge (über 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht) wurde der zulässige Abgasgrenzwert für Kohlenwasserstoffe (HC) mit Einführung der EURO3-Norm im Jahr 2000 erheblich gesenkt (-40 %). Da EURO3-Fahrzeuge ab dem Jahr 2000 sehr schnell in den Markt kamen, verminderten sich der Emissionsfaktor und die Emissionen für Kohlenwasserstoffe aus Dieselmotoren nach 2000 deutlich. Dies gilt analog für Methan, das als fester Anteil an den Gesamt-HC-Emissionen berechnet wird.

N<sub>2</sub>O-Emissionen entstehen hauptsächlich infolge unvollständiger Reduktion von NO zu N<sub>2</sub> im 3-Wege-Katalysator und sind gesetzlich nicht limitiert. Durch die wachsende Zahl von PKW mit Katalysator stiegen die N<sub>2</sub>O-Emissionen gegenüber 1990 zunächst an. Neuere Katalysatoren sind jedoch so optimiert, dass nur noch geringe Mengen an Distickstoffoxid entstehen. In Folge dessen nahmen die N<sub>2</sub>O-Emissionen im Zeitraum 2000-2006 ab. Seit dem ist wieder ein Anstieg der Emissionen zu verzeichnen. Dieser ist auf den zunehmenden Einsatz der SCR-Technik bei schweren Nutzfahrzeugen zurückzuführen, bei dem unter bestimmten Bedingungen N<sub>2</sub>O als unerwünschtes Nebenprodukt auftritt.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind direkt vom Kraftstoffverbrauch abhängig. Der Anstieg der Emissionen zwischen 1990 und 1999 ist dadurch begründet, dass die fahrzeugspezifischen Verbrauchsminderungen durch den Zuwachs der Fahrleistungen überkompensiert wurden. Im Zeitraum 2000-2009 sind die Emissionen des Straßenverkehrs aus fossilen Kraftstoffen erstmals gesunken. Diese Entwicklung dürfte im Wesentlichen auf die Verringerung der spezifischen Kraftstoffverbräuche, die deutliche Verschiebung zugunsten von Dieselfahrzeugen bei den Neuzulassungen, den kontinuierlichen Anstieg der Kraftstoffpreise, die Verwendung von Biokraftstoffen, aber auch auf die Verlagerung von Tankvorgängen ins Ausland zurückzuführen sein (s. folgende Absätze).

Da sich die oben genannten Trends abschwächten und gleichzeitig die Fahrleistungen zunahmen, stiegen in den Jahren 2010 und 2011 die Emissionen wieder an, bevor sie im Jahr 2012 dank abnehmender Verkehrs- und Fahrleistungen gegenüber dem Vorjahr wieder um 1,3 Mio. t zurückgingen. Ein Wiederanstieg der Fahrleistungen, ein Rückgang der eingesetzten Biokraftstoffe sowie ein seit Jahren zu beobachtender stetiger Anstieg der durchschnittlichen Motorleistung bei Pkw-Neuzulassungen<sup>26</sup> führten jedoch dazu, dass die Emissionen seit 2012 wieder um mehr als 4 % anstiegen. Sie betragen im Jahr 2014 153,2 Mio. t und lagen damit 1,3 Mio. t über dem Emissionsniveau von 1990.

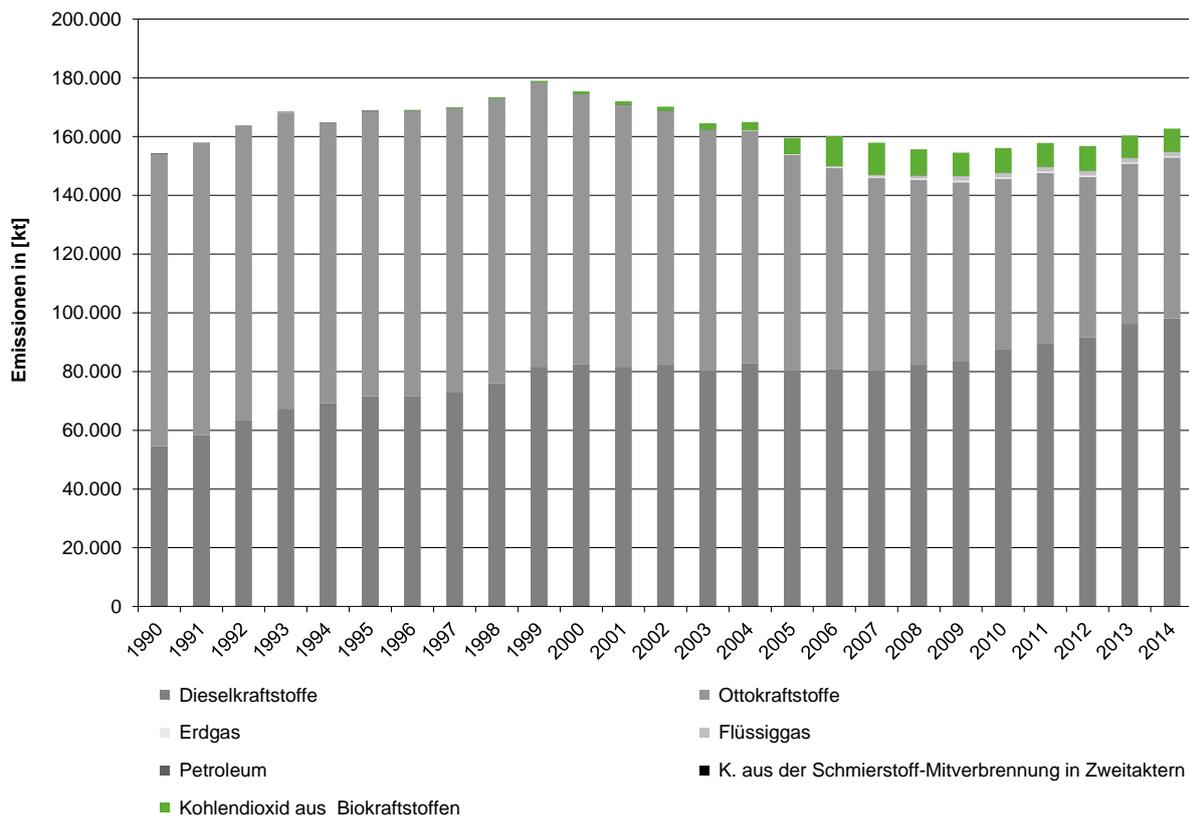


Abbildung 33: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Straßenverkehrs 1990-2014

Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem motorisierten Straßenverkehr in Deutschland erfolgt durch einen tier2-„*bottom up*“-Ansatz gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Kap. 3.2, Seite 3.12): Die in Deutschland verkauften Kraftstoffe (Benzin, Bio-Ethanol, Diesel, Biodiesel, Flüssig- und Erdgas, Petroleum (bis 2002)) werden dazu innerhalb des Modells TREMOD („Transport Emission Model“) auf die einzelnen Fahrzeugschichten verteilt (vgl. Kapitel 19.1.3.2) (IFEU, 2013a)<sup>27</sup>. Die in das Modell einfließenden Verbrauchsdaten je Kraftstoffart werden den *Energiebilanzen* entnommen. Die eigentliche Emissionsberechnung erfolgt nach Import der spezifischen Kraftstoffverbräuche und Emissionsfaktoren im ZSE.

<sup>26</sup> Laut statistischem Bundesamt hatten Neuzulassungen im Jahre 2013 eine durchschnittliche Motorleistung von 137 PS. Acht Jahre zuvor ahte diese noch bei knapp 123 PS gelegen.

[https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/06/PD15\\_213\\_85pdf.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2015/06/PD15_213_85pdf.pdf?__blob=publicationFile)

<sup>27</sup> Um Minderungsmaßnahmen ableiten und bewerten zu können, werden mit TREMOD auch der Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Fahrzeugkategorien berechnet. Die Werte werden anschließend mit dem Gesamtverbrauch und der Gesamtemission an CO<sub>2</sub> abgeglichen.

Die Berechnung der Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen basiert auf einem in TREMOD implementierten Tier 3-Verfahren, bei dem Fahrleistungen der einzelnen Fahrzeugschichten mit spezifischen Emissionsfaktoren multipliziert werden. Für PKW und leichte Nutzfahrzeuge wird zusätzlich ein „Kaltstart-Zuschlag“ addiert. Der je Kraftstoffart ermittelte Gesamtverbrauch wird mit dem Verbrauch gemäß Energiebilanz abgeglichen und die in TREMOD berechneten Emissionen werden mit aus diesem Abgleich abgeleiteten Korrekturfaktoren korrigiert. Für benzingetriebene Fahrzeuge werden in Abhängigkeit von der Minderungstechnik VOC-Verdampfungsemissionen berechnet. Aus Emissionen und Kraftstoffverbräuchen der einzelnen TREMOD-Fahrzeugschichten werden kraftstoffbezogene nur nach Kraftstoff- und Straßenart (Autobahn, Landstraße, Innerortsstraße) sowie, innerhalb der Fahrzeugkategorien, nach „ohne/mit“ Schadstoffminderungstechnik differenzierte implizite Emissionsfaktoren (IEF) in [kg/TJ] abgeleitet und an das ZSE übergeben. Bei der Minderungstechnik wird dabei wie folgt unterschieden:

Tabelle 56: Unterscheidung von Minderungstechniken im Straßenverkehr

betrachtete Fahrzeugklassen	Minderungstechnik	
	ohne	mit
PKW und leichte Nutzfahrzeuge mit Otto-Motor	ohne G-Kat	mit G-Kat
PKW und leichte Nutzfahrzeuge mit Diesel-Motor sowie Busse, schwere Nutzfahrzeuge, motorisierte Zweiräder	vor EURO1	ab EURO1

Die eigentliche Emissionsberechnung erfolgt nach Import der spezifischen Kraftstoffverbräuche und IEF im ZSE.

Tabelle 57: Emissionen des Straßenverkehrs (alle Angaben in [kt])

	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC***	SO <sub>2</sub>
	fossil*	biogen**						
1990	151.880	0	52,67	3,74	1.342,66	6.658,25	1.168,55	90,20
1995	166.437	106	29,12	5,64	1.136,23	3.469,60	532,40	69,31
2000	172.494	869	18,60	5,20	1.034,23	2.157,98	290,93	19,67
2005	152.728	5.573	11,18	3,31	738,09	1.373,78	174,55	0,80
2006	148.706	10.176	10,13	3,25	713,76	1.246,48	159,72	0,81
2007	145.715	11.005	9,10	3,38	650,72	1.133,77	143,09	0,80
2008	145.491	8.914	7,91	3,55	570,62	1.029,55	126,17	0,78
2009	145.202	8.024	7,33	3,71	519,87	971,04	117,47	0,78
2010	146.258	8.483	6,69	4,01	502,12	906,17	108,90	0,79
2011	148.199	8.175	6,47	4,27	478,41	883,38	104,98	0,79
2012	146.860	8.421	6,00	4,50	463,09	824,40	97,51	0,79
2013	151.124	7.621	5,84	4,76	455,10	804,29	95,11	0,81
2014	153.159	7.920	5,77	4,88	435,15	785,84	93,62	0,82

\* inklusive CO<sub>2</sub> aus in Zweitaktern mitverbrannten Schmierstoffen

\*\* CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Bio-Kraftstoffen hier nur nachrichtlich aufgeführt

\*\*\* inklusive Emissionen aus der Kraftstoffverdunstung

Für die Berechnung mit TREMOD werden zahlreiche **Basisdaten** aus allgemein zugänglichen Statistiken und speziellen Untersuchungen verwendet, aufeinander abgestimmt und ergänzt. Hauptquellen sowie wichtige Annahmen sollen hier nur kurz vorgestellt werden. Eine detaillierte Beschreibung der Datengrundlagen einschließlich Angaben der verwendeten Quellen sowie der in TREMOD verwendeten Berechnungsmethoden liegt in (IFEU, 2013a) vor.

Für Westdeutschland ab 1990 bis 1993 sowie für Deutschland ab 1994 werden die **Kfz-Bestandsdaten** aus der offiziellen Bestands- und Neuzulassungsstatistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) abgeleitet. Basis der Bestandsanalyse für Ostdeutschland im Jahr 1990 waren eine detaillierte Analyse der Abgas-Prüfstelle Adlershof im Jahr 1992 sowie die

Zeitreihen in den statistischen Jahrbüchern der DDR. Zwischen 1991 und 1993 musste der Bestand mit Hilfe zahlreicher Annahmen geschätzt werden.

Die Bestandsdaten der Bezugsjahre ab 2001 stehen für TREMOD als Ergebnis einer Datenbankabfrage beim KBA zur Verfügung. Diese liefert die Fahrzeugbestände pro Bezugsjahr in der für die Emissionsberechnung notwendigen Gliederung nach den Merkmalen: Antriebsart (Otto, Diesel, sonstige), Größenklasse, Fahrzeugalter und Emissionsstandard. Als repräsentativ für die Flottenzusammensetzung eines Bezugsjahres wird der Bestand zur Jahresmitte angenommen.

Die Fortschreibung der **Fahrleistungen** wird auf Basis der „Fahrleistungserhebung 2002“ (IVT, 2004) und der Straßenverkehrszählung 2010 (BASt, 2013) vorgenommen. Für schwere Nutzfahrzeuge erfolgt darüber hinaus ein Abgleich mit den Daten der Maut-Statistik.

Hinsichtlich der verwendeten **Emissionsfaktoren** für Kohlendioxid wird hier grundsätzlich auf Kapitel 18.7 verwiesen.

Während für alle anderen Kraftstoffe über alle Jahre einheitliche Werte zum Einsatz kommen, stehen für Ottokraftstoffe und Erdgas anhand der in Deutschland produzierten Qualitäten gewichtete jahresspezifische Werte zur Verfügung. Weiterführende Informationen speziell zu Kohlendioxid aus der Schmierstoffmitverbrennung finden sich zudem in Kapitel 19.1.4.

Alle weiteren Emissionsfaktoren sind im „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 3.2“ (HBEFA) abgelegt (INFRAS, 2014), das im Rahmen einer Kooperation von Deutschland, Schweiz, Österreich und den Niederlanden zur Ableitung von Emissionsfaktoren für den Straßenverkehr entstand, und entstammen überwiegend den Messprogrammen des TÜV Rheinland und des RWTÜV sowie grundlegenden Untersuchungen für die Bezugsjahre 1989/1990. In diesen Untersuchungen wurde für PKW und schwere Nutzfahrzeuge eine neue Methodik angewandt, bei der von Fahrverhalten und Verkehrssituation abhängige Faktoren abgeleitet wurden. Die Emissionsfaktoren für PKW bis zum Baujahr 1994 wurden mit Hilfe von Daten aus einer Feldüberwachung fortgeschrieben. Die für die aktuellen Emissionsberechnungen verwendete HBEFA-Version 3.2 geht auf Untersuchungsergebnisse aus dem EU-Arbeitskreis COST 346 und dem Forschungsprogramm ARTEMIS zurück.

Die Entwicklung der  $EF(N_2O)$  spiegelt auch die andauernde Weiterentwicklung der Emissionsgrenzwerte für  $NO_x$  und der zu deren Erreichung eingeführten Technologien und Abgasnormen (Euro-Normen) wider. Verminderte Stickoxid-Emissionen haben hier eine vermehrte Freisetzung von Lachgas zur Folge.

Bezüglich der Schmierstoff-Mitverbrennung wird davon ausgegangen, dass die Nicht- $CO_2$ -Emissionen bereits in den entsprechenden Emissionsfaktoren der verwendeten Kraftstoffe abgebildet und hier als IE (*included elsewhere*) zu berichten sind.

### **Verlagerung von Tankvorgängen ins Ausland**

Aufgrund eines teilweise starken Preisgefälles zu mehreren Nachbarstaaten werden hierzulande seit längerem aber auch Kraftstoffe eingesetzt, die jenseits der Grenzen gekauft und als Grauimporte eingeführt werden.

Zum Umfang dieses in erster Linie für den Güterverkehr und den Pkw-Verkehr für die grenznahen Regionen Deutschlands bedeutenden und als „Tanktourismus“ bezeichneten

Phänomens können keine genauen Angaben gemacht werden. Ein belastbares Gesamtbild existiert trotz mehrerer Detailuntersuchungen nicht (LENK et al., 2005).

Belegt wird die Verlagerung von Tankvorgängen ins Ausland (und der damit verbundene negative Einfluss auf die Emissionsinventare der Nachbarstaaten) unter anderem auch durch eine vom österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft veröffentlichte Studie (BMLFUW, 2005). Die Nachbarstaaten profitieren allerdings nicht unerheblich von Steuermehreinnahmen aus der Energiebesteuerung dieser Treibstoffe, die erheblich über den Zertifikatskosten für die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen dürften.

### 3.2.10.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.b)

Im Rahmen eines Gutachtens (IFEU & INFRAS, 2009) wurden die Unsicherheiten der in TREMOD einfließenden Aktivitätsdaten, der darin erzeugten Emissionsfaktoren und der im Zentralen System Emissionen (ZSE) berechneten Emissionen ermittelt.

### 3.2.10.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.3.b)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Zur Qualitätssicherung der Energiebilanzen liegen dem Umweltbundesamt entsprechende Qualitätsberichte der AGEB vor. Außerdem wurde eine Dokumentation zur Überarbeitung der Energiebilanzen ab dem Jahr 2003 im Internet veröffentlicht<sup>28</sup>.

Tabelle 58: Übersicht relevanter Datenvergleiche

Vergleich mit...	erfolgt	Erläuterung
alternativen Emissionsinventaren für Deutschland	nein	keine vergleichbaren Datensätze
kategoriespezifischen Tier1-Default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 3.2.1): CO <sub>2</sub>	nein	keine Tier1-Default-EF für Biokraftstoffe und Petroleum
Tier1-Default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 2.4): CO <sub>2</sub>	ja	siehe Tabelle 59
kategoriespezifischen Tier1-Default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 3.2.2): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	ja	Ergebnisse kaum aussagekräftig
Tier1-Default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 2.4): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	ja	Ergebnisse kaum aussagekräftig
spezifischen IEF anderer Staaten	ja	siehe Tabelle 60

Tabelle 59: Vergleich der verwendeten EF(CO<sub>2</sub>) mit Default-Werten\* (Angaben in [kg/TJ])

	Inventarwert**	Default	Untergrenze	Obergrenze
fossiler Dieselmotorkraftstoff	74.027	74.100	72.600	74.800
fossile Ottomotorkraftstoffe	73.091	69.300	67.500	73.000
Erdgas	55.944	56.100	54.300	58.300
Flüssiggas	65.523	63.100	61.600	65.600
Petroleum	74.000	-	-	-
mitverbrannte Schmierstoffe	73.300		71.900	75.200

<sup>28</sup> AG Energiebilanzen: Erläuterungen zur Revision der Energiebilanzen 2003 – 2009 URL:

[http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=7&clang=0#revision\\_der\\_energiebilanzen\\_2003\\_bis\\_2009\\_05](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=7&clang=0#revision_der_energiebilanzen_2003_bis_2009_05)  
(Aufruf vom 18.09.2013)

Biodiesel		70.800		59.800	84.300
Bioethanol	71.607		70.800	59.800	84.300

\* gemäß IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 2.4); \*\* verwendet für das Berichtsjahr 2014

Die folgende Tabelle erlaubt einen Vergleich mit spezifischen impliziten Emissionsfaktoren anderer Staaten sowie den sich für die EU(28) ergebenden Werten..

Tabelle 60: länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (Angaben in [kg/TJ])

	fossiler Ottokraftstoff			fossiler Dieseldieselkraftstoff		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Deutschland	73.091	6,92	0,67	74.027	0,21	3,12
Dänemark	72.986	7,43	1,46	73.995	1,15	2,80
Frankreich	72.348	16,03	2,26	74.700	1,01	2,70
Niederlande	72.000	10,58	1,30	74.290	0,73	2,39
Norwegen	71.298	15,98	1,31	73.551	0,35	1,69
Schweiz	73.900	7,34	0,73	73.600	0,29	2,32
Großbritannien	69.998	3,08	1,00	72.913	0,87	2,53
EU (28)	71.453	11,17	1,77	73.672	1,23	2,72

Deutschland: aktueller IEF für 2014; alle anderen Staaten: IEF für 2012 gemäß CRF-Tabellen 2014\*

(\*Zum Zeitpunkt der Inventarerstellung lagen noch keine IEF anderer Staaten aus Submission 2015 vor.)

### 3.2.10.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.b)

Gegenüber der Submission 2015 erfolgten Rückrechnungen sowohl aufgrund revidierter Aktivitätsdaten als auch Emissionsfaktoren.

Dabei wurden die zuletzt vorläufigen Energieeinsätze gemäß Energiebilanz 2013 durch finale Werte ersetzt.

Tabelle 61: revidierte Energieeinsätze 2013 (Angaben in [TJ])

	Diesel	Biodiesel	Benzin	Bioeth.	Erdgas	Flüssigg.	Schmierst.*	Gesamt
Submission 2016	1.283.637	75.504	741.150	31.770	7.389	23.077	88	2.162.616
Submission 2015	1.285.820	75.630	740.823	31.756	8.934	23.597	89	2.166.650
Differenz absolut	-2.183	-126	327	14	-1.545	-520	-1	-4.034
Differenz relativ	-0,17%	-0,17%	0,04%	0,04%	-17,29%	-2,20%	-1,32%	-0,19%

Quelle: TREMOD 5.61 (IFEU, 2015a) basierend auf (AGEB, 2015a&b) und (MWV, 2015)

\* als Teil von Zweitaktergemisch 1:50

Der bisher einheitlich für alle Quellen verwendete Emissionsfaktor für Kohlendioxid aus der Verbrennung fossilen Diesels wurde durch einen auf aktuellen Erkenntnissen basierenden landesspezifischen Wert ersetzt. Zudem wurde der zuletzt vorläufige Emissionsfaktor für Kohlendioxid aus der Verbrennung von Erdgas für das Jahr 2013 final revidiert.

Tabelle 62: Korrektur des EF(CO<sub>2</sub>) für Diesel (ab 1990) und Erdgas (2013) (Angaben in [kg/TJ])

	Diesel	Erdgas
Submission 2016	74.027	55.944
Submission 2015	74.000	55.917
Differenz absolut	27	27
Differenz relativ	0,04%	0,05%

Quelle: eigene Berechnungen

Veränderungen an den spezifischen Tier-3-Emissionsfaktoren für Methan und Lachgas können an dieser Stelle nicht sinnvoll dargestellt werden.

Die nachfolgende Tabelle liefert eine Gegenüberstellung der aktuellen Emissionsmengen mit den Angaben aus Submission 2015.

Tabelle 63: revidierte THG-Emissionen (Angaben in [kt CO<sub>2</sub>])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>1.A.3.b i - PKW</b>								
Submission 2016	113.629	115.124	111.255	103.032	95.262	96.990	93.862	96.538
Submission 2015	113.622	115.043	111.205	103.009	95.250	96.984	93.877	96.647
Differenz absolut	6	81	50	23	12	7	-15	-109
Differenz relativ	0,01%	0,07%	0,04%	0,02%	0,01%	0,01%	-0,02%	-0,11%
<b>1.A.3.b ii - Leichte Nutzfahrzeuge</b>								
Submission 2016	3.485	5.099	6.827	7.273	7.085	7.229	7.062	7.259
Submission 2015	3.485	5.098	6.825	7.271	7.083	7.227	7.066	7.256
Differenz absolut	1	1	2	2	2	2	-4	3
Differenz relativ	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	-0,06%	0,04%
<b>1.A.3.b iii - schwere Nutzfahrzeuge (inkl. Busse)</b>								
Submission 2016	35.307	47.335	54.968	42.155	43.939	44.032	46.059	47.468
Submission 2015	35.294	47.318	54.948	42.140	43.924	44.015	46.034	47.636
Differenz absolut	13	17	20	15	15	17	25	-168
Differenz relativ	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,03%	0,04%	0,05%	-0,35%
<b>1.A.3.b iv - motorisierte Zweiräder</b>								
Submission 2016	1.713	1.264	1.452	1.526	1.327	1.375	1.364	1.417
Submission 2015	1.713	1.264	1.452	1.526	1.327	1.372	1.340	1.375
Differenz absolut	0	0	0	0	0	4	23	42
Differenz relativ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,26%	1,75%	3,04%
<b>1.A.3.b - CO<sub>2</sub> aus Schmierstoff-Mitverbrennung in Zweitaktern</b>								
Submission 2016	177,12	24,56	6,55	6,46	6,42	6,63	6,44	6,47
Submission 2015	177,12	24,56	6,55	6,46	6,42	6,62	6,44	6,56
Differenz absolut	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,09
Differenz relativ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,02%	-1,32%
<b>1.A.3.b - Gesamt</b>								
Submission 2016	154.311	168.846	174.507	153.993	147.619	149.633	148.352	152.689
Submission 2015	154.291	168.747	174.436	153.952	147.590	149.604	148.324	152.921
Differenz absolut	20	99	72	41	29	29	29	-232
Differenz relativ	0,01%	0,06%	0,04%	0,03%	0,02%	0,02%	0,02%	-0,15%

Quelle: eigene Berechnungen

### 3.2.10.2.6 Geplante Verbesserungen, categoriespezifisch (1.A.3.b)

Im Rahmen der Revision des Modells TREMOD wird erstmals der Einsatz von Bio-Methan als biogener gasförmiger Kraftstoff erfasst.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.10.3 Transport - Schienenverkehr (1.A.3.c)

#### 3.2.10.3.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.3.c)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990- 2014
L/T	1.A.3.c Transport: Railways	all fuels	CO <sub>2</sub>	2.900,5	0,24%	1.041,5	0,12%	-64,1%
-/-	1.A.3.c Transport: Railways	all fuels	N <sub>2</sub> O	7,1	0,00%	2,8	0,00%	-60,5%
-/-	1.A.3.c Transport: Railways	all fuels	CH <sub>4</sub>	2,8	0,00%	0,5	0,00%	-81,8%

Gas	angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1*, CS (Tier 2)	NS	D*, CS
CH <sub>4</sub>	CS (Tier 2)	NS	D**, CS
N <sub>2</sub> O	CS (Tier 2)	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS (Tier 2)	NS	CS

\* Biodiesel: default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap, 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4); \*\* Diesel: default-EF gemäß (EMEP/EEA, 2013)

Die Kategorie *Schieneverkehr* ist für CO<sub>2</sub> eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend.

Der Schienenverkehr in Deutschland wird langfristig mit dem Ziel modernisiert, als Energieform v.a. elektrischen Strom zu nutzen. Der Anteil liegt heute schon bei etwa 81 %<sup>29</sup>. Die betriebenen Bahnstrom-Kraftwerke sind dem stationären Anteil der Stromerzeugung in öffentlichen Kraftwerken (1.A.1.a) zugeordnet und werden hier nicht weiter betrachtet.

Für die Energieversorgung spielt neben elektrischem Strom nur noch Dieselmotorkraftstoff eine bedeutende Rolle. In Form von Beimengungen kommt seit 2004 zudem Biodiesel zum Einsatz.

In historischen Fahrzeugen werden darüber hinaus sehr geringe Mengen fester Brennstoffe verwendet.

Der Einsatz weiterer Energieträger speziell in privaten Kleinbahnen, z.B. Pflanzenöle oder Gas, wird bisher nicht erfasst und ist als vernachlässigbar anzusehen.

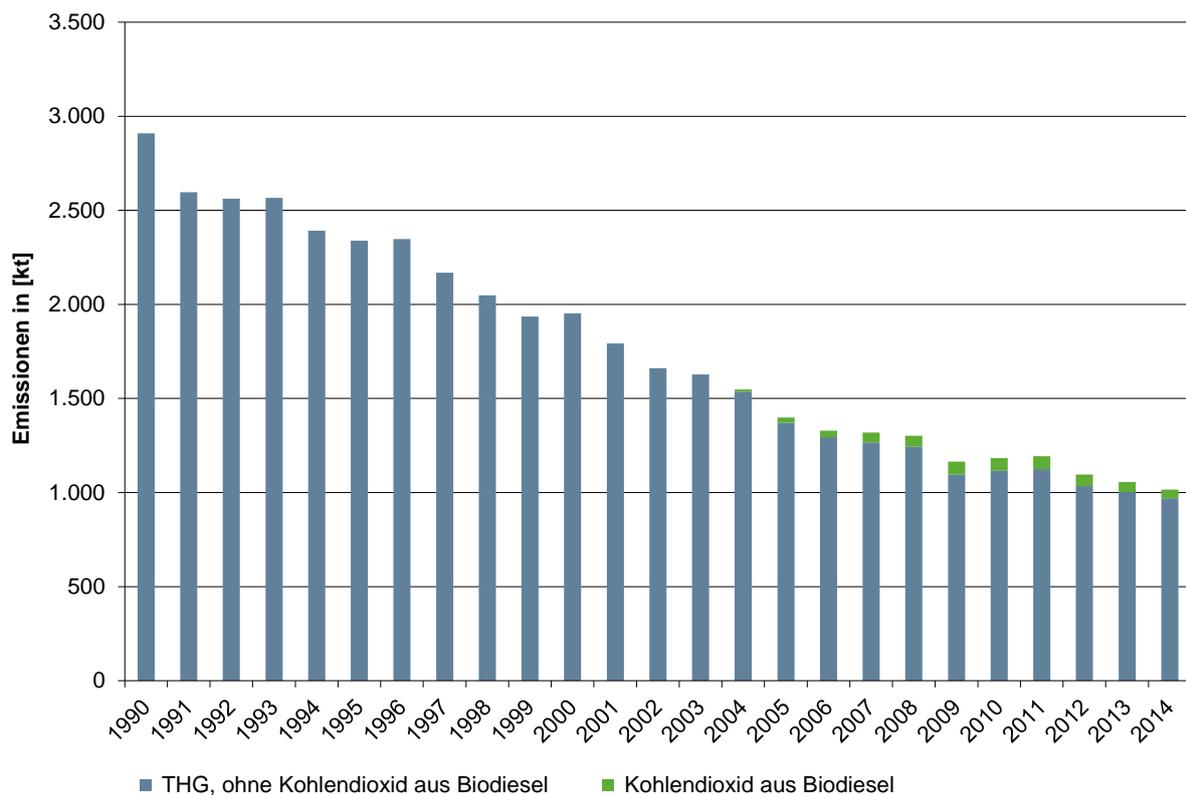


Abbildung 34: Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen des Schienenverkehrs 1990-2014 (ohne THG aus der Erzeugung von Bahnstrom und CO<sub>2</sub> aus der Schmierstoff-Mitverbrennung)

<sup>29</sup> „Verkehr in Zahlen 2013/2014“ (DIW, 2013)

**3.2.10.3.2 Methodische Aspekte (1.A.3.c)**

Die Emissionen werden als Produkt aus den verbrauchten Kraft- und Brennstoffen und landesspezifischen Emissionsfaktoren berechnet. Dieses Vorgehen entspricht der allgemeinen Tier 2-Methode und der prinzipiellen Berechnungsvorschrift nach Gleichung 3.4.2 der IPCC Guidelines 2006 (Band 2, Seite 3.42).

**Aktivitätsraten:**

Die **Aktivitätsraten** (Energieeinsätze) werden grundsätzlich den Energiebilanzzeilen 74 (bis 1994) bzw. 64 (ab 1995) (AGEB, 2015a&b) entnommen. Abweichend davon liegen aus methodischen Gründen den Jahren 2005 bis 2009 Absatzzahlen des Mineralölwirtschaftsverbandes (MWV) zugrunde, die im Jahresbericht Mineralöl-Zahlen (Tabelle „Sektoraler Verbrauch von Dieselmotorkraftstoff“) veröffentlicht werden (MWV, 2015).

Die Berechnung der jährlich eingesetzten Biodiesel-Mengen erfolgt aufgrund mangelhafter statistischer Daten bis auf weiteres anhand der offiziellen Beimengungsraten.

Auswertbare Verbrauchsdaten für Festbrennstoffe sind in den offiziellen Energiebilanzen für Braunkohle lediglich bis 2002, für Steinkohle bis 2000 verfügbar. Hier wird ergänzend auf Ergebnisse einer in 2012 erfolgten Erhebung zurückgegriffen (PROBST & CONSORTEN, 2012).

Tabelle 64: Überblick der verwendeten Statistiken und sonstigen Quellen

<b>Kraft- / Brennstoff</b>	<b>verwendete Quelle(n)</b>
Diesel	1990-2004: AGEB / 2005-2009: MWV / ab 2010: AGEB
Biodiesel	berechnet gemäß offiziellen Beimengungsraten
Steinkohle	1990-1994: AGEB / ab 2005-2010: Erhebung / dazwischen Interpolation / ab 2011 Fortschreibung
Steinkohlekoks	1990-1997: AGEB / ab 2005-2010: Erhebung / dazwischen Interpolation / ab 2011 Fortschreibung
Rohbraunkohle	ab 1990: AGEB
Braunkohlenbriketts	ab 1990: AGEB

**Emissionsfaktoren:**

Hinsichtlich der verwendeten **Emissionsfaktoren** für Kohlendioxid wird hier grundsätzlich auf Kapitel 18.7 verwiesen.

Für Methan und Lachgas kommen landesspezifische Werte gemäß (IFEU, 2015a: Flüssigkraftstoffe) bzw. (UBA, 1989b: Festbrennstoffe) zum Einsatz. Bezüglich der Freisetzung dieser beiden Treibhausgase aus der Schmierstoff-Mitverbrennung wird davon ausgegangen, dass diese bereits in den entsprechenden Emissionsfaktoren der verwendeten Kraftstoffe berücksichtigt und daher als IE (*included elsewhere*) zu berichten ist.

Tabelle 65: für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ])

	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Ursprung
Diesel	1,06 (4,15)	0,56 (28,60)	CH <sub>4</sub> : landesspezifischer Wert gemäß (IFEU, 2015a); N <sub>2</sub> O: Tier1-Default gemäß (EMEP/EEA, 2013) <sup>30</sup>
Biodiesel	1,06 (-)	0,56 (-)	entspricht EF für Diesel
Braunkohlebriketts	NA	NA	keine Braunkohlebriketts eingesetzt
Rohbraunkohle	NA	NA	keine Rohbraunkohle eingesetzt
Steinkohle	15,00 (-)	4,00 (-)	siehe (UBA, 1989b)
Steinkohlekoks	0,50 (-)	4,00 (-)	siehe (UBA, 1989b)
Schmierstoffe	IE	IE	in EF der Kraftstoffe abgebildet

<sup>30</sup> in Klammern: Default-Werte gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.4 - Railways, S. 3.43, Tab. 3.4.1)

### 3.2.10.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.c)

Im Rahmen eines Gutachtens (IFEU & INFRAS, 2009) wurden die Unsicherheiten der in TREMOD einfließenden Aktivitätsdaten, der darin erzeugten Emissionsfaktoren und der im Zentralen System Emissionen (ZSE) berechneten Emissionen ermittelt.

Die Aktivitätsraten-Zeitreihen für Braunkohlenbriketts, Steinkohle und Steinkohlenkoks weisen durch die Umstellung der Statistiken 1994/1995 Inkonsistenzen auf, die nicht beseitigt werden können.

### 3.2.10.3.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.3.c)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Zur Qualitätssicherung der Energiebilanzen liegen dem Umweltbundesamt entsprechende Qualitätsberichte der AGEb vor. Außerdem wurde eine Dokumentation zur Überarbeitung der Energiebilanzen ab dem Jahr 2003 im Internet veröffentlicht<sup>31</sup>.

Tabelle 66: Übersicht relevanter Vergleiche

Vergleich mit...	erfolgt	Erläuterung
alternativen Emissionsinventaren für Deutschland	nein	keine vergleichbaren Datensätze
kategoriespezifischen Tier1-Default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.4 - Railways, S. 3.43, Tab. 3.4.1): CO <sub>2</sub>	ja	Tier1-Default-EF nicht für alle relevanten Brennstoffe
Tier1-Default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4): CO <sub>2</sub>	ja	siehe Tabelle 59
kategoriespezifischen Tier1-Default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.4 - Railways, S. 3.43, Tab. 3.4.1): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	ja	siehe Tabelle 65
Tier1-Default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	ja	Ergebnisse kaum aussagekräftig
spezifischen IEF anderer Staaten	ja	siehe Tabelle 68

<sup>30</sup> Der Default-Wert gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.4 - Railways, S. 3.43, Tab. 3.4.1) in Höhe von 28,6 kg/TJ wird aufgrund der zwischenzeitlichen Überarbeitung der zitierten ursprünglichen Quelle (EMEP/CORINAIR: 'Emission Inventory Guidebook – 2005) als veraltet angesehen und hier nicht verwendet.

<sup>31</sup> AG Energiebilanzen: Erläuterungen zur Revision der Energiebilanzen 2003 – 2009 URL:

[http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=7&clang=0#revision\\_der\\_energiebilanzen\\_2003\\_bis\\_2009\\_05](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=7&clang=0#revision_der_energiebilanzen_2003_bis_2009_05)

(Aufruf vom 04.11.2014)

Tabelle 67: Vergleich der im Inventar verwendeten EF(CO<sub>2</sub>) mit Default-Werten\* (Angaben in [kg/TJ])

	Inventarwert**	Default	Untergrenze	Obergrenze
fossiler Dieselmotorkraftstoff	74.027	74.100	72.600	74.800
Braunkohlebriketts	99.096	97.500	87.300	109.000
Rohbraunkohle	105.136	101.000	90.900	115.000
Steinkohle	93.363	94.600	89.500	99.700
Steinkohlekoks	108.130	107.000	95.700	119.000
Biodiesel	70.800		59.800	84.300

\* gemäß IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 2.4); \*\* verwendet für das Berichtsjahr 2014

Die folgende Tabelle erlaubt einen Vergleich mit spezifischen impliziten Emissionsfaktoren anderer Staaten sowie den sich für die EU(28) ergebenden Werten.

Tabelle 68: länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (Angaben in [kg/TJ])

	fossile Flüssigbrennstoffe			fossile Festbrennstoffe		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Deutschland	74.027	1,06	0,56	93.594	14,97	4,00
Dänemark	74.000	2,17	2,04	NO	NO	NO
Frankreich	74.700	4,30	1,50	NO	NO	NO
Niederlande	74.300	5,00	0,60	NO	NO	NO
Norwegen	73.550	4,18	27,84	NO	NO	NO
Schweiz	73.600	0,80	3,11	NO	NO	NO
Großbritannien	74.149	3,26	0,56	105.970	99,89	0,80
EU (28)	73.882	3,62	4,77	105.851	98,87	0,86

Deutschland: aktueller IEF für das Berichtsjahr 2014; alle anderen Staaten: IEF für 2012 gemäß CRF-Tabellen 2014

(\*Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen noch keine IEF anderer Staaten aus Submission 2015 vor.)

### 3.2.10.3.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.c)

Gegenüber der Submission 2015 erfolgten Rückrechnungen sowohl aufgrund revidierter Aktivitätsdaten als auch Emissionsfaktoren.

Dabei wurden die zuletzt vorläufigen Energieeinsätze gemäß Energiebilanz 2013 durch finale Werte ersetzt.

Tabelle 69: Korrektur der Kraftstoffeinsätze 2013 (Angaben in [TJ])

	Diesel	Biodiesel
Submission 2016	13.771	798
Submission 2015	13.088	758
Differenz absolut	683	40
Differenz relativ	5,22%	5,22%

Quelle: Energiebilanz 2013 (AGEB, 2015a&b) und TREMOD (IFEU, 2015a)

Der bisher einheitlich für alle Quellen verwendete Emissionsfaktor für Kohlendioxid aus der Verbrennung fossilen Diesels wurde durch einen auf aktuellen Erkenntnissen basierenden landesspezifischen Wert ersetzt.

Tabelle 70: Korrektur des EF(CO<sub>2</sub>) für Diesel (Angaben in [kg/TJ])

ab 1990	
Submission 2016	74.027
Submission 2015	74.000
Differenz absolut	27
Differenz relativ	0,04%

Quelle: eigene Berechnungen

Zudem wurden die bisher verwendeten Emissionsfaktoren für Methan aus der Verbrennung von Dieseldienststoffen für die Jahre 2011 bis 2013 anhand realer Einsatzdaten der verschiedenen Diesellok-Typen aktualisiert.

Tabelle 71: Korrektur des EF(CH<sub>4</sub>) für Diesel und Biodiesel 2011-2013 (Angaben in [kg/TJ])

	2011	2012	2013
Submission 2016	1,45	1,46	1,45
Submission 2015	1,47	1,49	1,51
Differenz absolut	-0,01	-0,03	-0,06
Differenz relativ	-0,88%	-2,16%	-3,99%

Quelle: TREMOD (IFEU, 2015a)

Aus den beschriebenen Korrekturen resultieren folgende rekalkulierte Emissionen:

Tabelle 72: revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO<sub>2</sub>] (Gesamt-THG))

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Kohlendioxid - CO<sub>2</sub>*</b>								
Submission 2016	2.901	2.331	1.947	1.367	1.112	1.121	1.031	1.050
Submission 2015	2.900	2.331	1.947	1.367	1.112	1.121	1.031	999
Differenz absolut	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	50,9
Differenz relativ	0,04%	0,04%	0,03%	0,04%	0,03%	0,03%	0,03%	5,10%
<b>Methan - CH<sub>4</sub></b>								
Submission 2016	0,11	0,08	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Submission 2015	0,11	0,08	0,07	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Differenz absolut	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Differenz relativ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,74%	-1,77%	0,82%
<b>Lachgas - N<sub>2</sub>O</b>								
Submission 2016	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Submission 2015	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Differenz absolut	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Differenz relativ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,47%
<b>Gesamt-THG*</b>								
Submission 2016	2.910	2.339	1.954	1.371	1.116	1.125	1.034	1.053
Submission 2015	2.909	2.338	1.953	1.371	1.116	1.124	1.034	1.002
Differenz absolut	1,02	0,82	0,67	0,48	0,39	0,39	0,35	51,03
Differenz relativ	0,04%	0,04%	0,03%	0,04%	0,03%	0,03%	0,03%	5,09%

\* ohne CO<sub>2</sub> aus dem Einsatz von Biodiesel bzw. aus der Schmierstoff-Mitverbrennung

Quelle: eigene Berechnungen

### 3.2.10.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.3.c)

Derzeit sind keine quellspezifischen Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 3.2.10.4 Transport - Schiffsverkehr (1.A.3.d)

## 3.2.10.4.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.3.d)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/-	1.A.3.d Transport: Navigation	all fuels	CO <sub>2</sub>	3.644,5	0,30%	1.865,4	0,21%	-48,8%
-/-	1.A.3.d Transport: Navigation	all fuels	N <sub>2</sub> O	33,7	0,00%	18,9	0,00%	-44,1%
-/-	1.A.3.d Transport: Navigation	all fuels	CH <sub>4</sub>	1,9	0,00%	0,7	0,00%	-63,2%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1*, CS (Tier 2)	NS/IS/M	D*, CS
CH <sub>4</sub>	CS (Tier 2)	NS/IS/M	CS (M)
N <sub>2</sub> O	CS (Tier 2)	NS/IS/M	CS (M)
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS (Tier 2)	NS/IS/M	CS (M)

\* Biodiesel

Die Kategorie *nationaler Schiffsverkehr* ist eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe.

Der Schiffsverkehr ist in nationalen Seeverkehr und Binnenschifffahrt sowie internationale Seeschifffahrt zu unterscheiden. Die Emissionen aus dem internationalen Schiffsverkehr werden in den Emissionsinventaren nachrichtlich ausgewiesen, gehen aber nicht in die Gesamtemissionen ein.

Der Kategorie 1.A.3.d – nationaler Schiffsverkehr sind im ZSE die Binnenschifffahrt sowie der nationale Seeverkehr zwischen dt. Seehäfen zugeordnet.

Die folgende Grafik zeigt die Entwicklung der Treibhausgasemissionen des inländischen Schiffsverkehrs unterteilt in Binnenschifffahrt und nationalen Seeverkehr seit 1990.

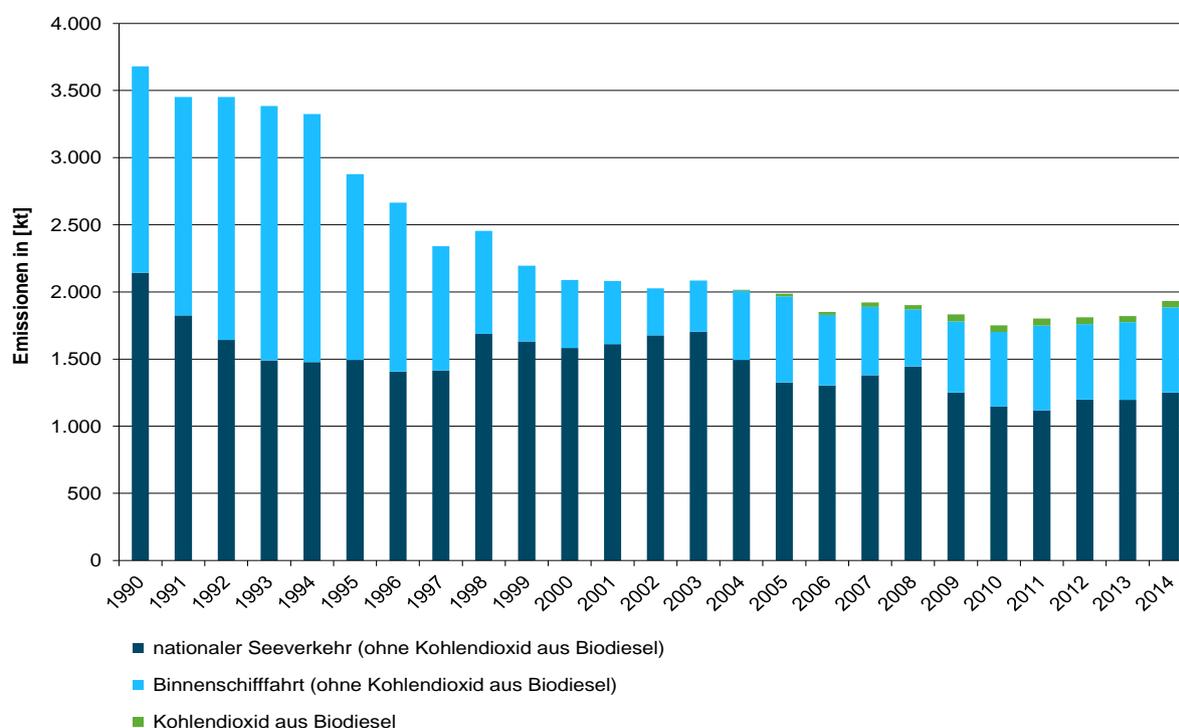


Abbildung 35: Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus Binnenschifffahrt und nationalem Seeverkehr, 1990 – 2014

**3.2.10.4.2 Methodische Aspekte (1.A.3.d)**

Für den *nationalen Seeverkehr* werden sämtliche primäre Eingangsdaten in einem am Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) betriebenen Modell gemäß dem Tier3-Ansatz nach (EMEP/EEA 2013: Teil B: Sectoral guidance chapters, 1.A.3.d Navigation (shipping), S. 19) zusammengeführt (BSH, 2015). Die hier zugrunde gelegten AIS-Bewegungsdaten liegen dabei aktuell erst ab dem Jahr 2010 vor. Für die Zeitspanne 1990 bis 2009 wurden die spezifischen Verbrauchsanteile von nationalem und militärischem Seeverkehr sowie Fischerei dagegen anhand der jährlichen Entwicklung geeigneter Indikatoren (u.a. Verkehrsleitung Nord-Ostsee-Kanal, Entwicklung der Flotten in Militär und Fischerei) abgeleitet.

Für die *Binnenschifffahrt* erfolgt die Zusammenführung primärer Daten in Form eines Tier2-Ansatzes in TREMOD (IFEU, 2015a). In das Modell gehen sowohl Emissionswerte aus Prüfstandmessungen als auch Daten zu spezifischen Energieverbräuchen ein. Letztere wurden mit einem auf der Binnenschifffahrtsstatistik des Statistischen Bundesamtes beruhenden Verkehrsmengengerüst verknüpft und können nach Schiffstypen und –größen sowie Beladungen und Gewässertypen differenziert werden.

Als Quelle der **Aktivitätsdaten** dient, wie für den gesamten Sektor 1.A, grundsätzlich (AGEB, 2015a&b, beruhend auf BAFA und MWV). Den Jahren 2005 bis 2009 liegen dabei von den Angaben der NEB abweichende Absatzzahlen des MWV zugrunde, die im Jahresbericht Mineralöl-Zahlen (hier: Seite 52, Tabelle „Sektoraler Verbrauch von Dieselkraftstoff“) veröffentlicht werden (MWV, 2015).

In den amtlichen Bilanzen der AGEB und des BAFA erfolgt die Aufteilung in *inländisch* (AGEB: „Küsten- und Binnenschifffahrt“ = BAFA: „an die Binnenschifffahrt“) und *international* (AGEB: „Hochseebunkerungen“ = BAFA: „Bunker int. Schifffahrt“) anhand der unterschiedlichen Besteuerung der Schiffskraftstoffe.

Hinsichtlich des Schiffsverkehrs wird in der NEB – wie beschrieben einzig anhand steuerlicher Gesichtspunkte – in Hochseebunkerungen (EBZ 6) sowie Küsten- und Binnenschifffahrt (EBZ 64) unterschieden. In EBZ 6 sind die Kraftstoffmengen enthalten, die von Seeschiffen gebunkert wurden, die ein Zertifikat der *International Maritime Organization* (Internationale Seeschifffahrts-Organisation, IMO) besitzen. Das sind Fracht-, Fischerei- und Militärschiffe, die sowohl national (zwischen zwei dt. Seehäfen) als auch international (von D ins Ausland) verkehren können. In EBZ 64 sind dagegen die Kraftstoffmengen angeführt, die zum einen von Binnenschiffen getankt, zum anderen aber von *nicht* durch die IMO zertifizierte Seeschiffe gebunkert wurden (kleinere, nur national verkehrende Schiffe). Zur Aufteilung in nationalen und internationalen Seeverkehr ist daher eine Aufteilung der in EBZ 6 enthaltenen Kraftstoffmengen auf national und international verkehrende Seeschiffe notwendig. Zusätzlich werden die jeweiligen spezifischen Mengen von Fischerei- und Militärschiffen abgezogen, die unter 1.A.4.c iii bzw. 1.A.5.b gesondert berichtet werden.

Tabelle 73: Quellennachweis für die verwendeten Aktivitätsdaten

Material	Quellstatistik	darin unter	
Dieselmotorkraftstoff & Schweröl	NEB	77 (bis 1994) bzw. 64 (seit 1995)	Küsten- und Binnenschifffahrt
Biodiesel	NEB	Zeile 64 (seit 2004)	

*Nationaler Seeverkehr*

Die Aktivitätsraten des *nationalen Seeverkehrs* setzen sich aus den Angaben zu den in EBZ 64 enthaltenen *nicht* IMO-zertifizierten Seeschiffen sowie zu den in EBZ 6 enthaltenen national verkehrenden IMO-zertifizierten Seeschiffen (jeweils abzüglich Fischerei und Militär) zusammen. Um diese Anteile zu ermitteln, werden im oben genannten BSH-Modell die spezifischen Verbräuche national verkehrender Seeschiffe anhand ihrer AIS-Signale (aktuell ab 2010, siehe oben) berechnet und zu einer jährlichen Gesamtmenge aggregiert. Da vom Modell in IMO-zertifizierte und nicht zertifizierte Seeschiffe unterschieden wird, liegen gleichzeitig die in EBZ 6 und EBZ 64 enthaltenen Teilmengen vor. Durch Abzug der erstgenannten Teilmenge (Kraftstoffeinsatz in national verkehrenden IMO-zertifizierten Seeschiffen) von den in EBZ 6 enthaltenen Bunkermengen ergibt sich die von international verkehrenden Seeschiffen in D gebunkerte Restmenge, die als Grundlage für die Berechnung der gesondert ausgewiesenen Emissionen des internationalen Seeverkehrs (ab D) gemäß Tier1 dient (siehe Kapitel 3.2.2.3).

Die jährlich von *Binnenschiffen* in D getankten Kraftstoffmengen ergeben sich durch Abzug der zweiten Teilmenge (Kraftstoffeinsatz in national verkehrenden nicht-IMO-zertifizierten Seeschiffen) von der in EBZ 64 angeführten Gesamtmenge. - Die wechselnde Befahrbarkeit der Wasserstraßen hat stark schwankende jährliche Verbräuche zur Folge, welche seit Mitte der 1990er Jahre tendenziell sinken, da aufgrund von Preisvorteilen viele Schiffe im Ausland betankt werden. Der abrupte Rückgang 1994/1995 ist einer Umstellung der Energiebilanz geschuldet. - Die Berechnung der jährlich eingesetzten Biodiesel-Mengen erfolgt aufgrund mangelhafter statistischer Daten bis auf weiteres anhand der offiziellen Beimengungsraten.

Im Rahmen des Überprüfungsprozesses des UNFCCC wurde Deutschland wiederholt (zuletzt während des Centralized Reviews 2014) ermutigt, separate Angaben zu den Emissionen des internationalen Schiffsverkehrs auf den großen deutschen Flüssen (Rhein, Donau u.a.) zu erarbeiten. Gegenwärtig lassen die verfügbaren Daten eine Unterscheidung der z.B. auf dem Rhein verkehrenden Schiffe hinsichtlich ihrer Herkunftshäfen und Nationalitäten jedoch nicht zu. Um die angeregte separate Ausweisung zu ermöglichen, wäre eine jährliche, mit enormem Aufwand und Ressourcen verbundene Erhebung notwendig. Dies ist jedoch angesichts des als sehr gering einzuschätzenden Anteils der betreffenden Emissionen nicht gerechtfertigt. Aus diesem Grund wird dieser Vorschlag in Deutschland absehbar nicht aufgegriffen.

Hinsichtlich der verwendeten **Emissionsfaktoren** für Kohlendioxid wird hier grundsätzlich auf Kapitel 18.7 verwiesen. Weiterführende Informationen speziell zu Kohlendioxid aus der Schmierstoffmitverbrennung finden sich zudem in Kapitel 19.1.4.

Bezüglich der Freisetzung dieser beiden Treibhausgase aus der Schmierstoff-Mitverbrennung wird davon ausgegangen, dass diese bereits in den entsprechenden Emissionsfaktoren der verwendeten Kraftstoffe berücksichtigt und daher als IE (*included elsewhere*) zu berichten ist.

Alle weiteren Emissionsfaktoren für den Teilssektor *Nationaler Seeverkehr* wurden (BSH, 2015) entnommen.

Für die *Binnenschifffahrt* kommen CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren aus (IFEU, 2015a) zum Einsatz. Als Berechnungsgrundlage dienen Prüfstandmessungen sowie Daten zur benötigten Antriebsenergie differenziert nach Schiffstypen und -größen, Beladungen und Wasserstraßentypen. Hinsichtlich N<sub>2</sub>O folgen die EF Expertenbetrachtungen im UBA entsprechend der UBA-Studie Luftreinhalte '88 bzw. dem Analogieschluss zu schweren Nutzfahrzeugen ohne Minderungstechnik.

Tabelle 74: für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ])

	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Ursprung
<b>Binnenschifffahrt</b>			
Diesel	1,33 (-)	1,00 (-)	landesspezifischer Wert gemäß (IFEU, 2015a)
Biodiesel	1,33 (-)	1,00 (-)	entspricht dem EF für Diesel
<b>nationaler Seeverkehr</b>			
Diesel	0,97 (7,00)	3,30 (2,00)	gemäß (BSH, 2015)
Biodiesel	0,97 (-)	3,30 (-)	entspricht dem EF für Diesel
Schweröl	1,03 (7,00)	3,41 (2,00)	gemäß (BSH, 2015)
<b>übergreifend</b>			
Schmierstoffe	IE	IE	in EF der einzelnen Kraftstoffe berücksichtigt

\* in Klammern: Default-Werte gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.5 - Water-borne navigation, S. 3.50, Tab. 3.5.3)

### 3.2.10.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.d)

Während hinsichtlich der nationalen Binnenschifffahrt Unsicherheiten aus (IFEU & INFRAS, 2009) entnommen werden konnten, muss bzgl. des nationalen Seeverkehrs derzeit noch auf Richtwerte gemäß IPCC zurückgegriffen werden.

Durch die von 1994 zu 1995 erfolgte Umstellung der Energiebilanzen weisen die Zeitreihen der Aktivitätsdaten für Küsten- und Binnenschifffahrt zudem Inkonsistenzen auf, die aktuell nicht beseitigt werden können.

Die Emissionsfaktor-Zeitreihen weisen dagegen keine Inkonsistenzen auf.

### 3.2.10.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.3.d)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Zur Qualitätssicherung der Energiebilanzen liegen dem Umweltbundesamt entsprechende Qualitätsberichte der AGEB vor. Außerdem wurde eine Dokumentation zur Überarbeitung der Energiebilanzen ab dem Jahr 2003 im Internet veröffentlicht<sup>32</sup>.

Tabelle 75: Übersicht relevanter Datenvergleiche

Vergleich mit...	erfolgt	Erläuterung
alternativen Emissionsinventaren für Deutschland	nein	keine vergleichbaren Datensätze
sektorspezifischen Tier1-Default-EF gemäß (IPCC: Band 2, 2006; Tabelle 3.5.2): CO <sub>2</sub>	ja	siehe Tabelle 76
sektorspezifischen Tier1-Default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 3.5.3): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	(ja)	See: siehe Tabelle 74 Binnen: keine Defaults
Tier1-Default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 2.4): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	ja	Binnen: Ergebnisse kaum aussagekräftig
spezifischen IEF anderer Staaten	ja	siehe Tabelle 77

<sup>32</sup> AG Energiebilanzen: Erläuterungen zur Revision der Energiebilanzen 2003 – 2009 URL:

[http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=7&clang=0#revision\\_der\\_energiebilanzen\\_2003\\_bis\\_2009\\_05](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=7&clang=0#revision_der_energiebilanzen_2003_bis_2009_05)

(Aufruf vom 18.09.2013)

Tabelle 76: Vergleich der im Inventar verwendeten EF(CO<sub>2</sub>) mit default-Werten

	Inventarwert	Default	Untergrenze	Obergrenze
fossiler Dieselmotorkraftstoff	74.027	74.100	72.600	74.800
Schweröl	81.329	77.400	75.500	78.800
Biodiesel	70.800		59.800	84.300

\* gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 2.4)

\*\* verwendet für das Berichtsjahr 2014

Die folgende Tabelle erlaubt einen Vergleich mit spezifischen impliziten Emissionsfaktoren anderer Staaten sowie den sich für die EU(28) ergebenden Werten.

Tabelle 77: länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (Angaben in [kg/TJ])

	fossiler Dieselmotorkraftstoff			Schweröl		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Deutschland	74.027	1,14	2,22	81.329	1,04	3,41
Dänemark	73.892	2,07	4,04	77.972	2,01	4,48
Frankreich	74.786	3,40	1,50	78.000	1,25	1,75
Niederlande	74.300	5,00	0,60	NO	NO	NO
Norwegen	73.550	6,05	1,78	78.818	5,67	1,97
Schweiz	73.617	0,75	2,61	NO	NO	NO
Großbritannien	73.913	1,16	1,86	78.323	1,22	1,94
EU (28)	73.605	3,63	3,48	77.113	5,82	2,13

Deutschland: aktuelle IEF für das Berichtsjahr 2014; alle anderen Staaten: IEF für 2012 gemäß CRF-Tabellen 2014 (Zum Zeitpunkt der Berichterstellung lagen noch keine IEF anderer Staaten aus Submission 2015 vor.)

### 3.2.10.4.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.d)

Gegenüber der Submission 2015 erfolgten Rückrechnungen sowohl aufgrund revidierter Aktivitätsdaten als auch Emissionsfaktoren.

Tabelle 78: Korrektur der Kraftstoffeinsätze 2013 (Angaben in [TJ])

	Diesel	Biodiesel	Schweröl	Gesamt-AR
Submission 2016	16.824	647	6.376	23.846
Submission 2015	16.729	637	6.372	23.738
Differenz absolut	95	9	4	108
Differenz relativ	0,57%	1,47%	0,06%	0,46%

Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf (AGEB, 2015a&amp;b) und (BSH, 2015)

Der bisher einheitlich für alle Quellen verwendete Emissionsfaktor für Kohlendioxid aus der Verbrennung fossilen Diesels wurde durch einen auf aktuellen Erkenntnissen basierenden landesspezifischen Wert ersetzt.

Tabelle 79: Korrektur des EF(CO<sub>2</sub>) für Diesel (Angaben in [kg/TJ])

ab 1990	
Submission 2016	74.027
Submission 2015	74.000
Differenz absolut	27
Differenz relativ	0,04%

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 80: Korrektur des EF(CH<sub>4</sub>) für Diesel und Biodiesel (Angaben in [kg/TJ])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>nationaler Seeverkehr - Dieselkraftstoffe: CH<sub>4</sub></b>								
Submission 2016	0,9807	0,9797	0,9800	0,9802	0,9796	0,9791	0,9795	0,9743
Submission 2015	0,9297	0,9288	0,9290	0,9292	0,9283	0,9282	0,9286	0,9286
Differenz absolut	0,0510	0,0509	0,0509	0,0510	0,0513	0,0509	0,0509	0,0458
Differenz relativ	5,49%	5,48%	5,48%	5,48%	5,53%	5,48%	5,48%	4,93%
<b>nationaler Seeverkehr - Dieselkraftstoffe: N<sub>2</sub>O</b>								
Submission 2016	3,2972	3,2967	3,2968	3,2969	3,2966	3,2963	3,2966	3,2973
Submission 2015	3,2765	3,2761	3,2762	3,2763	3,2758	3,2758	3,2760	3,2760
Differenz absolut	0,0206	0,0206	0,0206	0,0206	0,0208	0,0206	0,0206	0,0214
Differenz relativ	0,63%	0,63%	0,63%	0,63%	0,63%	0,63%	0,63%	0,65%
<b>nationaler Seeverkehr - Schweröl: CH<sub>4</sub></b>								
Submission 2016	1,0263	1,0245	1,0249	1,0252	1,0240	1,0229	1,0238	1,0329
Submission 2015	1,0243	1,0227	1,0231	1,0234	1,0216	1,0214	1,0221	1,0221
Differenz absolut	0,0020	0,0018	0,0018	0,0018	0,0024	0,0015	0,0016	0,0109
Differenz relativ	0,19%	0,17%	0,18%	0,18%	0,24%	0,15%	0,16%	1,06%
<b>nationaler Seeverkehr - Schweröl: N<sub>2</sub>O</b>								
Submission 2016	3,4015	3,4006	3,4008	3,4009	3,4004	3,3999	3,4003	3,4065
Submission 2015	3,3887	3,3883	3,3884	3,3884	3,3879	3,3879	3,3881	3,3881
Differenz absolut	0,0127	0,0123	0,0124	0,0125	0,0124	0,0120	0,0122	0,0184
Differenz relativ	0,38%	0,36%	0,37%	0,37%	0,37%	0,35%	0,36%	0,54%
<b>Binnenschifffahrt - Dieselkraftstoffe: CH<sub>4</sub></b>								
Submission 2016	2,3716	2,1646	1,9269	1,6612	1,4374	1,4111	1,3782	1,3530
Submission 2015	2,3716	2,1646	1,9269	1,6612	1,4374	1,4111	1,3782	1,3527
Differenz absolut	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003
Differenz relativ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,02%
<b>Binnenschifffahrt - Dieselkraftstoffe: N<sub>2</sub>O</b>								
Submission 2016	1,0069	1,0009	1,0009	1,0009	1,0009	1,0009	1,0009	1,0011
Submission 2015	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Differenz absolut	0,0069	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0009	0,0011
Differenz relativ	0,69%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,09%	0,11%

Quelle: TREMOD 5.61 (IFEU, 2015a) und (BSH, 2015)

Aus den beschriebenen Korrekturen resultieren folgende rekalkulierte Emissionen für den Gesamtsektor:

Tabelle 81: revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt] bzw. [kt CO<sub>2</sub>] (Gesamt-THG))

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>Kohlendioxid - CO<sub>2</sub>*</b>								
Submission 2016	3.645	2.851	2.064	1.947	1.685	1.731	1.742	1.756
Submission 2015	3.644	2.851	2.064	1.947	1.685	1.731	1.742	1.748
Differenz absolut	1,0	0,8	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	7,8
Differenz relativ	0,03%	0,03%	0,02%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,44%
<b>Methan - CH<sub>4</sub></b>								
Submission 2016	0,077	0,060	0,033	0,032	0,026	0,027	0,027	0,027
Submission 2015	0,076	0,059	0,033	0,031	0,026	0,027	0,026	0,026
Differenz absolut	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
Differenz relativ	1,10%	1,00%	1,88%	1,67%	1,81%	1,68%	1,84%	2,36%
<b>Lachgas - N<sub>2</sub>O</b>								
Submission 2016	0,113	0,083	0,075	0,066	0,058	0,058	0,060	0,060
Submission 2015	0,113	0,083	0,075	0,066	0,058	0,058	0,060	0,060
Differenz absolut	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Differenz relativ	0,55%	0,42%	0,48%	0,46%	0,46%	0,45%	0,46%	0,94%
<b>Gesamt-THG*</b>								
Submission 2016	3.680	2.878	2.088	1.968	1.703	1.749	1.761	1.774
Submission 2015	3.679	2.877	2.087	1.967	1.703	1.749	1.760	1.766
Differenz absolut	1,18	0,91	0,62	0,60	0,52	0,54	0,54	7,96
Differenz relativ	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,03%	0,45%

\* ohne CO<sub>2</sub> aus dem Einsatz von Biodiesel bzw. aus der Schmierstoff-Mitverbrennung

Quelle: eigene Berechnungen

### 3.2.10.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.A.3.d)

Im Rahmen der Aktualisierung des BSH-Modells erfolgen im Bedarfsfall auch modellpflegerische Arbeiten, die derzeit noch nicht genauer benannt werden können.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.10.5 Transport - Übriger Verkehr (1.A.3.e)

#### 3.2.10.5.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.3.e)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	1.A.3.e Transport: Other Transportation	all fuels	CO <sub>2</sub>	1.083,3	0,09%	1.194,6	0,13%	10,3%
-/-	1.A.3.e Transport: Other Transportation	all fuels	N <sub>2</sub> O	14,5	0,00%	10,4	0,00%	-28,1%
-/-	1.A.3.e Transport: Other Transportation	all fuels	CH <sub>4</sub>	5,3	0,00%	5,8	0,00%	9,8%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	ETS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	ETS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	ETS	CS

Die Kategorie 1.A.3.e - Transport - Übriger Verkehr ist keine Hauptkategorie.

In der Kategorie 1.A.3.e – Übriger Verkehr werden nur die Emissionen von *Gasturbinen in Erdgasverdichterstationen des Transportnetzes* berichtet. Die Emissionen aus Gasturbinen der Förderstationen werden in der Kategorie 1.A.1.c berichtet. Die diffusen Emissionen aus den Verdichtern werden unter 1.B.2.b.iii & iv berichtet. Es gibt noch weitere Gasverdichter in der chemischen Industrie, die gemäß der statistischen Struktur in der Kategorie 1.A.2.g Sonstige berichtet werden.

#### 3.2.10.5.2 Methodische Aspekte (1.A.3.e)

##### Aktivitätsraten:

Die Berechnung des Brennstoffeinsatzes der Erdgasverdichter wurde für den NIR 2012 vollständig überarbeitet. Als neue Datenquelle werden ab dem Jahr 2005 die für den Emissionshandel gemeldeten und von der Emissionshandelsstelle aggregierten Brennstoffeinsätze direkt verwendet. Aus dem Datensatz werden nur diejenigen Erdgasverdichter verwendet, die dem Transportnetz zuzuordnen sind. Die Erdgasverdichter der Förderstationen werden über die Energiestatistik abgefragt und sind damit bereits in der Kategorie 1.A.1.c enthalten. Durch diese Zuordnung wird eine Doppelzählung im Inventar vermieden.

Aufgrund der neuen Datenlage ergab sich der Hinweis, dass die Brennstoffeinsätze der gesamten Zeitreihe zu gering sein mussten. Einzig der in der Energiebilanz 2002 ausgewiesene Wert scheint in einer plausiblen Größenordnung. Obwohl die

Brennstoffeinsätze der Erdgasverdichter von 1995-2002 in einer Statistik gemeldet wurden, kann davon ausgegangen werden, dass es eine Untererfassung gab. Deshalb wurde zur Herstellung der Zeitreihenkonsistenz eine Rückrechnung bis 1990 vorgenommen. Da die Brennstoffeinsätze abhängig vom Primärenergieverbrauch jährlich schwanken, wäre eine einfache Interpolation nicht zielführend gewesen. Deshalb wurde aus dem jeweiligen Verhältnis (Brennstoffeinsatz/Primärenergieverbrauch) ein Mittelwert über die Jahre 2005-2009 berechnet und damit bis 1990 zurückgerechnet. Dadurch ergibt sich eine plausible und konsistente Zeitreihe.

### Emissionsfaktoren:

Die für den Erdgaseinsatz in **Erdgasverdichterstationen** verwendeten Emissionsfaktoren stützen sich schadstoffspezifisch auf Ergebnisse verschiedener Forschungsprojekte und Expertenbetrachtungen des UBA, im Einzelnen:

- Für CO<sub>2</sub> wird auf die Dokumentation im Anhang 2, Kapitel CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren, verwiesen.
- Die CH<sub>4</sub>- und die N<sub>2</sub>O-EF sind dem Bericht FICHTNER et al (2011) entnommen. Die Vorgehensweise der Studien ist in Kapitel 3.2.6.2 beschrieben.

#### 3.2.10.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.3.e)

Erstmals wurden im Berichtsjahr 2004 für die Aktivitätsraten Unsicherheiten bestimmt (Forschungsvorhaben 204 41 132, UBA). Die Methode zur Bestimmung der Unsicherheiten ist im Anhang 2, Kapitel „Unsicherheiten der Aktivitätsraten stationärer Feuerungsanlagen“ des NIR 2007 beschrieben.

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Unsicherheiten der EF für Erdgasverdichterstationen ist im Kapitel 3.2.6.2 beschrieben. Ergebnisse für N<sub>2</sub>O sind dem Kapitel 3.2.6.3.2 zu entnehmen, für CH<sub>4</sub> dem Kapitel 3.2.6.3.3.

#### 3.2.10.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.3.e)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die Ergebnisse des Kapitels 3.2.6.4 gelten entsprechend.

#### 3.2.10.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.3.e)

Tabelle 82: Rückrechnungen in CRF 1.A.3.e

Einheit [Gg]	NIR 2015	NIR 2016	Abweichung absolut			gesamt
			gas	liquid	gesamt	
Jahr	gesamt	gesamt	gas	liquid	gesamt	gesamt
1990	1.087	1.083	-3	0	3,49	0,32%
1991	1.142	1.139	-3	0	3,36	0,29%
1992	1.129	1.127	-3	0	2,63	0,23%
1993	1.195	1.192	-3	0	3,16	0,26%
1994	1.216	1.213	-3	0	3,19	0,26%
1995	1.329	1.324	-6	0	5,73	0,43%
1996	1.488	1.482	-6	0	5,30	0,36%
1997	1.421	1.417	-4	0	3,90	0,27%
1998	1.434	1.430	-4	0	4,49	0,31%
1999	1.430	1.426	-4	0	4,14	0,29%

Einheit [Gg]	NIR 2015	NIR 2016	Abweichung absolut			gesamt	
			gas	liquid	gesamt	gesamt	
Jahr	gesamt	gesamt	gas	liquid	gesamt	gesamt	gesamt
2000	1.418	1.414	-4	0	3,88		0,27%
2001	1.496	1.492	-3	0	3,14		0,21%
2002	1.607	1.603	-3	0	3,10		0,19%
2003	1.511	1.508	-4	0	3,59		0,24%
2004	1.519	1.515	-4	0	3,85		0,25%
2005	1.484	1.481	-3	0	3,05		0,21%
2006	1.675	1.671	-4	0	3,92		0,23%
2007	1.367	1.364	-4	0	3,59		0,26%
2008	1.436	1.433	-3	0	3,39		0,24%
2009	1.353	1.352	-2	0	1,64		0,12%
2010	1.177	1.176	-2	0	1,51		0,13%
2011	1.229	1.227	-1	0	1,46		0,12%
2012	1.238	1.236	-2	0	1,84		0,15%
2013	1.471	1.469	-2	0	2,19		0,15%

Aufgrund der Änderungen der CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für Erdgas kommt es zu Rückrechnungen über die gesamte Zeitreihe.

### 3.2.10.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.3.e)

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.11 Sonstige: Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Land-, Forstwirtschaft und Fischerei (1.A.4 stationär)

#### 3.2.11.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.4 stationär)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.A.4.a Other Sectors: Commercial/Institutional	all fuels	CO <sub>2</sub>	64.147,6	5,26%	32.602,2	3,68%	-49,2%
-/T	1.A.4.a Other Sectors: Commercial/Institutional	all fuels	CH <sub>4</sub>	1.449,3	0,12%	29,7	0,00%	-98,0%
-/-	1.A.4.a Other Sectors: Commercial/Institutional	all fuels	N <sub>2</sub> O	145,5	0,01%	73,3	0,01%	-49,6%
L/T	1.A.4.b Other Sectors: Residential	all fuels	CO <sub>2</sub>	128.635,8	10,56%	84.307,3	9,52%	-34,5%
-/-	1.A.4.b Other Sectors: Residential	all fuels	CH <sub>4</sub>	1.445,0	0,12%	633,4	0,07%	-56,2%
-/-	1.A.4.b Other Sectors: Residential	all fuels	N <sub>2</sub> O	768,9	0,06%	279,0	0,03%	-63,7%
L/T	1.A.4.c Other Sectors: Agriculture/Forestry/Fisheries	all fuels	CO <sub>2</sub>	10.247,4	0,84%	5.301,3	0,60%	-48,3%
-/-	1.A.4.c Other Sectors: Agriculture/Forestry/Fisheries	all fuels	CH <sub>4</sub>	236,4	0,02%	358,8	0,04%	51,8%
-/-	1.A.4.c Other Sectors: Agriculture/Forestry/Fisheries	all fuels	N <sub>2</sub> O	61,6	0,01%	72,4	0,01%	17,4%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1*, CS	NS/M	CS, D*
CH <sub>4</sub>	CS (Tier 2)	NS/M	CS (M)
N <sub>2</sub> O	CS (Tier 2)	NS/M	CS (M)
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	CS (Tier 2)	NS/M	CS (M)

\* Biodiesel und mitverbrannte Schmierstoffe

Die Einordnung in die Hauptkategorien erfolgt für die Kategorien 1.A.4 für stationäre & mobile Quellen gemeinsam (Übersicht siehe Kapitel 3.2.11.1). Demnach ist die Kategorie 1.A.4 *Sonstige* in allen ihren Subkategorien für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe, dem Trend sowie der Tier-2-Analyse. 1.A.4.b ist zudem für CH<sub>4</sub> Kategorie nur nach der Tier-2-Analyse.

Die Kategorie 1.A.4 stationär umfasst Feuerungsanlagen in den Bereichen der Haushalte, des Gewerbes, des Handels und der Dienstleistungen (Kleinverbraucher) und der Landwirtschaft (*Commercial and Institutional, Residential* und *Agriculture*).

In der Subkategorie 1.A.4.ai Gewerbe, Handel und Dienstleistungen werden Anlagen zur Wärmeerzeugung in Kleinfeuerungsanlagen der Kleinverbraucher berichtet.

Unter der Subkategorie 1.A.4.bi werden die Emissionen aus den Feuerungsanlagen der Haushalte verbucht. Die Subkategorie 1.A.4.ci umfasst die Bereiche Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei. Berichtet werden hier die Emissionen aus der Wärmeerzeugung in kleinen und mittleren Feuerungsanlagen.

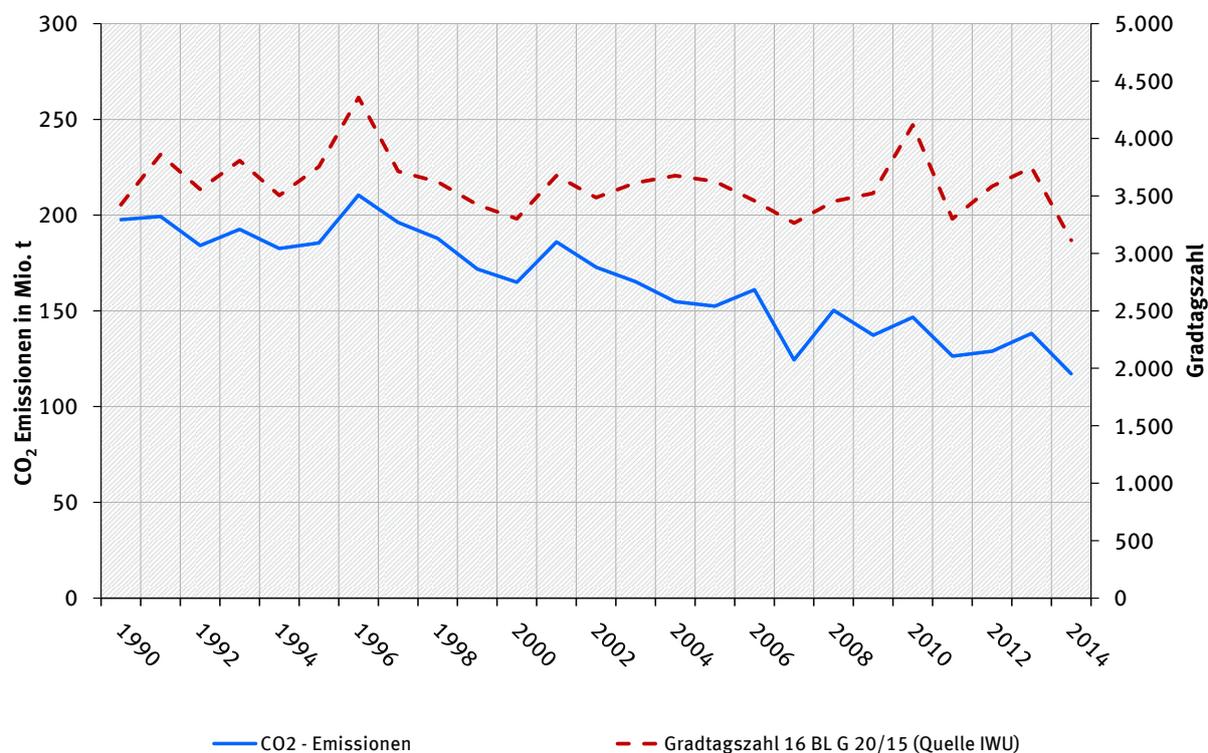


Abbildung 36: Änderung der Gesamtemission von 1.A.4 in Abhängigkeit von der Temperatur

Der Haupttreiber für die CO<sub>2</sub>-Emissionen in 1.A.4 ist der Energieverbrauch für Raumwärme. Daher sind Schwankungen beim Verbrauch gut durch die unterschiedlichen winterlichen Kälteperioden erklärbar. Der Trend zu weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen kommt durch die höheren

Standards bei Neubauten bzw. die erfolgreiche Durchführung von energetischen Gebäudesanierungen bei Bestandsbauten, sowie durch den Wechsel zu CO<sub>2</sub>-ärmeren Brennstoffen. CO<sub>2</sub>-Emissionen von den heutzutage in Neubauten immer öfter eingesetzten elektrischen Wärmepumpen werden hier nicht berichtet sondern unter 1.A.1.a.

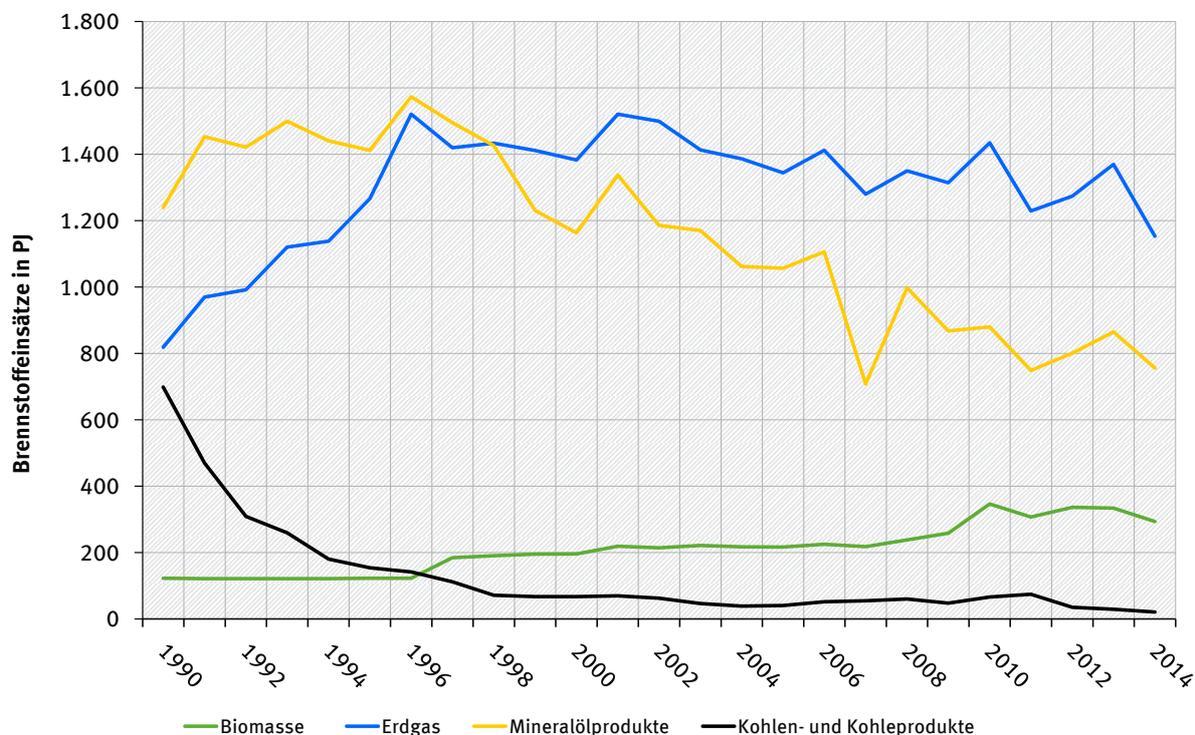


Abbildung 37: Verlauf des Energieverbrauchs von 1.A.4 (stationär) nach 4 Brennstoffkategorien

Der Wechsel von flüssigen Brennstoffen (fast nur Heizöl) und festen Brennstoffen (hauptsächlich Kohle) zu gasförmigen Brennstoffen (Erdgas) und Biomasse sorgt für eine erhebliche CO<sub>2</sub>-Emissionsminderung. In den Jahren 2006 und 2007 gab es das Phänomen eines überhöhten bzw. abgesenkten Energieverbrauchs, welches durch eine Umsatzsteuererhöhung von 16 % auf 19 % ausgelöst wurde. Die sehr hohen Heizölverkäufe im Jahr 2006 sorgten für steigende CO<sub>2</sub>-Emissionen, da die Daten für das Heizöl absatz- und nicht verbrauchsorientiert ermittelt werden. „Der starke Rückgang des Energieeinsatzes 2011, vor allem auf dem Wärmemarkt, begründet sich aus den vergleichsweise milden Witterungsverhältnissen in der winterlichen Heizperiode und den erheblich gestiegenen Energiepreisen und –kosten. Demgegenüber führte die vergleichsweise kühle Witterung sowohl in der ersten Jahreshälfte 2012 als auch 2013 zu einer Steigerung des Erdgas- und Heizölverbrauchs in der Wärmeversorgung. Im Jahr 2014 wiederum gab es einen deutlichen Rückgang des Energieverbrauchs, besonders beim leichten Heizöl und Erdgas, bedingt durch die sehr milde Witterung in den Wintermonaten (Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB), Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2014).

Der Bestand an Feuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Kleinverbraucher) stellt hinsichtlich Bauart und Größe der Anlagen eine sehr inhomogene Gruppe dar. Die Bandbreite der installierten Feuerungen reicht, um nur einige Beispiele zu nennen, von Einzelraumfeuerstätten für feste Brennstoffe mit ca. 4 kW Nennwärmeleistung (z.B. Kaminöfen, Herde), über Öl- und Gasfeuerungen zur Raumwärme-

und Warmwassererzeugung (z.B. Zentralheizungskessel) sowie hand- und automatisch beschickte Holzfeuerungen im gewerblichen Bereich bis hin zu genehmigungsbedürftigen Feuerungsanlagen bei Kleinverbrauchern mit einer Nennwärmeleistung von mehreren Megawatt. Insgesamt waren im Jahr 2005 mehr als 36,5 Mio. Feuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Kleinverbraucher) in Deutschland installiert (STRUSCHKA, 2008: S. 12) Daran hatten Gasfeuerungsanlagen mit ca. 14,5 Mio. Anlagen den größten Anteil, gefolgt von den Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe (14,4 Mio. Anlagen) und Ölfeuerungsanlagen (ca. 7,9 Mio.). Die weitaus überwiegende Anzahl der Anlagen (etwa 95 %) ist im Bereich der privaten Haushalte installiert (STRUSCHKA, 2008).

Von den in Haushalten und Gewerbe eingesetzten Holzbrennstoffen werden große Mengen privat gehandelt oder stammen aus eigenem Waldbesitz. Aus diesem Grunde werden in der Energiebilanz die Daten des Statistischen Bundesamtes durch eine Erhebung des Verbrauchs von Brennholz in privaten Haushalten ergänzt. Für den Brennholzeinsatz in den Kategorien Gewerbe, Handel, Dienstleistungen gibt es keine amtlichen Daten, so dass hier auf Ergebnisse einer Studie aus dem Jahr 2000 zurückgegriffen wird (UBA 2000a). Die dort ermittelten Verbräuche werden seither konstant fortgeschrieben. Um die Aktivitätsraten von den Holzbrennstoffen in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen genauer zu bestimmen, wurde ein Forschungsvorhaben „Methodenentwicklung zur Ermittlung des Verbrauchs biogener Festbrennstoffe im GHD-Sektor“ durchgeführt. Da die Ergebnisse exemplarisch für einzelne Branchen ermittelt wurden, liegt weiterhin keine Vollabdeckung des Brennholzeinsatzes im Sektor vor, mit der eine Aktualisierung vorgenommen werden könnte. Ziel des Vorhabens war zunächst eine Methodenentwicklung, auf deren Basis die prinzipielle Vorgehensweise entwickelt wurde. Der Plan mit den gemachten Erfahrungen ein Folgevorhaben zu starten, das die Ergebnisse auch für die anderen Branchen vervollständigt, konnte mangels geeigneter Forschungsnehmer nicht umgesetzt werden. Die in der Energiebilanz angegebene Brennstoffkategorie „Müll und sonstige Biomasse“, wird in der Satellitenbilanz weiter spezifiziert. Daraus geht hervor, dass im Sektor Haushalte ausschließlich Brennholz eingesetzt wird, während im Sektor „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ lediglich Klärgas und Biogas zum Einsatz kommt.

### 3.2.11.2 Methodische Aspekte (1.A.4 stationär)

#### Aktivitätsraten

Die Aktivitätsraten der Kategorie 1.A.4 bauen auf den durch die AG Energiebilanzen (AGEB) erstellten Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland auf. Für die Jahre vor 1995 werden dabei für alte und neue Bundesländer getrennte Energiebilanzen verwendet. Für die Jahre ab 1995 sind die Zeilen 66 (Haushalte) und 67 (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher) maßgebend.

Da die Angaben der Energiebilanzzeile 67 – Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher – auch die Verbräuche des Militärs beinhalten, müssen diese von den jeweiligen Positionen der Zeile 67 abgezogen werden (siehe Kapitel 3.2.13.2 zu den stationären wie mobilen Quellen des militärischen Bereichs).

Zu den Energieeinsätzen in *Feuerungsanlagen der Landwirtschaft (1.A.4.ci)*, die ebenfalls in Zeile 67 der Energiebilanz enthalten sind, kann auf Angaben einer vorliegenden Studie (UBA, 2000a) für das Jahr 1995 zurückgegriffen werden. Hier wurde eine Schätzung des Anteils der

Feuerungsanlagen der Landwirtschaft am gesamten Energieeinsatz in Zeile 67 vorgenommen. Dieser Anteil wurde seither als konstant angenommen.

### **Emissionsfaktoren**

Eine Beschreibung sowie eine Liste der verwendeten CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren ist im Anhang, Kapitel 18.7 verfügbar.

Datengrundlage für die stationären Feuerungsanlagen verwendeten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> ist der Forschungsbericht „Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung“ (STRUSCHKA 2008). Im Rahmen dieses Vorhabens wurden gerätebezogene und kategoriespezifische Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher für alle wichtigen Abgaskomponenten mit hohem Detaillierungsgrad für das Bezugsjahr 2005 berechnet.

Die Ermittlung der Emissionsfaktoren beruht auf einem kategoriespezifischen „bottom-up“-Ansatz, bei dem zusätzlich zu den (Sub-)Kategorien und Brennstoffen detailliert nach Anlagentechnologien unterschieden wird. Hierbei werden durch Aggregation von mehreren anlagenspezifischen Emissionsfaktoren mittlere Emissionsfaktoren für den gesamten Anlagenbestand innerhalb der betrachteten Kategorien generiert. Durch die anlagen-/gruppenspezifischen Emissionsfaktoren werden alle wesentlichen feuerungstechnischen Besonderheiten der für die einzelnen Gruppen typischen Anlagen erfasst. Das Verfahren entspricht der Tier 2/3-Methode der 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC 2006).

Die Strukturierung der Emissionsfaktoren richtete sich nach den in Deutschland am Endenergieverbrauch relevant beteiligten Brennstoffen:

- Heizöl EL,
- Erdgas,
- Braunkohlen (Briketts aus dem Rheinischen und Lausitzer Revier, Importbriketts),
- Steinkohlen (Koks, Briketts, Anthrazit) und
- Holz (naturbelassenes Holz, Holzpellets, Resthölzer).

Außerdem wurden die Emissionsfaktoren nach der Gerätebauart, der Altersstufe, dem Leistungsbereich und der typischen Betriebsweise der Feuerungsanlagen differenziert erhoben. Das Emissionsverhalten der Feuerungsanlagen wurde auf der Basis einer umfangreichen Literaturlauswertung dokumentiert, wobei zwischen Ergebnissen aus Prüfstandsuntersuchungen und Feldmessungen unterschieden wurde. Durch die Anwendung von Übertragungsfaktoren wurde berücksichtigt, dass die Emissionen auf dem Prüfstand in der Regel unter denen von installierten Anlagen liegen.

Die Beschreibung der Anlagenstruktur der installierten Feuerungsanlagen erfolgte unter Verwendung der Statistiken des Schornsteinfegerhandwerks und durch eigene Erhebungen des Forschungsnehmers in ausgewählten Kehrbezirken in Baden-Württemberg, Nordrhein-Westfalen und Sachsen. Mit Hilfe dieser Daten wurde der Energieeinsatz in einzelnen Anlagentypen geschätzt, so dass nach Energieeinsätzen gewichtete sektorale Emissionsfaktoren ermittelt werden konnten. Tabelle 83 zeigt die sektoralen Emissionsfaktoren.

Tabelle 83: Sektorale Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher für das Bezugsjahr 2005

1.A.4.bi - Haushalte	CH <sub>4</sub> [kg/TJ]	N <sub>2</sub> O
Steinkohlen	129	11
Briketts	368	9,7
Steinkohlenkoks	13	0,82
Braunkohlenbriketts	55	5,2
Naturbelassenes Holz	100	1,5
Heizöl EL	0,046	0,55
Erdgas	2,3	0,25
1.A.4.ai & ci- Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Kleinverbraucher)		
Steinkohlen	100	10
Briketts	-	-
Steinkohlenkoks	-	-
Braunkohlenbriketts	-	-
Holzbrennstoffe	56	1,1
Heizöl EL	0,026	0,56
Erdgas	0,16	0,33

Die Emissionsfaktoren des Jahres 2005 wurden für folgende Jahre konstant fortgeschrieben.

### 3.2.11.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.4 stationär)

Anhang 2, Kapitel 13.6 im NIR 2007 beschreibt die Methode, mit der die Unsicherheiten für die **Aktivitätsraten** ermittelt wurden.

Die Berechnung von abgesicherten Emissionsfaktoren im Anlagenbereich kann nur durch ein aufwendiges Verfahren erfolgen. Neben Emissionswerten müssen zusätzliche Informationen z.B. zur Berücksichtigung der Betriebsweise (Lastfälle), der Anlagenstruktur und des gerätebezogenen Endenergieverbrauchs ermittelt werden. Bei der Datenermittlung im Rahmen des oben genannten FE-Vorhabens wurde dieser Ansatz weitgehend verfolgt, gleichwohl musste allein aufgrund des großen Anlagenbestandes sowie der Vielzahl verschiedener Feuerungsbauarten und der zum Einsatz kommenden Brennstoffe von einer relativ großen „Grundunsicherheit“ der Daten ausgegangen werden.

Bei einigen Anlagenarten lagen bei Einsatz bestimmter Brennstoffe zudem nur unzureichende oder überhaupt keine Daten zum Emissionsverhalten vor. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass bei den Feuerungsanlagen der Haushalte und in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (Kleinverbraucher) keine gesetzliche Messpflicht für Treibhausgasemissionen besteht. Für die Ermittlung der Emissionsfaktoren konnte daher im Regelfall (ausgenommen CO<sub>2</sub>, da weitgehend unabhängig von der Feuerungsbauart) nur auf wenige Ergebnisse von Einzelmessungen an ausgewählten Anlagen zurückgegriffen werden. Die Datenlücken wurden durch Übertragung von Emissionsfaktoren vergleichbarer Feuerungsanlagen geschlossen.

Die Ermittlung der für die Emissionsfaktoren für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der stationären Feuerung angegebenen Unsicherheiten erfolgte durch eine Expertenschätzung gemäß IPCC-GPG (2000: Kapitel 6). Sie basiert auf den für das o.g. Forschungsvorhaben erhobenen Emissionsdaten und wurde im Rahmen des o.g. Forschungsprojekts von Experten des Instituts für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen der Universität Stuttgart durchgeführt. Die Schätzung der Unsicherheiten erfolgte separat für alle Feuerungstechniken und Brennstoffe. In die Schätzung gingen für N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> folgende Fehlerquellen ein:

- der Messfehler bei der Bestimmung der Schadstoff-Konzentration;
- die Unsicherheit bei der Schätzung von Übertragungsfaktoren (systematische Unterschiede zwischen Prüfstands- und Feldmessungen);
- die Unsicherheit aufgrund einer zu geringen Anzahl an Emissionsdaten;
- die Unsicherheit aufgrund von unterschiedlichen eingesetzten Messverfahren;
- die Unsicherheiten bei den angesetzten Anlagendaten (Bestands-, Alters- und Leistungsstruktur und eingesetzte Brennstoffmengen)

Bei Gasfeuerungsanlagen tritt ein weiterer Fehler bei der Ermittlung der Start-/ Stopp-Emissionen auf. Hier wird während der An- und Abfahrvorgänge CH<sub>4</sub> aus dem Erdgas teilweise unverbrannt emittiert. Diese dem eigentlichen Verbrennungsprozess vor- und nachgelagerten Emissionen, vgl. hierzu Kapitel 3.3.2.2 (Erdgas), tragen erheblich dazu bei, dass die CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren bei Gasfeuerungsanlagen mit hohen Unsicherheiten behaftet sind.

Für die Verteilung der Unsicherheiten wird bei den N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren eine Log-Normalverteilung angenommen. Es ist davon auszugehen, dass die Abweichungen hin zu größeren Werten deutlich ausgeprägter sind als hin zu kleineren Werten. Die Emissionsfaktoren für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O wurden im Rahmen des o.g. Forschungsvorhabens für das Jahr 2005 erhoben und seither als konstant angenommen.

#### **3.2.11.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.4 stationär)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Informationen zur Qualitätssicherung für die **Aktivitätsraten** sind in Kapitel 3.2.6.4 beschrieben. Weitere Informationen zur Qualitätssicherung siehe Kapitel 18.4.1.

Zur Qualitätssicherung der Angaben zu *stationären Feuerungen* wurden im Rahmen des oben genannten FE-Vorhabens alle verwendeten Eingangsdaten aus der Literatur und aus eigenen Erhebungen des Forschungsnehmers auf ihre Validität hin überprüft. Zur Beschreibung des Emissionsverhaltens der Feuerungsanlagen wurden Emissionswerte grundsätzlich nur dann in die weitere Berechnung übernommen, wenn in der Literaturstelle vollständige und zweifelsfreie Angaben zum eingesetzten Brennstoff, zur Bauart der Feuerung und deren Betriebsweise während der Messungen vorhanden waren. Alle für die Inventarerstellung wesentlichen Materialien hat der Auftragnehmer dokumentiert.

Im Rahmen einer von Fachleuten des Umweltbundesamtes durchgeführten Qualitätsprüfung wurden zudem die nach Tier 2 ermittelten länderspezifischen Emissionsfaktoren für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O mit den IPCC Tier 2 Default-Faktoren der IPCC Guidelines for emissions inventories (IPCC 2006) verglichen. Dabei ergab sich bei den meisten Brennstoffen eine gute Übereinstimmung der Werte (Abweichungen innerhalb einer Größenordnung), wobei tendenziell die Default-Werte für CH<sub>4</sub> höher liegen als die länderspezifischen Werte.

Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden für die Sektoren Haushalte sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen für das Jahr 2005 neben der Ermittlung der Emissionen nach Tier 2/3 eine Berechnung mit den Tier-1-Default-Werten durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 84 dokumentiert.

Tabelle 84: Emissionsberechnung mit landesspezifischen Tier 2/3 Emissionsfaktoren und mit den Tier 1 Default-Emissionsfaktoren nach (IPCC 2006)

Emissions-faktoren	CH <sub>4</sub> [t]				N <sub>2</sub> O [t]			
	Haushalte		Kleinverbraucher		Haushalte		Kleinverbraucher	
	Tier 1 Default	Struschka 2008	Tier 1 Default	Struschka 2008	Tier 1 Default	Struschka 2008	Tier 1 Default	Struschka 2008
Heizöl EL	6.590	30	2.489	6,5	395	357	149	139
Brenngase	5.290	2.459	2.496	77	106	266	50	163
Kohlebrennstoffe	13.452	4.568	6	58	67	340	1	5,6
Holz	60.194	20.001	5.749	1.081	803	284	77	6,2
<b>Summe</b>	<b>85.526</b>	<b>27.058</b>	<b>10.740</b>	<b>1.223</b>	<b>1.371</b>	<b>1.247</b>	<b>279</b>	<b>313,8</b>

In den Emissionen des Kleinverbrauchs sind die Emissionen der Bereiche Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei enthalten.

Die Ergebnisse der Emissionsberechnung stimmen für N<sub>2</sub>O bei beiden Methoden recht gut überein. Größere Abweichungen treten bei der Ermittlung der CH<sub>4</sub>-Emissionen auf. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Methanemissionen von Feuerungsanlagen sehr stark von der Verbrennungstechnik abhängen. Unterschiede in der Anlagenstruktur in einzelnen Ländern machen sich deshalb sehr viel stärker in den ermittelten Gesamtemissionen bemerkbar als bei Lachgas. Vor allem der Default-Emissionsfaktor für Heizöl liegt sehr hoch. Der in IPCC 2006 angegebene Technikspezifische Emissionsfaktor für Heizkessel stimmt mit dem länderspezifischen Faktor für Deutschland deutlich besser überein.

Datenquellen, die einen Vergleich mit den hier für die mobilen Quellen der Haushalte, den landwirtschaftlichen Verkehr und den Fischfang berichteten Daten erlauben würden, sind nicht bekannt. Darüber hinaus wurde ein Vergleich der landesspezifischen IEF mit denen anderer Staaten durchgeführt, der aufgrund der heterogenen Zusammensetzung der Unterkategorien gerade für Methan und Lachgas allerdings nur begrenzt aussagefähig ist.

### 3.2.11.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.4 stationär)

Tabelle 85: Rückrechnungen in CRF 1.A.4 stationär

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut				Abweichung relativ gesamt
			gas	liquid	solid	gesamt	
2000	165.197	164.923	0	-274	0	-274,45	-0,17%
2001	186.265	185.982	0	-284	0	-283,81	-0,15%
2002	173.082	172.790	0	-292	0	-291,71	-0,17%
2003	165.515	165.212	0	-302	0	-302,49	-0,18%
2004	155.171	154.860	0	-312	0	-311,80	-0,20%
2005	152.749	152.431	0	-320	1	-318,41	-0,21%
2006	161.316	160.990	0	-327	1	-326,10	-0,20%
2007	124.698	124.357	0	-341	1	-340,23	-0,27%
2008	150.627	150.287	0	-341	0	-340,27	-0,23%
2009	137.607	137.260	0	-348	0	-347,26	-0,25%
2010	147.012	146.658	0	-355	0	-354,36	-0,24%
2011	126.689	126.333	0	-356	0	-355,59	-0,28%
2012	129.233	128.877	0	-356	0	-356,11	-0,28%
2013	144.260	138.203	-6.279	951	-729	-6.057,38	-4,20%

Die Änderung der Flüssiggaseinsätze bei den mobilen Quellen in 1.A.4 hat Auswirkungen auf den Flüssiggaseinsatz der stationären Quellen in 1.A.4, weil auf die Energiebilanz, Zeile 67 abgeglichen wird. Von daher kommt es zu Rückrechnungen über die gesamte Zeitreihe ab dem Jahr 2000. Kleinere Rückrechnungen ergeben sich für die festen Brennstoffe, aufgrund der Änderung der Heizwerte durch die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen. Im Jahr 2013

kommt es zu größeren Rückrechnungen, da die in der Submission 2015 eingetragenen vorläufigen Werte durch die endgültige Energiebilanz ersetzt wurden.

### 3.2.11.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.4 stationär)

Für die Berichterstattung zu den *stationären Feuerungen* wird derzeit geprüft, ob der Anteil des Holzeinsatzes anhand anderer wissenschaftlicher Studien bestimmt werden kann.

Es ist des Weiteren vorgesehen den Anteil des Energieeinsatzes in *Feuerungsanlagen der Landwirtschaft und Gärtnereien (1.A.4.ci)* am Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, der in der Energiebilanzzeile 67 abgebildet ist, neu zu ermitteln und gegebenenfalls anzupassen.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 3.2.12 Sonstige: Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungen, Land-, Forstwirtschaft und Fischerei (1.A.4 mobil)

### 3.2.12.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.4 mobil)

Die Einordnung in die Hauptkategorien erfolgt für die Kategorien 1.A.4 für stationäre & mobile Quellen gemeinsam. Demnach ist die Kategorie 1.A.4 *Sonstige* in allen ihren Subkategorien für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend.

Die Kategorie 1.A.4 – mobile umfasst verschiedene mobile Quellen in den Unterkategorien 1.A.4.a ii - Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, 1.A.4.b ii - Haushalte, 1.A.4.c ii - Land- und Forstwirtschaft und sowie 1.A.4.c iii - Fischerei.

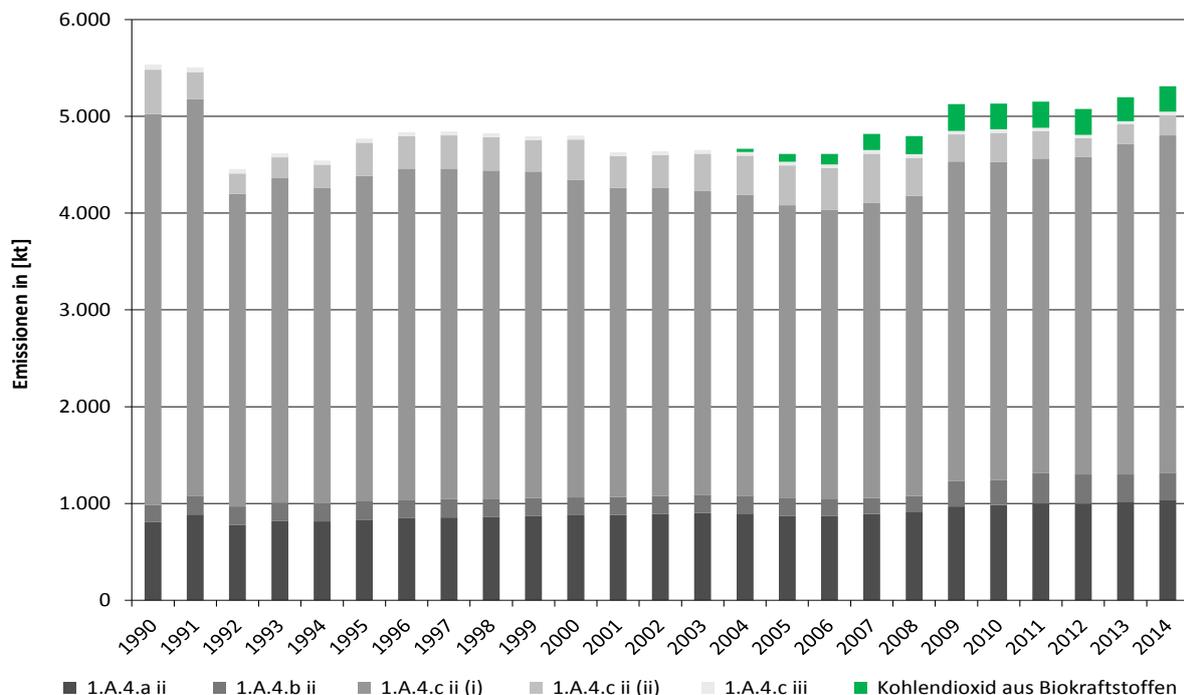


Abbildung 38: Entwicklung der THG-Emissionen der einzelnen Teilsektoren seit 1990

### 3.2.12.2 Methodische Aspekte (1.A.4 mobil)

Die **Aktivitätsraten** der Quellgruppe 1.A.4 werden, wie für die stationäre Feuerung beschrieben, (AGEB, 2015a&b) entnommen.

Die dort in *EBZ 66 – Haushalte* erfassten Ottokraftstoffe werden dabei vollständig den *mobilen Quellen (1.A.4.b ii)* zugeordnet.

*EBZ 67 – Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher* beinhaltet auch die Kraftstoffverbräuche des Militärs, die in (BAFA, 2015) auch separat statistisch erfasst werden und somit hier abgezogen werden können (siehe Kapitel 3.2.14 zu mobilen Quellen des militärischen Bereichs). Die weitere Aufteilung auf *land- (1.A.4.c ii (i))*, *forst- (1.A.4.c ii (ii))* und *bauwirtschaftlichen Verkehr (1.A.2.g vii)* sowie mobile Quellen in *1.A.4.a ii* (vornehmlich Gabelstapler) erfolgt anhand eines in (IFEU, 2015b) erzeugten jährlichen Verteilschlüssels.

Die Aktivitätsdaten der unter *1.A.4.c (iii) – Fischerei* erfassten Küsten- und Hochseefischerei werden im unter 1.A.3.d vorgestellten BSH-Modell (BSH, 2015) u.a. anhand von AIS-Daten (Automatisches Identifikationssystem der IMO) und Angaben zur Flottenentwicklung und -zusammensetzung gemäß (EC, 2015) ermittelt.

Die Menge mitverbrannter Schmierstoffe wird grundsätzlich gemäß (VSI, 2014) aus den jährlichen Kraftstoffmengen abgeleitet. Für Zweitakt-Ottomotoren (Haushalte, Fortwirtschaft) ergibt sich diese dagegen als Aufschlag von zwei Prozent zum hier getankten Benzin (siehe auch Kapitel 19.1.4).

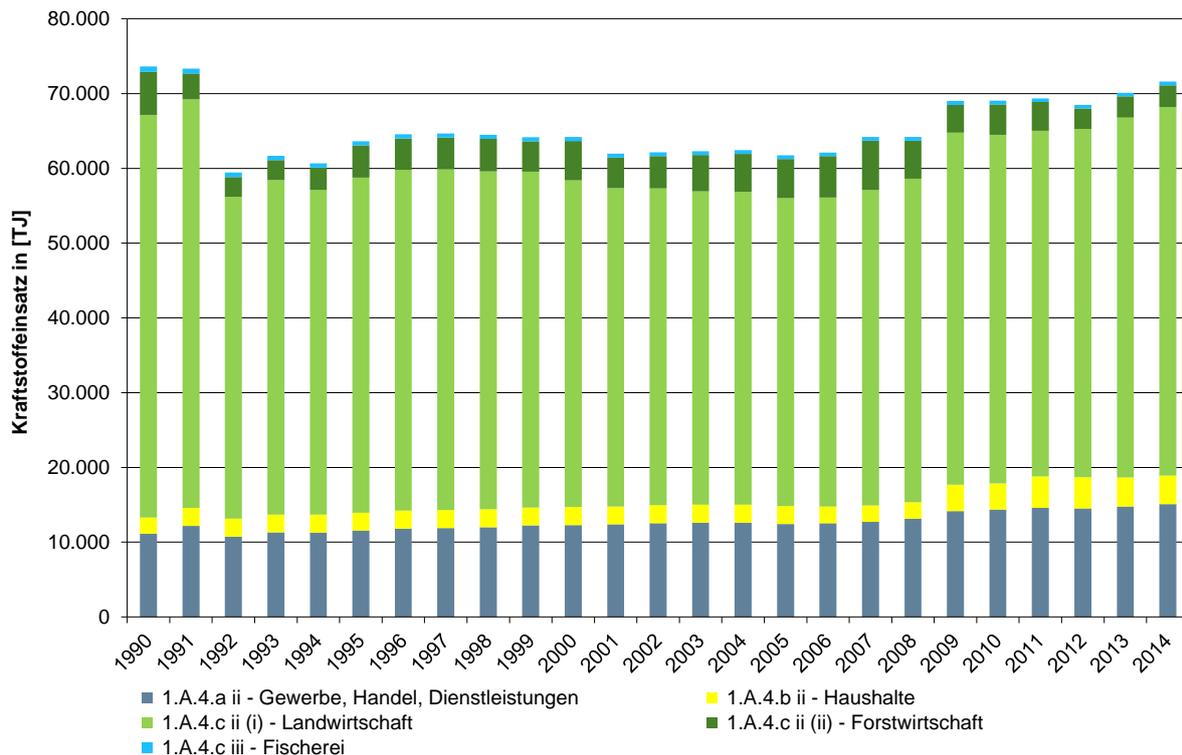


Abbildung 39: Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs innerhalb der einzelnen Teilsektoren seit 1990

Hinsichtlich der verwendeten **Emissionsfaktoren** für Kohlendioxid wird hier grundsätzlich auf Kapitel 18.7 verwiesen. Weiterführende Informationen speziell zu Kohlendioxid aus der Schmierstoff-Mitverbrennung finden sich zudem in Kapitel 19.1.4.

Für Methan und Lachgas kommen landesspezifische Werte gemäß (IFEU, 2015b) und (BSH, 2015) zum Einsatz. Bezüglich der Freisetzung dieser beiden Treibhausgase aus der Schmierstoff-Mitverbrennung wird davon ausgegangen, dass diese bereits in den entsprechenden Emissionsfaktoren der verwendeten Kraftstoffe berücksichtigt und daher als IE (*included elsewhere*) zu berichten ist.

Tabelle 86: für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ])

	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Ursprung
<b>1.A.4.a ii – mobile Quellen in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen</b>			
Diesel	1,38 (4,15)	3,00 (28,60)	gemäß TREMOD MM (IFEU, 2015b)
Biodiesel	1,38 (-)	3,00 (-)	entspricht EF für Diesel
Flüssiggas	5,20 (-)	0,69 (-)	gemäß (IFEU, 2015b)
<b>1.A.4.b ii – mobile Quellen der Haushalte</b>			
Ottokraftstoff (Zweitakt)	234 (180)	0,43 (0,40)	gemäß (IFEU, 2015b)
Bioethanol (Zweitakt)	234 (-)	0,43 (-)	entspricht EF für Ottokraftstoff (Zweitakt)
Ottokraftstoff (Viertakt)	26,97 (120)	1,32 (2)	gemäß (IFEU, 2015b)
Bioethanol (Viertakt)	26,97 (-)	1,32 (-)	entspricht EF für Ottokraftstoff (Viertakt)
<b>1.A.4.c ii (i) – mobile Quellen der Landwirtschaft</b>			
Diesel	2,80 (4,15)	2,86 (28,6)	gemäß (IFEU, 2015b)
Biodiesel	2,80 (-)	2,86 (-)	entspricht EF für Diesel
<b>1.A.4.c ii (ii) – mobile Quellen der Forstwirtschaft</b>			
Diesel	0,85 (4,15)	3,10 (28,6)	gemäß (IFEU, 2015b)
Biodiesel	0,85 ()	3,10 ()	entspricht EF für Diesel
Ottokraftstoff (Zweitakt)	204 (170)	0,46 (0,40)	gemäß (IFEU, 2015b)
Bioethanol (Zweitakt)	204 ()	0,46 ()	entspricht EF für Ottokraftstoff (Zweitakt)
<b>1.A.4.c iii – Fischerei (hier: Hochseefischfang)</b>			
Diesel	0,96 (-)	3,29 (-)	gemäß (BSH, 2015)
Biodiesel	0,96 (-)	3,29 (-)	entspricht EF für Diesel
Schweröl	0,73 (-)	3,42 (-)	gemäß (BSH, 2015)
<b>übergreifend</b>			
Schmierstoffe	IE	IE	in EF der Kraftstoffe berücksichtigt

\* in Klammern: Default-Werte gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.3 - Off-road transportation, S. 3.36, Tab. 3.3.1)

### 3.2.12.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.4 mobil)

Die von der mathematischen Unsicherheit des in TREMOD MM entwickelten Verteilschlüssels (siehe oben: Methodische Aspekte) dominierten Unsicherheitenangaben der spezifischen Energieeinsätze basieren auf Expertenschätzungen. Gleiches gilt für die verwendeten Kohlendioxid-Emissionsfaktoren. Während bzgl. der Emissionsfaktoren für Methan dagegen Ergebnisse aus (IFEU & INFRAS, 2009) zugrunde gelegt werden, muss bzgl. Lachgas bis auf weiteres auf Richtwerte gemäß IPCC zurückgegriffen werden.

### 3.2.12.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.4 mobil)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Tabelle 87: Übersicht relevanter Datenvergleiche

Vergleich mit...	erfolgt	Erläuterung
alternativen Emissionsinventaren für Deutschland	nein	keine vergleichbaren Datensätze
sektorspezifischen Tier1-Default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 3.3.1 bzw. 3.5.2 (1.A.4.c iii)): CO <sub>2</sub>	ja	siehe Tabelle 88
sektorspezifischen Tier1-Default-EF gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 3.3.1 bzw. 3.5.3 (1.A.4.c iii)): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	ja	siehe Tabelle 86
spezifischen IEF anderer Staaten	ja	siehe Tabelle 89

Tabelle 88: Vergleich der im Inventar verwendeten EF(CO<sub>2</sub>) mit default-Werten\*

	Inventarwerte**	Default	Untergrenze	Obergrenze
Dieselmotorkraftstoff	74.027	74.100	72.600	74.800
Ottomotorkraftstoff		69.300	67.500	73.000
Zweitakt***	73.095			
Viertakt	73.091			
Flüssiggas	65.523	63.100	61.600	65.600
Schweröl	81.329	77.400	75.500	78.800
Schmierstoffe		73.300	71.900	75.200
Biodiesel		70.800	59.800	84.300
Bioethanol		70.800	59.800	84.300
Zweitakt***	71.640			
Viertakt	71.607			

\* gemäß (IPCC, 2006: Band 2, Tabelle 2.4); \*\* Inventarwerte für 2014

\*\*\* inkl. 2 % Schmierstoffe (EF = 73.300 kg/TJ) im Zweitaktgemisch 1:50

Die folgende Tabelle erlaubt einen Vergleich mit spezifischen impliziten Emissionsfaktoren anderer Staaten sowie den sich für die EU(28) ergebenden Werten, der sich aufgrund des äußerst heterogenen Quellgruppenniveaus jedoch schwierig gestaltet.

Tabelle 89: länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (alle Angaben in [kg/TJ])

	fossile Flüssiggasbrennstoffe		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Deutschland	69.513*	7,75	2,62
Dänemark	75.074	8,03	2,51
Frankreich	73.572	8,82	1,65
Niederlande	73.113	4,16	0,53
Norwegen	73.411	6,65	5,28
Schweiz	73.698	1,63	0,70
Großbritannien	70.129	7,58	9,15
EU (28)	72.623	4,95	2,94

Deutschland: aktueller IEF für 2014; alle anderen Staaten: IEF für 2012 gemäß CRF-Tabellen 2014

(Zum Zeitpunkt der Inventarerstellung lagen noch keine IEF anderer Staaten aus Submission 2015 vor.)

\* inkl. in Gabelstaplern eingesetztes Flüssiggas mit einem EF(2014) von 65.523 kg CO<sub>2</sub> / TJ

### 3.2.12.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.4 mobil)

Gegenüber der Submission 2015 erfolgten Rückrechnungen sowohl aufgrund revidierter Aktivitätsdaten als auch Emissionsfaktoren.

Tabelle 90: revidierte Energieeinsätze der Teilspektoren (Angaben in [TJ])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>1.A.4.a ii</b>								
Submission 2016	11.124	11.549	12.294	12.429	14.361	14.574	14.514	14.773
Submission 2015	11.974	11.601	12.690	13.286	14.679	14.583	14.450	14.559
Differenz absolut	-851	-51	-396	-857	-318	-9	65	214
Differenz relativ	-7,10%	-0,44%	-3,12%	-6,45%	-2,17%	-0,06%	0,45%	1,47%
<b>1.A.4.b ii</b>								
Submission 2016	2.177	2.395	2.395	2.411	3.510	4.236	4.172	3.879
Submission 2015	2.210	2.421	2.412	2.428	3.530	4.260	4.019	4.205
Differenz absolut	-33	-26	-17	-16	-20	-24	153	-326
Differenz relativ	-1,52%	-1,07%	-0,71%	-0,67%	-0,58%	-0,57%	3,81%	-7,75%

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>1.A.4.c ii (i)</b>								
Submission 2016	53.849	44.832	43.729	41.173	46.600	46.199	46.575	48.142
Submission 2015	54.230	45.809	45.000	42.359	48.175	47.923	47.101	48.264
Differenz absolut	-381	-978	-1.271	-1.186	-1.574	-1.724	-526	-122
Differenz relativ	-0,70%	-2,13%	-2,82%	-2,80%	-3,27%	-3,60%	-1,12%	-0,25%
<b>1.A.4.c ii (ii)</b>								
Submission 2016	735	567	549	508	500	467	456	452
Submission 2015	735	567	549	508	500	467	456	450
Differenz absolut	0	0	0	0	0	0	0	3
Differenz relativ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,57%
<b>1.A.4.c iii</b>								
Submission 2016	73.629	63.634	64.204	61.761	69.041	69.361	68.466	70.091
Submission 2015	74.725	64.049	64.084	62.636	70.202	70.304	68.229	69.713
Differenz absolut	-1.096	-415	120	-875	-1.160	-943	237	378
Differenz relativ	-1,47%	-0,65%	0,19%	-1,40%	-1,65%	-1,34%	0,35%	0,54%

Der bisher einheitlich für alle Quellen verwendete Emissionsfaktor für Kohlendioxid aus der Verbrennung fossilen Diesels wurde durch einen auf aktuellen Erkenntnissen basierenden landesspezifischen Wert ersetzt.

Tabelle 91: Korrektur des EF(CO<sub>2</sub>) für Diesel (Angaben in [kg/TJ])

<b>ab 1990</b>	
Submission 2016	74.027
Submission 2015	74.000
Differenz absolut	27
Differenz relativ	0,04%

Quelle: eigene Berechnungen

Aufgrund der Vielzahl der hier betrachteten Teilsektoren werden in der folgenden Tabelle beispielhaft die korrigierten Emissionsfaktoren für das Jahr 2013 dargestellt.

Tabelle 92: in den Teilsektoren korrigierte EF(2013) (Angaben in [kg/TJ])

	1.A.4.a ii				1.A.4.c ii (i)		1.A.4.c iii			
	Diesel		Flüssiggas		Diesel		Diesel		Schweröl	
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O								
Submission 2016	1,84	3,000	5,27	0,70	2,96	2,860	0,94	3,289	0,81	3,33
Submission 2015	1,53	2,996	5,20	0,69	2,98	2,859	0,97	3,294	0,74	3,42
Differenz absolut	0,31	0,004	0,07	0,01	-0,02	0,001	-0,03	-0,006	0,07	-0,09
Differenz relativ	20,02%	0,13%	1,37%	1,38%	-0,83%	0,04%	-2,89%	-0,18%	9,07%	-2,63%

Aus den beschriebenen Korrekturen resultieren folgende rekalkulierte Emissionen:

Tabelle 93: revidierte Emissionsmengen (Angaben in [kt CO<sub>2</sub>])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>1.A.4.a ii</b>								
Submission 2016	809	834	878	874	986	1.000	996	1.019
Submission 2015	860	822	887	919	995	989	980	991
Differenz absolut	-51	12	-9	-44	-10	12	17	29
Differenz relativ	-5,91%	1,49%	-0,98%	-4,84%	-1,00%	1,17%	1,72%	2,90%
<b>1.A.4.b ii</b>								
Submission 2016	177	189	185	185	260	311	303	281
Submission 2015	180	192	187	186	261	313	292	305
Differenz absolut	-3	-2	-1	-1	-2	-2	12	-24
Differenz relativ	-1,57%	-1,13%	-0,77%	-0,72%	-0,63%	-0,61%	3,97%	-7,77%

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>1.A.4.c ii (i)</b>								
Submission 2016	4.038	3.361	3.279	3.022	3.282	3.252	3.279	3.412
Submission 2015	4.065	3.434	3.373	3.108	3.392	3.372	3.315	3.420
Differenz absolut	-27	-72	-94	-85	-110	-120	-36	-7
Differenz relativ	-0,66%	-2,10%	-2,79%	-2,74%	-3,23%	-3,56%	-1,08%	-0,21%
<b>1.A.4.c ii (ii)</b>								
Submission 2016	457	344	417	412	302	285	196	203
Submission 2015	445	293	275	319	247	226	157	160
Differenz absolut	13	51	143	92	55	59	39	44
Differenz relativ	2,89%	17,32%	51,90%	28,80%	22,41%	26,28%	24,72%	27,22%
<b>1.A.4.c iii</b>								
Submission 2016	55,29	42,65	41,31	37,92	36,77	34,32	33,49	33,32
Submission 2015	55,27	42,63	41,29	37,91	36,75	34,31	33,48	33,12
Differenz absolut	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,19
Differenz relativ	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,59%

Quelle: eigene Berechnungen

### 3.2.12.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.4 mobil)

Derzeit sind keine über die routinemäßige Prüfung und Revision der verwendeten Modelle hinausgehenden konkreten Verbesserungen geplant.

### 3.2.13 Andere Bereiche (1.A.5.a stationär)

Die Kategorie 1.A.5 umfasst die verbrennungsbedingten Emissionen des militärischen Bereichs. Sie ist in die Kategorien 1.A.5.a „Stationary“ und 1.A.5.b „Mobile“ untergliedert.

#### 3.2.13.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.5.a stationär)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.A.5. Other: Include Military fuel use under this category	all fuels	CO <sub>2</sub>	11.797,5	0,97%	1.016,1	0,11%	-91,4%
-/-	1.A.5. Other: Include Military fuel use under this category	all fuels	CH <sub>4</sub>	279,4	0,02%	1,6	0,00%	-99,4%
-/-	1.A.5. Other: Include Military fuel use under this category	all fuels	N <sub>2</sub> O	61,3	0,01%	4,1	0,00%	-93,3%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS, Tier 1	NS	CS/D
CH <sub>4</sub>	CS, Tier 1, Tier 3	NS/M	CS/D/M
N <sub>2</sub> O	CS, Tier 1, Tier 3	NS/M	CS/D/M

Die Einordnung in die Hauptkategorien erfolgt für die Kategorien 1.A.5 für stationäre & mobile Quellen gemeinsam. Demnach ist die Kategorie *Andere Bereiche* eine Hauptkategorie für CO<sub>2</sub> nach der Emissionshöhe und dem Trend.

Die folgende Abbildung zeigt den Emissionsverlauf seit 1990.

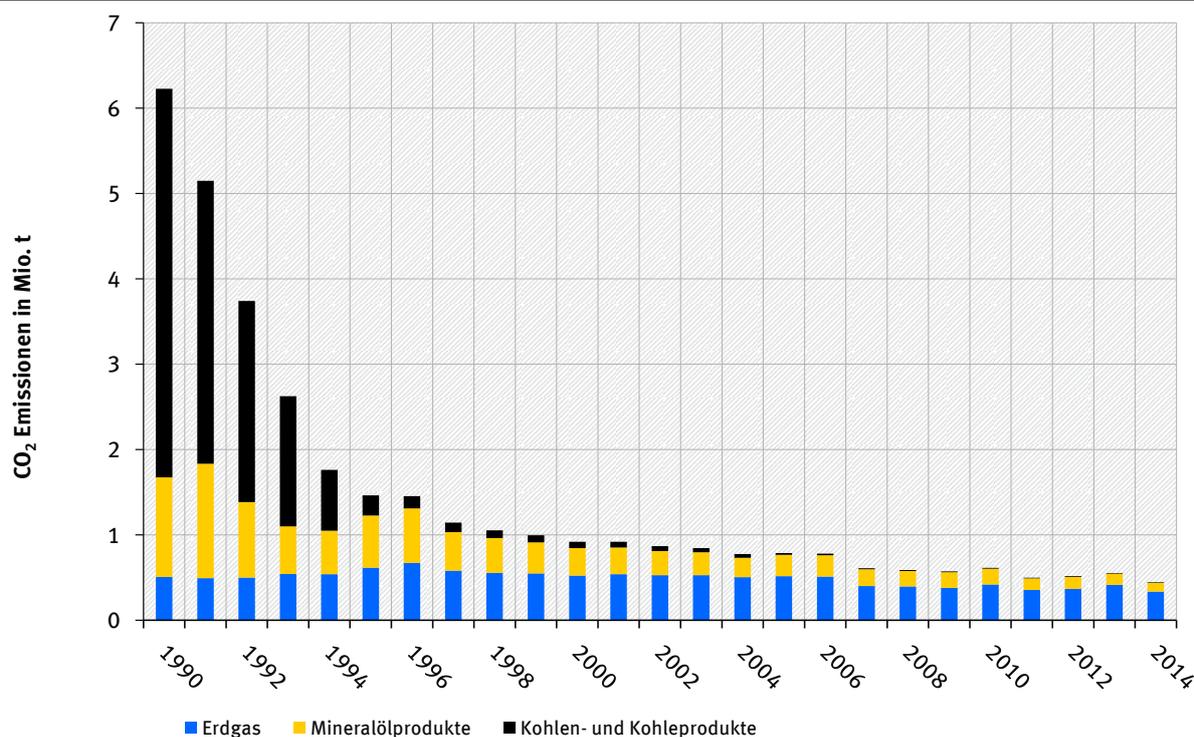


Abbildung 40: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kategorie 1.A.5.a

Die besonders starke Emissionsreduktion resultiert zum einen aus der Schließung vieler Militärischer Dienststellen, zum anderen aus einem deutlichen Trend weg von festen hin zu gasförmigen und flüssigen Brennstoffen.

### 3.2.13.2 Methodische Aspekte (1.A.5.a stationär)

#### Aktivitätsraten

Grundlage für die verwendeten Aktivitätsraten ist die Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland (AGEB). Da diese den Endenergieverbrauch der militärischen Dienststellen ab 1995 nicht mehr getrennt ausweist, sondern nur noch in Zeile 67 unter „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher“ mit erfasst, mussten zusätzliche energiestatistische Quellen erschlossen werden.

Für die Berichterstattung kann auf Angaben des Bundesamtes für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr (BAIUDBw, 2014) zurückgegriffen werden, das dem UBA den „Energieeinsatz zur Wärmeerzeugung in der Bundeswehr“ nach Brennstoffen 2000-2014 meldet. Diese Zahlen werden von den Angaben der Energiebilanzzeile 67 (Gewerbe, Handel, Dienstleistungen) subtrahiert und nicht in 1.A.4, sondern in 1.A.5 berichtet. Seit dem Berichtsjahr 2008 wird für die Kategorie 1.A.5.a auch der Einsatz von Holz berichtet.

#### Emissionsfaktoren

Eine Beschreibung sowie eine Liste der verwendeten CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren ist im Anhang, Kapitel 18.7 verfügbar.

Datengrundlage für alle anderen Schadstoffe verwendeten Emissionsfaktoren sind die Ergebnisse eines Forschungsvorhabens der Universität Stuttgart im Auftrag des Umweltbundesamtes (STRUSCHKA, 2008). Im Rahmen dieses Vorhabens wurden

gerätebezogene und kategorie-spezifische Emissionsfaktoren von Feuerungsanlagen in den militärischen Dienststellen für alle wichtigen Abgaskomponenten mit hohem Detaillierungsgrad für das Bezugsjahr 2005 berechnet. Die Methode bei der Ermittlung der Faktoren entspricht der für die Kategorie 1.A.4 beschriebenen. Tabelle 94 zeigt die verwendeten sektoralen Emissionsfaktoren.

Tabelle 94: Sektorale Emissionsfaktoren für das Militär

	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	[kg/TJ]	
<b>stationäre Feuerung in Dienststellen</b>		
Steinkohlen	2,0	4,8
Braunkohlenbriketts	242	0,37
Heizöl EL	0,017	0,56
Erdgas	0,042	0,29

### 3.2.13.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.5.a stationär)

Angaben zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren können der Beschreibung der Kategorie 1.A.4 entnommen werden. Im Anhang 2 Kapitel 13.6 im NIR 2007 ist beschrieben, wie die Unsicherheiten für die Aktivitätsraten ermittelt wurden.

### 3.2.13.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.5.a stationär)

Eine allgemeine und kategorie-spezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Da andere Datenquellen für Deutschland nicht bekannt sind, ist eine vergleichende Verifikation der hier berichteten Emissionen derzeit nicht möglich.

### 3.2.13.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.5.a stationär)

Tabelle 95: Rückrechnungen in CRF 1.A.5.a

Einheit [Gg] Jahr	NIR 2015 gesamt	NIR 2016 gesamt	Abweichung absolut				Abweichung relativ gesamt
			gas	liquid	solid	gesamt	
2005	788	787	0	0	-1,15	-1,15	-0,15%
2006	781	780	0	0	-1,16	-1,16	-0,15%
2007	610	610	0	0	-0,57	-0,57	-0,09%
2008	588	587	0	0	-0,39	-0,39	-0,07%
2009	573	573	0	0	-0,55	-0,55	-0,10%
2010	614	614	0	0	-0,45	-0,45	-0,07%
2011	499	499	0	0	-0,23	-0,23	-0,05%
2012	516	516	0	0	-0,28	-0,28	-0,05%
2013	517	555	38	0	-0,27	37,78	7,31%

Für die Jahre 2005 – 2012 ergeben sich nur leichte Rückrechnungen, aufgrund von Heizwertänderungen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen für Stein- und Braunkohlen. Im NIR 2015 lagen für das Jahr 2013 für einige Brennstoffe nur vorläufige Daten vor, die nun aktualisiert wurden. Von daher ergeben sich für das Jahr 2013 etwas höhere Rückrechnungen.

### 3.2.13.6 Geplante Verbesserungen, kategorie-spezifisch (1.A.5.a stationär)

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars,

Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.14 Andere Bereiche (1.A.5.b mobil)

#### 3.2.14.1 Beschreibung der Kategorie (1.A.5.b mobil)

Gas	angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1*, CS	NS/M**	D*, CS
CH <sub>4</sub>	CS, Tier 1, Tier 3	NS/M**	CS (M)
N <sub>2</sub> O	CS, Tier 1, Tier 3	NS/M**	CS (M)

\* Biodiesel und Flugbenzin: Default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4)

\*\* militär. Schiffsverkehr: gemäß (BSH, 2015)

Die Hauptkategorie-Analyse erfolgt für 1.A.5 - *Andere Bereiche* übergreifend für stationäre und mobile Quellen (Übersicht siehe Kapitel 3.2.13.1). Demnach ist die Quellgruppe 1.A.5 eine Hauptkategorie für CO<sub>2</sub> nach der Emissionshöhe und dem Trend.

Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen seit 1990, die parallel zum Kraftstoffeinsatz verläuft.

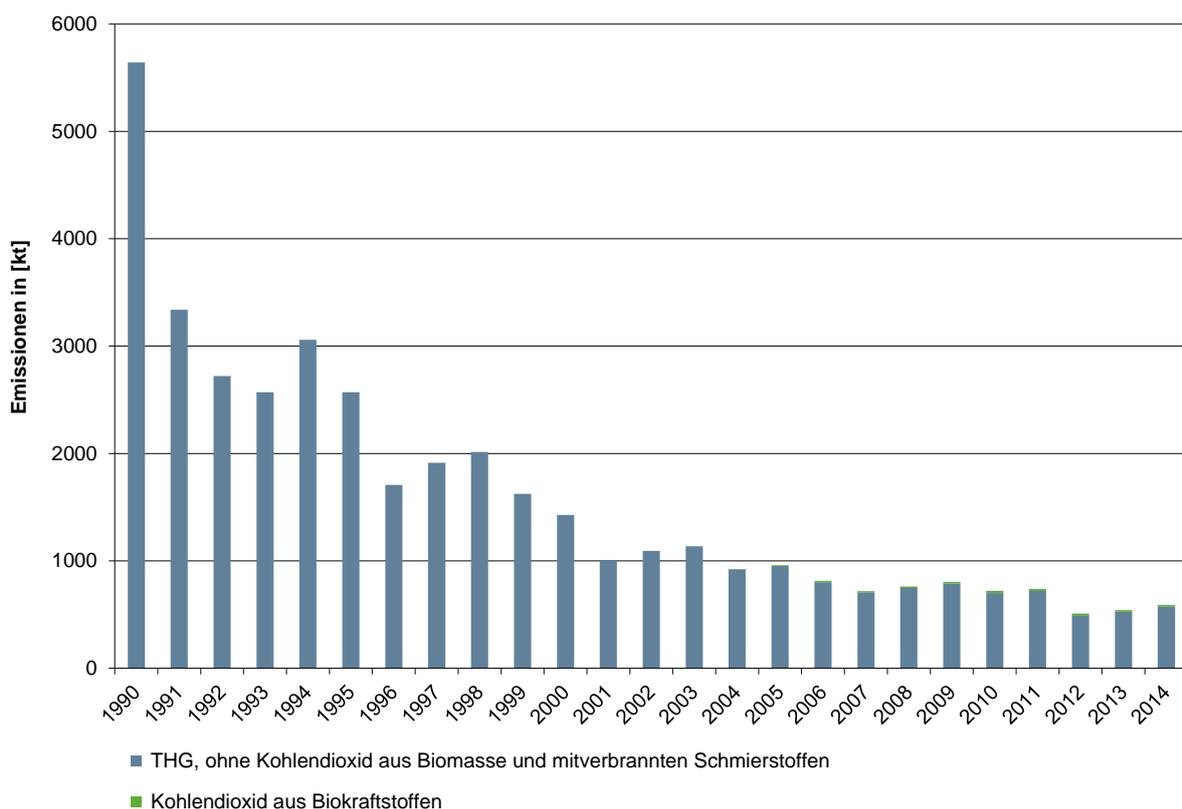


Abbildung 41: Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen der mobilen Quellen des Militärs seit 1990

#### 3.2.14.2 Methodische Aspekte (1.A.5.b mobil)

##### Aktivitätsraten

Grundlage für die verwendeten **Aktivitätsraten** ist die Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland (AGEB), der die Kraftstoffeinsätze des Militärischen Boden- und Luftverkehrs

(Diesel- und Ottokraftstoffe inkl. biogene Beimischungen, Kerosin, Flugbenzin) lediglich bis 1993 direkt entnommen werden können. Ab 1994 wird auf (BAFA, 2015) zurückgegriffen. Die dort in 1000 t angegebenen Verbräuche werden auf Basis der ausgewiesenen Heizwerte in Terajoule umgerechnet. Die Kraftstoffeinsätze der Marine sind dagegen nur als Teilmenge der in *EBZ 6 – Hochseebunkerungen* geführten Mengen verfügbar und werden daher, wie in Kapitel 3.2.10.4 näher beschrieben, in (BSH, 2015) gesondert berechnet.

Darüber hinaus werden die Mengen mitverbrannter Schmierstoffe über Mitverbrennungsraten gemäß (VSI, 2014) aus den Gesamtmengen der in den Unterkategorien 1.A.5.b i bis iii eingesetzten Kraftstoffe abgeleitet (siehe auch Kapitel 19.1.4).

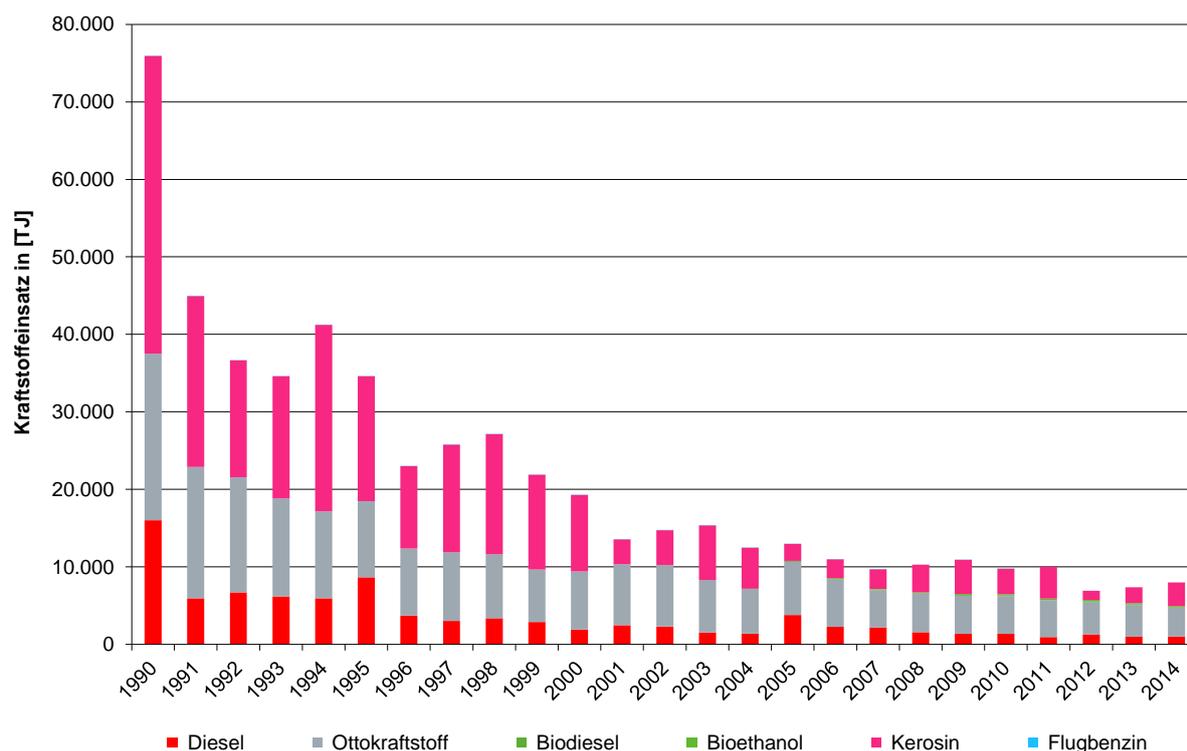


Abbildung 42: Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs seit 1990

## Emissionsfaktoren

Hinsichtlich der **Emissionsfaktoren** für Kohlendioxid wird hier grundsätzlich auf Kapitel 18.7 verwiesen. Es kommen sowohl landesspezifische als auch Default-Werte (Biodiesel, Flugbenzin) zum Einsatz. Weiterführende Informationen speziell zur Schmierstoffmitverbrennung finden sich in Kapitel 19.1.4.

Für Methan und Lachgas kommen für den bodengebundenen Verkehr sowie für den Einsatz von Flugbenzin landesspezifische Werte zum Einsatz. Für Kerosin werden aufgrund der vom zivilen Flugverkehr stark abweichenden Flugzeugtypen IPCC-Defaults verwendet. Die für die Marine verwendeten Emissionsfaktoren werden (BSH, 2015) entnommen. Bezüglich der Freisetzung dieser beiden Treibhausgase aus der Schmierstoff-Mitverbrennung wird davon ausgegangen, dass diese bereits in den entsprechenden Emissionsfaktoren der verwendeten Kraftstoffe berücksichtigt und daher als IE (*included elsewhere*) zu berichten ist.

Tabelle 96: für das Berichtsjahr 2014 verwendete Emissionsfaktoren (Angaben in [kg/TJ])\*

	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Ursprung
<b>1.A.5.b i – bodengebunden</b>			
Diesel	2,97 (-)	0,81 (-)	IEF aus 1.A.3.b: schweres Nutzfahrzeug
Biodiesel			entspricht EF für Diesel
Ottokraftstoff	7,04 (-)	0,72 (-)	IEF aus 1.A.3.b
Bioethanol			entspricht EF für Ottokraftstoff
<b>1.A.5.b ii – luftgebunden</b>			
Kerosin	0,50 (0,50)	2,00 (2,00)	tier1-default gemäß (IPCC, 2006)
Flugbenzin	8,21 (-)	2,33 (-)	siehe 1.A.3.a
<b>1.A.5.b iii – wassergebunden</b>			
Diesel	0,94 (7,00)	3,29 (2,00)	gemäß (BSH, 2015)
Biodiesel			entspricht EF für Diesel
<b>1.A.5.b – übergreifend</b>			
Schmierstoffe	IE	IE	in EF der Kraftstoffe abgebildet

\* in Klammern angegeben: Default-Werte gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.6 - Civil aviation, S. 3.64, Tab. 3.6.5)

### 3.2.14.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.A.5.b mobil)

Innerhalb der Untersektoren 1.A.5.b i und ii wird auf Default-Unsicherheiten gemäß IPCC zurückgegriffen. Davon abweichend wurden in (BSH, 2015) spezifische Unsicherheiten für Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren des militärischen Seeverkehrs abgeleitet.

### 3.2.14.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.A.5.b mobil)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Tabelle 97: Übersicht relevanter Datenvergleiche

Vergleich mit...	erfolgt	Erläuterung
alternativen Emissionsinventaren für D	nein	keine vergleichbaren Datensätze
sektorspezifischen Tier1-Default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4): CO <sub>2</sub>	(ja)	1.A.5.b i: keine spezifischen Tier1-Defaults 1.A.5.b ii & iii: siehe Tabelle 98
Tier1-Default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4): CO <sub>2</sub>	ja	1.A.5.b i: siehe Tabelle 98
sektorspezifischen Tier1-Default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.6 - Civil aviation, S. 3.64, Tab. 3.6.5): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	(ja)	1.A.5.b i: keine spezifischen Tier1-Defaults 1.A.5.b ii & iii: siehe Tabelle 94
Tier1-Default-EF gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4): CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	ja	1.A.5.b i: siehe Tabelle 94
spezifischen IEF anderer Staaten	ja	siehe Tabelle 89

Tabelle 98: Vergleich der verwendeten EF(CO<sub>2</sub>) mit Default-Werten\* (Angaben in [kg/TJ])

	Inventarwerte**	Default	Untergrenze	Obergrenze
Dieselmotorkraftstoff	74.027	74.100	72.600	74.800
Ottokraftstoffe	73.091	69.300	67.500	73.000
Kerosin	73.256	71.500	69.800	74.400
Flugbenzin		70.000	67.500	73.000
Biodiesel		70.800	59.800	84.300
Bioethanol	71.607	70.800	59.800	84.300

\* gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4),

\*\* Inventarwerte für das Jahr 2014

Die folgende Tabelle erlaubt einen Vergleich mit spezifischen impliziten Emissionsfaktoren anderer Staaten sowie den sich für die EU(28) ergebenden Werten.

Tabelle 99: länderübergreifender Vergleich der berichteten IEF (alle Angaben in [kg/TJ])

	fossile Flüssigbrennstoffe		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Deutschland	73.279	3,90	1,33
Dänemark	72.995	2,23	2,35
Frankreich	NO	NO	NO
Niederlande	73.770	7,28	4,35
Norwegen	73.284	3,24	4,21
Schweiz	73.212	3,50	2,33
Großbritannien	72.410	2,01	2,16
EU (28)	72.579	5,23	4,18

Deutschland: aktueller IEF für 2014 für Gesamtsektor 1.A.5.b; alle anderen Staaten: IEF für 2012 gemäß CRF-Tabellen 2014. (Zum Zeitpunkt der Inventarerstellung lagen noch keine IEF anderer Staaten aus Submission 2015, und damit nach Teilsektoren getrennt, vor.)

### 3.2.14.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.A.5.b mobil)

Gegenüber der Submission 2015 erfolgten Rückrechnungen sowohl aufgrund revidierter Aktivitätsdaten als auch Emissionsfaktoren.

Tabelle 100: Korrektur der Kraftstoffeinsätze 2013 in Teilsektor 1.A.5.b iii (Angaben in [TJ])

	1.A.5.b i	1.A.5.b ii	1.A.5.b iii	Gesamt - 1.A.5.b
Submission 2016	4.993	2.049	319	7.361
Submission 2015	4.993	2.049	317	7.360
Differenz absolut	0,00	0,00	1,95	1,95
Differenz relativ	0,00%	0,00%	0,61%	0,03%

Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf (AGEB, 2015a&b) und (BSH, 2015)

Der bisher einheitlich für alle Quellen verwendete Emissionsfaktor für Kohlendioxid aus der Verbrennung fossilen Diesels wurde durch einen auf aktuellen Erkenntnissen basierenden landesspezifischen Wert ersetzt.

Tabelle 101: Korrektur des EF(CO<sub>2</sub>) für Diesel (Angaben in [kg/TJ])

	ab 1990
Submission 2016	74.027
Submission 2015	74.000
Differenz absolut	27
Differenz relativ	0,04%

Quelle: eigene Berechnungen

Darüber hinaus erfolgt in (BSH, 2015) eine Revision der EF(CH<sub>4</sub>) für Schiffsdiesel, die sich damit nur auf den in Teilsektor 1.A.5.b iii verwendeten modellierten IEF auswirkt.

Tabelle 102: Korrektur des IEF(CH<sub>4</sub>) für Schiffsdiesel (Angaben in [kg/TJ])

	ab 1990
Submission 2016	0,95
Submission 2015	0,80
Differenz absolut	0,14
Differenz relativ	18%

Quelle: (BSH, 2015)

Aus den beschriebenen Korrekturen resultieren folgende rekalkulierte Emissionen innerhalb der Teilsektoren 1.A.5.b i und 1.A.5.b iii:

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013
<b>1.A.5.b i</b>								
Submission 2016	2.733	1.327	658	758	432	392	380	352
Submission 2015	2.727	1.327	658	757	432	392	380	352
Differenz absolut	5,57	0,21	0,04	0,09	0,03	0,02	0,03	0,02
Differenz relativ	0,20%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%
<b>1.A.5.b ii</b>								
Submission 2016	2.836	1.193	729	162	243	304	86	151
Submission 2015	2.836	1.193	729	162	243	304	86	151
Differenz absolut	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Differenz relativ	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
<b>1.A.5.b iii</b>								
Submission 2016	74	50	42	31	26	25	24	23
Submission 2015	74	50	42	31	26	25	24	23
Differenz absolut	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,14
Differenz relativ	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,04%	0,61%
<b>1.A.5.b</b>								
Submission 2016	5.643	2.570	1.428	951	701	720	490	526
Submission 2015	5.637	2.569	1.428	951	701	720	490	526
Differenz absolut	5,60	0,23	0,05	0,10	0,04	0,03	0,04	0,15
Differenz relativ	0,10%	0,01%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,01%	0,03%

### 3.2.14.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (1.A.5.b mobil)

Derzeit sind keine quellenspezifischen Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 3.2.15 Militär

Emissionen aus internationalen Einsätzen der Bundeswehr unter UN-Mandat werden in den deutschen Emissionsinventaren nicht als separate Aktivität erfasst. Diese Aufgabe wird im Rahmen des Nationalen Systems zur Emissionsberichterstattung erneut zu diskutieren sein. Gegenwärtig werden die benötigten Aktivitätsdaten aus verschiedenen Gründen nicht bereitgestellt.

Hierdurch wird gegenwärtig keine Unterlassung in den Inventaren vorgenommen, da die damit verbundenen Kraftstoffeinsätze in den nationalen militärischen Verbrauchsangaben enthalten sind.

Grundlage für die Aktivitätsdaten der militärischen Kraftstoffe sind die amtlichen Mineralöl- und Dieselöl-Daten für die Bundesrepublik Deutschland (BAFA, 2015).

Unter der Kategorie 1.A.5 Militär werden im ZSE als stationäre Quellen die Wärmeerzeugung der militärischen Dienststellen und als mobile Quellen der militärische Verkehr und der Flugverkehr abgelegt.

## 3.3 Diffuse Emissionen aus Brennstoffen (1.B)

Während aller Stadien, von der Extraktion fossiler Brennstoffe bis hin zu ihrem abschließenden Gebrauch, können Bestandteile als diffuse Emissionen entweichen oder freigesetzt werden. Während Methan die bedeutendsten Emissionen innerhalb der Quellkategorie Feste Brennstoffe und Erdgas darstellt, ist bei den diffusen Emissionen von Öl und Erdgas zusätzlich

NMVOC von Bedeutung. Kohlendioxid spielt in der Kategorie 1.B nur eine geringe Rolle bei der Veredelung fester Brennstoffe, der Sauer gasaufbereitung sowie den Fackeln. Die Quellkategorie 1.B. ist keine Quelle für fluorierte Gase.

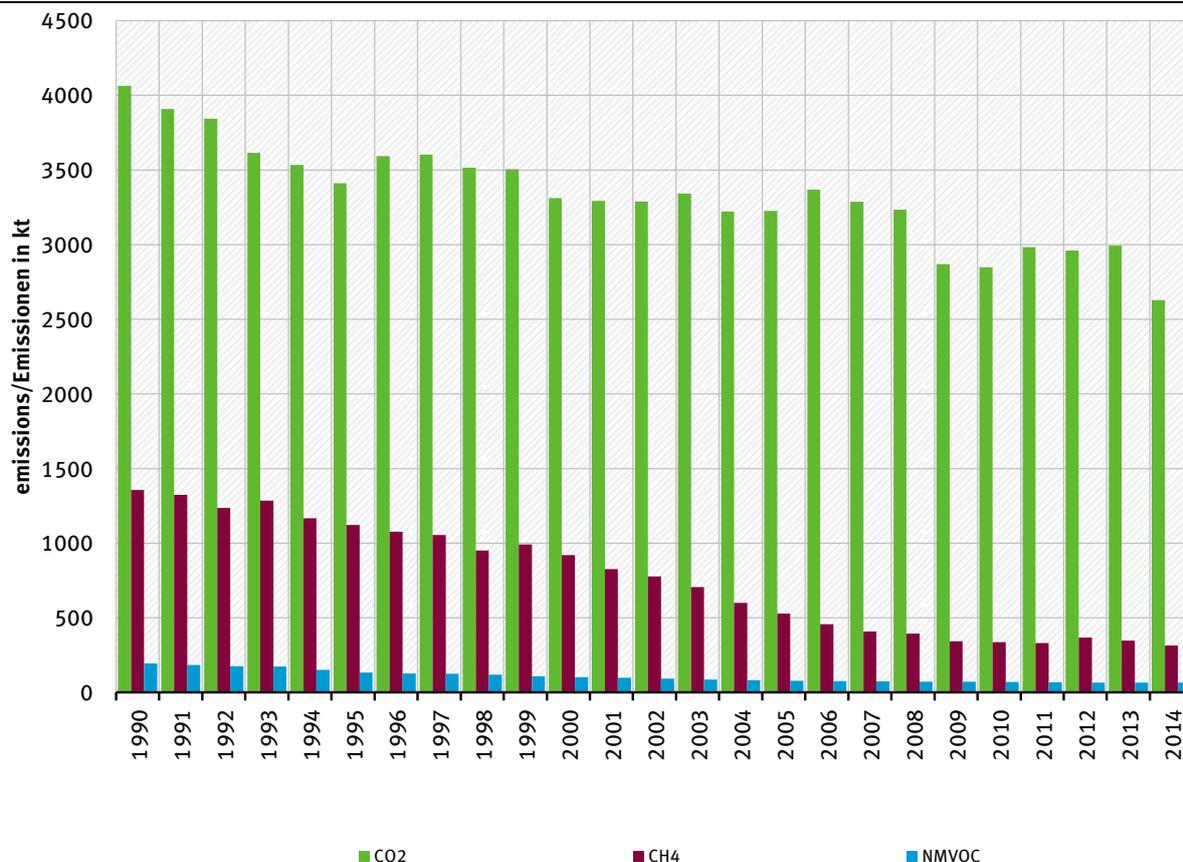


Abbildung 43: CRF 1.B - Emissionen relevanter Substanzen

### 3.3.1 Feste Brennstoffe - Kohlenbergbau und -umwandlung (1.B.1)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.B.1. Fugitive Emissions from Fuels	Solid Fuels	CH <sub>4</sub>	25.553,4	2,10%	2.801,9	0,32%	-89,0%
-/-	1.B.1. Fugitive Emissions from Fuels	Solid Fuels	CO <sub>2</sub>	1.832,8	0,15%	707,0	0,08%	-61,4%

Die Kategorie Kohlenbergbau und -umwandlung ist für CH<sub>4</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe, dem Trend sowie der Tier-2-Analyse.

Im Bergbau wird zwischen Tagebau, Gewinnung des Rohstoffs in offenen Gruben und Tiefbau, Abbau der Lagerstätte in untertägigen Abbauräumen unterschieden. In Deutschland wird Steinkohle ausschließlich im Tiefbau, Braunkohle seit 2003 ausschließlich im Tagebau gewonnen.

Die Kategorie ist nach folgendem Schema untergliedert:

Quellgruppe		Enthaltene Emissionen
<b>1.B.1.a. Kohlenbergbau</b>		
<b>i.</b>	<b>Tiefbau</b>	
	<b>Bergbauliche Tätigkeiten</b>	Gesamtemissionen aus Wetterströmen und Grubengasabsaugung des aktiven Steinkohlentiefbaus reduziert um die Menge verwerteten Grubengases
	<b>anschließende bergbauliche Tätigkeiten</b>	Emissionen aus Aufbereitung, Lagerung und Transport von Steinkohle
	<b>Stillgelegte Kohlenbergwerke</b>	Emissionen aus stillgelegten Steinkohlebergwerken sowie Emissionen aus dem Einsatz von Fackeln
<b>ii.</b>	<b>Tagebau</b>	
	<b>Bergbauliche Tätigkeiten</b>	Emissionen aus aktivem Braunkohlentagebau. Hierbei wird das gesamte Methanpotential der deutschen Braunkohle zugrunde gelegt und als Emission während der Förderung angenommen. Eine spätere Emission von Methan bei der Weiterverarbeitung ist somit bereits abgedeckt. Es erfolgt keine Grubengaserfassung oder -nutzung beim Tagebau.
	<b>anschließende bergbauliche Tätigkeiten</b>	Keine getrennte Ausweisung – die Emissionen sind bereits in „Bergbauliche Tätigkeiten“ enthalten
<b>1.B.1.b. Umwandlung von festen Brennstoffen – Veredelung von Kohle und Holzkohlenproduktion</b>		Emissionen aus der Kohlenveredelung und Holzkohlenproduktion. Bei der Steinkohleveredelung werden spezifische Emissionen hier dokumentiert. Methanemissionen bei der Herstellung von Veredelungsprodukten aus Braunkohle sind bereits in 1.B.1.a.ii „Bergbauliche Tätigkeiten“ enthalten. Die zugrunde gelegte Aktivitätsrate umfasst die Gesamtmenge der Veredelungsprodukte aus Stein- und Braunkohle.
<b>1.B.1.c. Sonstiges</b>		In dieser Kategorie werden derzeit keine Emissionen berichtet.

### Emissionen und Trend (1.B.1)

Tabelle 103: Berechnung von Methanemissionen aus dem Kohlenbergbau für 2014

		Aktivitätsdaten [Mt]	CH <sub>4</sub> -Emissionen [kt]
<b>1.B.1.a. Kohlenbergbau</b>		= 1.B.1.a.i + 1.B.1.a.ii = 7,64 + 178,20 <b>=185,84</b>	= 1.B.1.a.i + 1.B.1.a.ii = 136,85+2,01 <b>= 109,69</b>
<b>i.</b>	<b>Tiefbau</b>		= bergbauliche und anschließende bergbauliche Tätigkeiten = 102,68 + 4,35 + 0,70 <b>= 107,73</b>
	<b>bergbauliche Tätigkeiten</b> Steinkohlen-Förderung <sup>1)</sup>	<b>7,64</b>	= AR * EF = 7,64*13,44 <b>= 102,68</b>
	<b>anschließende bergbauliche Tätigkeiten</b>		<b>= 4,35</b>
	<b>Stillgelegte Kohlenbergwerke</b>		Emissionspotenzial abzüglich Verwertung <b>= 0,70</b>
<b>ii.</b>	<b>Tagebau</b>		= bergbauliche Tätigkeiten <b>= 1,96</b>
	<b>bergbauliche Tätigkeiten</b> Braunkohlenförderung <sup>1)</sup>	<b>178,20</b>	= AR * EF = 178,20 * 0,011 <b>= 1,96</b>
	<b>anschließende bergbauliche Tätigkeiten</b>		(enthalten in 1.B.1.a.ii „bergbauliche Tätigkeiten“) <b>IE</b>

		Aktivitätsdaten [Mt]	CH <sub>4</sub> -Emissionen [kt]
<b>1.B.1.b. Umwandlung von festen Brennstoffen</b>			<b>=0,40</b>
	<b>Veredelung von Kohle</b>		$AR_{\text{Steink. Prod.}} * EF_{\text{Steink. Prod.}} +$
	Summe an Veredelungsprodukten <sup>2) 1)</sup>	<b>14,99</b>	$AR_{\text{Braunk. Prod.}} * EF_{\text{Braunk. Prod.}}$ = 8,3 * 0,049 + 6,97 * 0
			<b>= 0,40</b>

1) nach STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT (o.J.)

2) Steinkohlenkoks, Steinkohlenbriketts, Braunkohlenkoks, Staubkohle, Trockenkohle, Wirbelschichtkohle, Braunkohlenbriketts, Braunkohlengranulat

### 3.3.1.1 Tiefbau - Steinkohlen

#### 3.3.1.1.1 Beschreibung der Kategorie (Tiefbau - Steinkohlen)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	Tier 3	AS	CS
CO <sub>2</sub>	M	AS	CS

#### Aktivitätsraten

Tabelle 104: Verwertbare Förderung von Steinkohlen, in Mio. t.

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
70,2	53,6	33,6	24,9	12,9	7,6	7,6

(STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT, o.J.).

Tabelle 105: Anzahl aktiver Steinkohlenbergwerke

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
27	19	12	9	5	3	3

(STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT, o.J.).

#### Emissionsfaktoren

Aus der Gesamtemissionsmenge an Methan und den Aktivitätsdaten des Steinkohlenbergbaus lässt sich ein implizierter Emissionsfaktor ableiten. Berücksichtigt ist hierbei auch der Anteil an verwertetem Grubengas. Die Messwerte enthalten nur die tatsächlich emittierte Methanmenge.

Für die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Lagerung von Steinkohle werden die Aktivitätsdaten der Steinkohlenförderung als Basis herangezogen und mit dem Emissionsfaktor von 0,576 kg/t multipliziert. Dieser Emissionsfaktor stammt aus einer Studie des FHG ISI (1993).

Tabelle 106: Methan-Emissionsfaktoren aus dem Bereich Förderung und Lagerung von Steinkohle für das Jahr 2014

Emissionsfaktoren	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t	kg/t
CH <sub>4</sub> aus Förderung	33,88	22,70
CH <sub>4</sub> aus Förderung abzüglich verwertetes Grubengas	20,06	13,44
CH <sub>4</sub> aus Lagerung	0,87	0,58
CH <sub>4</sub> aus Bergbau (Förderung und Lagerung abzüglich Grubengasnutzung)	20,93	14,02

Für die stillgelegten Kohlenbergwerke kann kein Emissionsfaktor angegeben werden, da es keine Aktivitätsrate gibt.

**Emissionen und Trend**

Tabelle 107: Emissionen der Kategorie 1.B.1.a.i - Tiefbau

Gas	Gesamtemissionen			Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung	
	1990	2013	2014			
Methan	1016 kt	139 kt	108 kt	- 89 %	- 22 %	Die Emissionen sinken aufgrund der zurückgegangenen verwertbaren Förderung und Zunahme der Grubengasverwertung seit 2001.

**3.3.1.1.2 Methodik (Tiefbau - Steinkohlen)**

Die Emissionen aus dem Steinkohlentiefbau werden entsprechend Tier 3-Ansatz berechnet und erfüllen die Anforderungen einer bergwerksspezifischen Emissionsermittlung. Aus sicherheitstechnischen Gründen werden in sämtlichen Schachtanlagen kontinuierlich die Gaszusammensetzung sowie der Wetterstrom gemessen. Diese Daten werden zur Bestimmung der Menge der Methanemissionen genutzt. Durch Aggregation der Einzelmesswerte wird vom Gesamtverband Steinkohle die Gesamtmethanmenge bestimmt. Eine Expertenüberprüfung wird durch die zuständige staatliche Aufsichtsbehörde (Bergamt) vorgenommen.

**3.3.1.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (Tiefbau - Steinkohlen)**

Unsicherheiten der Aktivitätsrate ergeben sich vor allem aus Ungenauigkeiten beim Wiegen der geförderten Kohle. Durch Befragung von Experten beim NaSE-Workshop 11/2004, konnte der Fehler auf < 3 % quantifiziert werden.

Unsicherheiten in der Berechnung der Methanausgasungen ergeben sich aus der Ungenauigkeit der Messungen. Da die unter Tage durchgeführten Messungen der Methankonzentrationen primär aus sicherheitstechnischen Gründen angewendet werden und ihren genauesten Messbereich nicht im Bereich der üblichen Ausgasungskonzentrationen haben, ist mit einer technischen Messunsicherheit von ca. 10 % bei den zur Verfügung stehenden Messgeräten zu rechnen [Expertengespräch Grubengas, Berlin, Dezember 2009].

Die Methanausgasung aus Steinkohlen während Lagerung und Transport unterliegt größeren Schwankungen aufgrund von Lagerzeit und Korngrößenverteilung. Eine Unsicherheit von 15 % ist anzunehmen [LANGE 1988 / BATZ 1995 sowie persönliche Informationen NASE-Workshop 11/2004].

Die Abschätzung des Methanpotentials beruht auf Expertenwissen und eine Unsicherheit von 60 % wurde zugrunde gelegt.

Für die Aktivitätsraten wird eine konsistente Quelle über die gesamte Zeitreihe verwendet.

**3.3.1.1.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (Tiefbau - Steinkohlen)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, wurden durch die Nationale Koordinierungsstelle durchgeführt. Eine Qualitätskontrolle für Aktivitätsdaten wurde vom Datenlieferanten durchgeführt.

Die IPCC Guidelines 2006 empfehlen für den Steinkohlentiefbau Emissionsfaktoren in der Größenordnung von 10 bis 25 m<sup>3</sup>/t. Bei Umrechnung der deutschen Emissionsfaktoren unter Zugrundelegung eines Konversionsfaktors von 0,67 Gg/10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (2006 IPCC Guidelines, Kapitel

4: bei 20° C, 1 Atmosphäre) ergeben sich die in der Tabelle 106 angegebenen Einzelwerte. Fasst man die Förderung und Lagerung und in Abzug zu bringende Grubengasnutzung in einem EF zusammen, so liegt der Wert pro Tonne Kohle (verwertbare Förderung) im vorgeschlagenen Wertebereich.

Die von GVSt ermittelten Emissionen aus dem stillgelegten Steinkohlenbergbau wurden mittels des Forschungsvorhabens „Potential zur Freisetzung und Verwertung von Grubengas“ [DMT, 2014] verifiziert. Die Berechnung wurde für jede Lagerstättenregion in Deutschland vorgenommen.

Ein Vergleich mit Nachbarländern wurde auf Basis der in der Submission 2014 berichteten Werte für 2012 vorgenommen.

Tabelle 108: IEF Vergleich mit Nachbarländern für die untertägige Produktion von Steinkohle (NIR 2014)

	produzierte Steinkohle	berichtete Emission	IEF
<b>Deutschland</b>	<b>10,8 Mio. t</b>	<b>151,1 kt</b>	<b>14,0 kg/t</b>
Tschechien	11,4 Mio. t	100,1 kt	8,8 kg/t
Vereintes Königreich	6,2 Mio. t	65,4 kt	10,5 kg/t
Polen	71,3 Mio. t	324,7 kt	4,6 kg/t
IPCC GL 2006			6,7 – 15,5 kg/t

### 3.3.1.2 Tagebau - Braunkohlen

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	Tier 2	AS	CS

#### 3.3.1.2.1 Beschreibung der Kategorie (Tagebau - Braunkohlen)

##### Aktivitätsraten

Tabelle 109: Förderung von Braunkohle, in Mio. t.

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
356,5	192,7	167,7	177,9	169,4	182,7	178,2

(STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT, o.J.).

##### Emissionsfaktoren

Nach Angaben des DEBRIV (Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e.V.; DEBRIV 2004) wird für die deutsche Braunkohle ein durchschnittlicher Emissionsfaktor von 0,015 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t (entspricht 0,011 kg CH<sub>4</sub>/t) angenommen. Dieser EF basiert auf einer Untersuchung der RWE Rheinbraun AG von 1989 [DEBRIV, 2004] und wird durch Veröffentlichungen des Öko-Institutes sowie der DGMK [Forschungsbericht 448-2, 1992] belegt.

Eine Lagerung von Braunkohle erfolgt nicht; die Verwendung erfolgt „mine-mouth“ direkt von der Förderung in die Verarbeitung bzw. in Kraftwerke.

Tabelle 110: Emissionsfaktoren der Kategorie 1.B.1.a.ii - Tagebau

Emissionsfaktoren	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t	kg/t
CH <sub>4</sub> aus Förderung	0,016	0,011

### Emissionen und Trend

Tabelle 111: Emissionen der Kategorie 1.B.1.a.ii - Tagebau

Gas	Gesamtemissionen			Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung	
	1990	2013	2014			
Methan	3,9 kt	2,0 kt	2,0 kt	-49 %	- 2%	Die Emissionen sinken aufgrund der zurückgegangenen Förderung von Braunkohle.

#### 3.3.1.2.2 Methodik (Tagebau - Braunkohlen)

Die Emissionen aus dem Braunkohlentagebau werden nach dem Tier 2 Ansatz gemäß der Gleichung des IPCC-Reference Manual (IPCC, 1996b) berechnet.

#### 3.3.1.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (Tagebau - Braunkohlen)

Der Emissionsfaktor zur Berechnung der Methanemissionen aus der Braunkohlenförderung basiert auf dem maximalen Methaninhalt und stellt somit eine Obergrenze der möglichen Methanemissionen dar. Mögliche Emissionen aus Transport und Lagerung sind somit bereits enthalten. Zahlreiche Untersuchungen zeigten, dass eine negative Unsicherheit von - 33 % angenommen werden muss [DEBRIV / DGMK Forschungsbericht 448-2, DGMK 1992].

Für den Emissionsfaktor und die Aktivitätsraten wird eine konsistente Quelle über die gesamte Zeitreihe verwendet.

#### 3.3.1.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (Tagebau - Braunkohlen)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, wurden durch die Nationale Koordinierungsstelle durchgeführt.

Im Rahmen einer Verifizierung zur aktuellen Berichterstattung wurden verschiedene Datenquellen für Aktivitätsraten im Kohlenbergbau und auch die verwendeten EF mit denen anderer Länder verglichen (siehe Tabelle 112). Der Ländervergleich spezifischer Emissionsfaktoren für den Tagebau zeigt eine große Bandbreite, wobei Deutschland sich im unteren Bereich - vergleichbar mit Polen - bewegt. Tschechien benutzt laut NIR 2011 (S.103) den mittleren IPCC Default Faktor, da in Tschechien häufiger Glanzbraunkohle (oder auch Sub-Bituminous Coal) mit einem höheren Inkohlungsgrad und somit einen höheren Methangehalt abgebaut wird, als vergleichsweise in Polen und Deutschland, wo die Weichbraunkohle (oder auch Lignite) mit einem niedrigeren Inkohlungsgrad vorkommt [Quellen NASE-Workshop 11/2004, persönliche Mitteilung DEBRIV 2005]. Zu diesem Ergebnis kommt ebenfalls ein Gutachten von VERICO [VERICO SCE 2014].

Tabelle 112: IEF Vergleich mit Nachbarländern für die obertägige Produktion von Braunkohle (NIR 2014)

	produzierte Braunkohle	berichtete Emission	IEF
<b>Deutschland</b>	<b>185,4 Mio. t</b>	<b>2,0 kt</b>	<b>0,011 kg/t</b>
Polen	64,3 Mio. t	0,8 kt	0,012 kg/t
Tschechien	43,5 Mio. t	33,5 kt	0,770 kg/t
IPCC GL 2006			0,2 – 1,3 kg/t

Die Emissionsfaktoren des IPCC wurden von der amerikanischen Hartbraunkohle abgeleitet und können laut nationalen Experten nicht auf die deutsche Weichbraunkohle übertragen werden, da diese während des Inkohlungsprozesses eine Temperatur von 50°C nicht überschritten hat. Eine nennenswerte Methanabspaltung findet jedoch erst bei Temperaturen von über 80°C statt [DGMK Bericht 448-2, 1992].

### 3.3.1.3 Umwandlung von festen Brennstoffen

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	Tier 2	AS	CS
CO <sub>2</sub>	Tier 2	AS	CS
NMVOC	Tier 2	AS	CS
CO	Tier 2	AS	CS
SO <sub>2</sub>	Tier 2	AS	CS

Die IPCC Guidelines 2006 sehen diese Kategorie nicht vor, demzufolge liegt auch kein Entscheidungsbaum vor.

#### 3.3.1.3.1 Beschreibung der Kategorie (Umwandlung von festen Brennstoffen)

##### Aktivitätsraten

Tabelle 113: Aktivitätsraten der Veredelungsprodukte [Angaben in Tonnen]

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
<b>Braunkohlebrikett</b>	40.045.000	5.010.829	1.819.263	1.489.922	2.024.103	1.951.000	1.700.000
<b>Braunkohlengranulat</b>	59.000	0	0	0	0	0	0
<b>Braunkohlenkoks</b>	3.355.937	191.883	179.453	173.443	175.932	161.000	175.000
<b>Braunkohlenstaub</b>	3.791.431	2.700.110	2.678.926	2.923.620	3.632.333	4.318.000	4.417.000
<b>Braunkohlentrockenkohle</b>	694.693	569.973	0	0	0	0	0
<b>Braunwirbelschichtkohle</b>	265.000	470.692	560.822	659.906	414.855	544.000	407.000
<b>Steinkohlenbriketts</b>	756.000	379.000	146.000	91.625	0	0	0
<b>Steinkohlenkoks</b>	17.580.000	11.102.000	9.115.000	8.397.000	8.171.000	8.273.000	8.770.000

(STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT, o.J.).

##### Emissionsfaktoren

Der verwendete Emissionsfaktor für Methan zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Produktion von Steinkohlenkoks (Kokereien) beträgt 0,049 kg Methan pro Tonne Steinkohlenkoks [DMT 2005] und wird für die komplette Zeitreihe angewendet. Der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor ermittelt sich aus der konservativen Annahme, dass auf dem Weg zwischen Öffnen der Hochofentür und dem Löschvorgang ca. 1% des Kokes als diffuse Emission verloren gehen. Als Aktivitätsrate wurde die Gesamtmenge an Steinkohlen- und Braunkohlenkoks verwendet.

Die Emissionsfaktoren für die Nicht-Treibhausgase stammen aus dem Forschungsvorhaben "Emissionsfaktoren zur Eisen- und Stahlindustrie für die Emissionsberichterstattung" (BFI 2011).

Tabelle 114: Emissionsfaktoren aus der Produktion von Steinkohlenkoks

Gas	Emissionsfaktor	Einheit
CH <sub>4</sub>	0,049	kg/t
CO <sub>2</sub>	2.777 <sup>33</sup>	kg/t
CO	0,015	kg/t
NH <sub>3</sub>	243,3	mg/t
NMVOC	0,310	kg/t
SO <sub>2</sub>	0,076	kg/t

Aus Produkten der Braunkohlenveredelung sind keine Methanemissionen zu erwarten, da der in 1.B.1.a.ii angenommene EF dem Gasinhalt der in Deutschland vorkommenden Braunkohle entspricht. Die weiteren ermittelten Emissionen stammen aus Messungen des derzeit einzigen deutschen Produzenten für Braunkohlenkoks der Herdofenanlage Fortuna-Nord.

In Deutschland werden geringe Mengen an Holzkohle produziert – es gibt einen großen Betreiber und mehrere Schaukohlereien. Diese Mengen werden vom Statistischen Bundesamt (DESTATIS) erhoben und unterliegen der Geheimhaltung. Die Emissionsfaktoren stammen von der US\_EPA 1995. Die Verwendung von Holzkohle wird unter 2.G.4 berichtet.

### Emissionen und Trend

Tabelle 115: Emissionen der Kategorie 1.B.1.b – Umwandlung von festen Brennstoffen

Gas	Gesamtemissionen			Trend seit 1990	Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung
	1990	2013	2014			
Methan	2,3 kt	2,4 kt	2,4 kt	3 %	1 %	Die Methanemissionen werden vor allem durch die Holzkohlenproduktion beeinflusst. Die Emissionen aus Kokereien sind seit 1990 aufgrund der gesunkenen Produktion gefallen; im Vergleich zum letzten Jahr gab es hingegen einen leichten Produktionsanstieg einhergehend mit leicht höheren Emissionen.
Kohlendioxid	1.833 kt	726 kt	726 kt	-60 %	0 %	Die Emissionen sind seit 1990 aufgrund der niedrigeren Koksproduktion gefallen;

CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Holzkohle-Produktion werden als biogen betrachtet und unter den Memo-Items berichtet

#### 3.3.1.3.2 Methodische Aspekte (Umwandlung von festen Brennstoffen)

Die Emissionen aus der Steinkohlenkoksproduktion sind nach dem Tier 2 Ansatz, analog der Gleichung des IPCC-Reference Manual für CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Kohlenbergbau, berechnet worden:

Emissionen [kt CH<sub>4</sub>] =

EF [m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> /t] \* AR<sub>Veredelungsprodukt</sub> \* Umrechnungsfaktor [kt/10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>]

#### 3.3.1.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (Umwandlung von festen Brennstoffen)

Die Unsicherheiten für die Emissionsfaktoren für die Veredelung von Kohlen wurden von Experten auf 10% bis 25% geschätzt.

Für die Aktivitätsraten wird eine konsistente Quelle über die gesamte Zeitreihe verwendet.

<sup>33</sup> Der Emissionsfaktor beinhaltet Stein- und Braunkohlenkoksherstellung

### **3.3.1.3.4      *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (Umwandlung von festen Brennstoffen)***

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, wurden durch die Nationale Koordinierungsstelle durchgeführt.

Bei der Betrachtung von Emissionsfaktoren ist der IPCC Konversionsfaktor von  $0,67 \text{ Gg}/10^6 \text{ m}^3$  bei  $20^\circ\text{C}$  und 1 Atmosphäre gegenüber den in Deutschland als Einheit Normkubikmeter bei  $1,01325 \text{ bar}$  und  $0^\circ\text{C}$  [DIN 2004, DIN Nr. 1343] verwendeten Angaben zu beachten. Bei Betrachtungen der EF sind Angaben des IPCC zu Default EF bzw. Angaben aus anderen Veröffentlichungen mit der Praxis in Deutschland mit der Angabe von Normkubikmeter zu berücksichtigen. Bei der Verwendung von in Deutschland publizierten Daten zu EF wird davon ausgegangen, dass es sich um Angaben in Normkubikmeter handelt [abgesichert durch Expertenbefragung beim NaSE-Workshop 11/2004]

Die Angaben der Guidelines beziehen sich auf  $20^\circ\text{C}$  und  $1.013 \text{ mbar}$ . Anhand der isobaren Proportionalität des Methans kann mit dem Faktor  $1,07$  von  $\text{Nm}^3$  in  $\text{m}^3$  umgerechnet werden.

Umrechnungsfaktor Normkubikmeter  $\Leftrightarrow$  Kilogramm:

$$0,717 \text{ Nm}^3/\text{kg} (1,01325 \text{ bar}, 0^\circ\text{C}) = 0,67 \text{ Gg}/10^6 \text{ m}^3 (20^\circ\text{C}, 1 \text{ Atmosphäre}) * 1,07 \text{ Nm}^3/\text{m}^3$$

Ein Vergleich mit anderen Ländern ist in dieser Kategorie nicht möglich, da die genauen Mengen und die Zusammensetzung der umgewandelten Kohleprodukte sich nicht aus den CRF Tabellen entnehmen lassen. Ferner bieten für einen Vergleich die IPCC Guidelines weder Methoden noch Default-Emissionsfaktoren für die Quellgruppe.

### **3.3.1.4      *Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.B.1 alle)***

Wie in Kapitel 10 dargestellt erfolgt in diesem Jahr durch die erstmalige Anwendung der durch Entscheidung 24/CP.19 geforderten methodischen Änderungen keine umfassende detaillierte Dokumentation und Quantifizierung der Effekte von Rekalkulationen.

### **3.3.1.5      *Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch(1.B.1 alle)***

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## **3.3.2      *Öl und Erdgas und diffuse Emissionen aus der Energieerzeugung (1.B.2)***

Die Kategorie ist nach folgendem Schema untergliedert:

Quellgruppe		Enthaltene Emissionen	
<b>1.B.2. Öl, Gas und diffuse Emissionen aus der Energieerzeugung</b>			
<b>a</b>	<b>Öl</b>		
	i) <b>Exploration</b>	Gesamtemissionen aus Erdöl- und Erdgasexplorationsbohrungen	
	ii) <b>Förderung</b>	Diffuse Emissionen bei der Förderung von Erdöl sowie der Aufbereitung von Erdöl (Abtrennung von Wasser und Begleitgasen)	
	iii) <b>Transport</b>	Emissionen aus Transport von Rohöl mittels Pipelines und Binnentankschiffen	
	iv) <b>Raffinierung/ Lagerung</b>	Emissionen aus Entschwefelung und Raffinierung von Öl, der Lagerung von Rohöl und Mineralölprodukten sowie der Reinigung von Lagertanks	
	v) <b>Verteilung von Ölprodukten</b>	Emissionen aus Verteilung von Mineralölprodukten, Betankungsprozessen und Tropfverlusten sowie aus Reinigung von Tanks der Transportfahrzeuge	
	vi) <b>Sonstiges</b>	Keine Emissionen in dieser Kategorie	
	<b>b</b>	<b>Gas</b>	
		i) <b>Exploration</b>	Die Emissionen sind der Kategorie 1.B.2.a.i zugeordnet, da keine Differenzierung möglich
		ii) <b>Förderung</b>	Diffuse Emissionen bei der Förderung von Erdgas
		iii) <b>Verarbeitung</b>	Emissionen aus der Entschwefelung und Aufbereitung von Sauer gas sowie der Aufbereitung von Stadtgas
		iv) <b>Transport</b>	Emissionen aus Hochdruckfernleitungen sowie unterirdischer Gasspeicherung (Kavernen- und Porenspeicher)
		v) <b>Verteilung</b>	Emissionen aus Erdgasverteilungsleitungen, Obertagespeicher, sowie diffuse Entweichungen aus Tanks von Erdgasfahrzeugen
		vi) <b>Sonstiges</b>	Diffuse Emissionen aus Hausinstallationen in Haushalten, Kleinverbrauchern und der Industrie – Emissionen aus den Hausanschlussleitungen sind unter 1.B.2.b.v, Emissionen bei der Initialzündung von Endgeräten unter 1.A.4 enthalten
	<b>c</b>	<b>Ausblasen und Abfackeln</b>	
		i) <b>Ausblasen</b>	
		<b>Öl</b>	Die Emissionen sind in den Kategorien 1.B.2.a.iii und 1.B.2.a.v enthalten
		<b>Gas</b>	Die Emissionen sind in den Kategorien 1.B.2.b.iv und 1.B.2.b.v enthalten
		<b>Kombiniert</b>	Keine Emissionen in dieser Kategorie
		ii) <b>Abfackeln</b>	
		<b>Öl</b>	Fackelemissionen bei der Erdölförderung sowie der Raffinierung
		<b>Gas</b>	Fackelemissionen bei der Erdgasförderung, sowie der Sauer gasaufbereitung
<b>Kombiniert</b>		Keine Emissionen in dieser Kategorie	
<b>d</b>	<b>Sonstiges</b>		
	i) <b>Geothermie</b>	Im laufenden Betrieb entstehen keine diffusen CO <sub>2</sub> -, CH <sub>4</sub> oder N <sub>2</sub> O Emissionen. Diffuse F-Gas-Emissionen sind der Kategorie 2.F.9 zugeordnet	
<b>1.C CO<sub>2</sub> - Transport und Lagerung</b>		In dieser Kategorie werden derzeit keine Emissionen berichtet, da es in Deutschland aktuell keine CCS-Maßnahmen gibt.	

## 3.3.2.1 Öl (1.B.2.a)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	1.B.2.a Fugitive Emissions from Fuels: Oil	Liquid Fuels	CH <sub>4</sub>	402,2	0,03%	229,0	0,03%	-43,1%
-/-	1.B.2.a Fugitive Emissions from Fuels: Oil	Liquid Fuels	CO <sub>2</sub>	282,7	0,02%	289,8	0,03%	2,5%

Die Kategorie 1.B.2.a. „Öl“ ist keine Hauptkategorie.

## 3.3.2.1.1 „Öl, Exploration“ (1.B.2.a.i)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	Tier 1	AS	D
NMVOC	Tier 2	AS	CS

## 3.3.2.1.1.1 Beschreibung der Kategorie „Öl, Exploration“ (1.B.2.a.i)

Die Emissionen der Kategorie setzen sich aus den Tätigkeiten der Bohrfirmen und der Beteiligten in der Branche der Exploration zusammen. In Deutschland wird nach Erdöl und Erdgas gesucht. Es wird in der Statistik nicht nach reinen Erdöl- und Erdgasbohrungen unterschieden.

## Aktivitätsraten

Tabelle 116: Anzahl der Explorationsbohrungen (Öl und Erdgas insgesamt)

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
12	17	15	23	16	22	24

(Jahresbericht des WEG, 2014).

Tabelle 117: Bohrleistung der Explorationsbohrungen in m (Öl und Erdgas insgesamt)

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
50.140	109.187	41.378	63.994	51.411	43.423	48.922

(Jahresbericht des WEG, 2015).

## Emissionsfaktoren

Tabelle 118: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.i

Gas	Emissionsfaktor	Methode	Quelle
CO <sub>2</sub>	0,48 kg/No	Tier 1	IPCC GPG 2000
CH <sub>4</sub>	64 kg/No	Tier 1	IPCC GPG 2000
NMVOC	576 kg/No	Tier 2	Expertenschätzung

Die Emissionsfaktoren in den IPCC GL 2006 (Tabelle 4.2.4) beziehen sich auf eine Produktionsmenge und nicht auf Explorationsbohrungen. Daher können diese nicht angewendet werden.

## Emissionen und Trend

Tabelle 119: Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.i

Gas	Gesamtemissionen			Trend seit 1990	Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung
	1990	2013	2014			
Methan	768 kg	1.408 kg	1.536 kg	100 %	9 %	Die Emissionen steigen gegenüber 1990 aufgrund der gestiegenen Bohraktivität.
Kohlendioxid	5,76 kg	10,56 kg	11,52 kg	100 %	9 %	
NMVOC	6.912 kg	12.672 kg	13.824 kg	100 %	9 %	

### 3.3.2.1.1.2 *Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Exploration“ (1.B.2.a.i)*

Nach Aussagen des WEG treten so gut wie keine diffusen Emissionen bei Bohrvorgängen auf, da an Bohrlöchern regelmäßig Messungen durchgeführt (Methansensoren in der Schutzhütte um das Bohrloch, Ultraschallmessungen, Ringraummanometer) und alte nicht mehr genutzte Bohrungen verfüllt und in der Regel mit einem Betondeckel versehen werden.

Da keine Messergebnisse der einzelnen Bohrungen vorliegen, werden, um konservativ zu schätzen, die Emissionen für Bohrungen auf Grundlage des Default-Faktors nach den IPCC GPG 2000 für Kohlendioxid und Methan nach dem Tier 1 Ansatz berechnet.

### 3.3.2.1.1.3 *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Exploration“ (1.B.2.a.i)*

Die Unsicherheiten der Aktivitätsraten für Erdöl- und Erdgasexploration werden mit +/- 5 % quantifiziert. Den Emissionsfaktoren werden die Default-Unsicherheiten der Good-Practice-Guidance 2000 von +/- 25 % zugeordnet.

Für die Aktivitätsraten und die Emissionsfaktoren wird eine konsistente Quelle über die gesamte Zeitreihe verwendet.

### 3.3.2.1.1.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Exploration“ (1.B.2.a.i)*

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Aufgrund fehlender landesspezifischer Daten wurde ein externes Gutachten (Müller-BBM, 2009a) in Auftrag gegeben. Es kam in seiner Quellgruppenanalyse zu dem Ergebnis, dass die Default-Faktoren für Deutschland anwendbar sind. Ein Vergleich mit anderen Ländern konnte aufgrund der geringen Vergleichsmöglichkeiten und aufgrund nicht ineinander umrechenbarer Einheiten nicht durchgeführt werden.

### 3.3.2.1.2 *„Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)*

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	Tier 2	AS	CS
NMVO	Tier 2	AS	CS

#### 3.3.2.1.2.1 *Beschreibung der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)*

Die Emissionen der Kategorie setzen sich aus den Tätigkeiten der Branche der Förderung (Rohöl) und der Vorbehandlung von Rohstoffen (Erdöl) der Erdölindustrie zusammen. Die Förderung von Erdöl in Deutschland ist wegen ihrer alten Lagerstätten sehr energieintensiv (Thermalförderung, Pumpenbetrieb zur Wassereinpressung in die Lagerstätte).

Die Vorbehandlung des geförderten Erdöls (Rohöls) in Aufbereitungsanlagen dient der Entgasung, Entwässerung und Entsalzung von Rohöl. Die unmittelbar aus den Bohrlöchern gewonnenen Rohöle entsprechen in ihrer Zusammensetzung nicht den Erfordernissen zum sicheren und problemlosen Transport in Rohrleitungen, da sie Verunreinigungen, einen Gasanteil und vor allem Wasser enthalten. Es erfolgt keine Stoffumwandlung. Störende Beimengungen, insbesondere mit dem Erdöl gefördertes Begleitgas (Erdölgas), Salze und

Wasser werden entfernt, um Rohöl geeigneter Qualität für die Beförderung in Rohrleitungen (Pipelines) zu erzeugen.

### Aktivitätsraten

Tabelle 120: Fördermenge Erdöl

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
3.606	2.959	3.113	3.573	2.516	2.638	2.439

(Jahresbericht des WEG, 2014).

### Emissionsfaktoren

Tabelle 121: Verwendete Emissionsfaktoren für die Förderung und Aufbereitung

Gas	Emissionsfaktor	Methode	Quelle
CO <sub>2</sub>	88,5 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung
CH <sub>4</sub>	90,4 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung
NMVOG	9,1 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung

### Emissionen und Trend

Tabelle 122: Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.ii

Gas	Gesamtemissionen			Trend gegenüber		Erläuterung
	1990	2013	2014	1990	Vorjahr	
Methan	1.081 t	277 t	482 t	-44 %	74 %	Die Emissionen sinken gegenüber 1990 aufgrund fallender Produktionsmenge und verbesserter emissionsmindernder Techniken im Bereich Förderung und Aufbereitung.
Kohlendioxid	460 t	271 t	290 t	-63 %	7 %	
NMVOG	108 t	28 t	63 t	-58 %	125 %	

#### 3.3.2.1.2.2 Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)

Die Emissionen aus der Förderung und Aufbereitung werden von den Betreibern gemessen bzw. errechnet und im jährlichen WEG Bericht veröffentlicht. Die Emissionsfaktoren werden aus den berichteten Emissionen und der Aktivitätsrate in Tabelle 120 ermittelt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach dem Tier 2 Ansatz.

#### 3.3.2.1.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)

Die Unsicherheiten in der Kategorie werden bei der Aktivitätsrate mit 5 bis 10 % angegeben und beruhen auf Schätzungen von Experten des WEG und der nationalen Experten.

Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren in der Kategorie entsprechen 25 %.

#### 3.3.2.1.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.ii)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die verwendeten Emissionsfaktoren entsprechen der Größenordnung der IPCC Guidelines 2006 angegebenen Emissionsfaktoren.

Tabelle 123: IEF Vergleich mit IPCC Default Werten

Gas	Verwendeter CS Emissionsfaktor	IPCC GL 2006 (Tabelle 4.2.4)	
	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]	Einheit in [Gg/1000m <sup>3</sup> ]	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]
CO <sub>2</sub>	102,4 g/m <sup>3</sup>	1,1*10 <sup>-07</sup> bis 2,6*10 <sup>-04</sup>	0,11 – 260,00
CH <sub>4</sub>	170,3 g/m <sup>3</sup>	1,5*10 <sup>-06</sup> bis 6,0*10 <sup>-02</sup>	1,50 – 60.000
NMVOG	22,3 g/m <sup>3</sup>	1,8*10 <sup>-06</sup> bis 4,5*10 <sup>-03</sup>	1,80 – 4500,0

### 3.3.2.1.3 „Öl, Transport“ (1.B.2.a.iii)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	Tier 2	AS	CS
NMVOG	Tier 2	AS	CS

#### 3.3.2.1.3.1 Beschreibung der Kategorie „Öl, Transport“ (1.B.2.a.iii)

Die Emissionen der Kategorie setzen sich aus den Tätigkeiten der Branche der Logistikunternehmen und Betreiber von Rohrleitungen und Rohrleitungsnetzen zusammen. Nach der Vorbehandlung wird Rohöl zu den Anlagen der Verarbeitung befördert.

Der Transport von Rohöl erfolgt fast ausschließlich mittels Rohrfernleitungen. Die Rohrfernleitungen sind ortsfest und im Regelfall unterirdisch verlegt. Anders als beim übrigen Verkehr wird der Transport nicht durch Umschlagvorgänge unterbrochen.

#### Aktivitätsraten

Tabelle 124: Transport von im Inland produziertem Rohöl

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
3.606	2.959	3.113	3.573	2.516	2.638	2.439

(Jahresbericht des WEG, 2015).

Tabelle 125: Transport von importiertem Rohöl in kt

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
84.043	86.063	89.280	97.474	98.084	104.662	102.061

(Jahresbericht des WEG, 2015).

Tabelle 126: Transport von Rohöl mittels Binnentankschiffen

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
88,9	66,6	111,8	176,4	5,6	72,0	53,8

(Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 4, Tabelle 2.1).

#### Emissionsfaktoren

Tabelle 127: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Transport von Rohöl“

Quellgruppe	Aktivität (AR)	Einheit	Gas	Emissionsfaktor (EF)	Einheit
Transport von importiertem Rohöl	102,06	Mio. t/a	NMVOG	0,055	kg/t
			CH <sub>4</sub>	0,0055	
Transport von im Inland produziertem Rohöl	2,44		NMVOG	0,11	
			CH <sub>4</sub>	0,011	

#### Emissionen und Trend

Tabelle 128: Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.iii

Gas	Gesamtemissionen			Trend		Erläuterung
	1990	2013	2014	seit 1990	gegenüber Vorjahr	
NMVOG	5.051 t	6.067 t	5.897 t	17 %	- 3 %	Der steigende Trend wird im Wesentlichen durch die höhere Menge an transportiertem Öl bestimmt.
CH <sub>4</sub>	502 t	605 t	588 t	21 %	- 3 %	

### 3.3.2.1.3.2 Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Transport“ (1.B.2.a.iii)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach dem Tier-2 Ansatz.

Der Emissionsfaktor für Methan wurde für die Pipelines aus den IPCC Guidelines 2006 übernommen, für die Binnentankschiffe von Experten geschätzt. Im Forschungsvorhaben Theloke et al „Ermittlung von Emissionsfaktoren und Aktivitätsraten im Bereich 1.B.2.a.i bis vi“ (2013) wurden diese Emissionsfaktoren bestätigt. Da Rohrfernleitungen ständig überwacht werden und es nur sehr selten zu Störfällen kommt (CONCAWE – „Performance of European cross country oil pipelines“) treten Emissionen nur in geringen Maßen an Umschlagspunkten auf. Der Emissionsfaktor ist daher sehr konservativ.

Der Emissionsfaktor beinhaltet den Umschlag/das Einpumpen in der Förderstation und sämtliche Infrastruktur (Verbindungen, Regler, Messgeräte) entlang der Pipelines sowie den Umschlag an der Raffinerie und wurde unter konservativen Annahmen ermittelt. Für die importierte Menge wird nur ein Übergabepunkt (nur Ausspeisestation) angenommen, da die Einspeisestation ins Pipelinennetz nicht auf nationalem Gebiet liegt.

### 3.3.2.1.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Transport“ (1.B.2.a.iii)

Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren werden mit +/- 20 % quantifiziert, die Aktivitätsraten mit +/- 10 %. Die Emissionsfaktoren und die Aktivitätsraten sind über die gesamte Zeitreihe konsistent.

### 3.3.2.1.3.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Förderung und Vorbehandlung“ (1.B.2.a.iii)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die verwendeten Emissionsfaktoren entsprechen der Größenordnung der in den IPCC Guidelines 2006 angegebenen Emissionsfaktoren.

Tabelle 129: IEF Vergleich mit IPCC Default Werten

Gas	Verwendeter CS Emissionsfaktor	IPCC GL 2006 (Tabelle 4.2.4)	
	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]	Einheit in [Gg/1000m <sup>3</sup> ]	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]
CH <sub>4</sub>	6 g/m <sup>3</sup>	5,4*10-06	5,4
NMVOG	55 g/m <sup>3</sup>	5,4*10-05	54,0

### 3.3.2.1.4 „Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2	AS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	AS	CS
SO <sub>2</sub>	Tier 2	AS	CS
CO	Tier 2	AS	CS
NO <sub>x</sub>	Tier 2	AS	CS
NMVOG	Tier 2	AS	CS

### 3.3.2.1.4.1 Beschreibung der Kategorie „Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)

Die Emissionen der Kategorie setzen sich aus den Tätigkeiten der Branche der Raffinerien und der Verarbeitungsbetriebe der Mineralölindustrie zusammen. In Deutschland werden

Rohöl und Mineralölzwischenprodukte verarbeitet. Die Betriebe erhalten überwiegend Rohöl zur Verarbeitung. Die Verarbeitung erfolgt in technisch modernen Anlagen.

Raffinerietanklager enthalten sowohl Rohöle als auch Zwischen- und Fertigprodukte und unterscheiden sich daher von raffineriefernen Tanklagern sowohl hinsichtlich der gelagerten Produkte als auch der umgeschlagenen Mengen. Raffinerieferne Tanklager dienen insbesondere der Zwischenlagerung von Heizöl, Ottokraftstoffen sowie Diesel.

Für Tankprüfungen und zu Reparaturzwecken werden Tanks geleert und gereinigt. Bei der Tankreinigung wird zwischen Rohöltanks und Produktentanks unterschieden. Die Rohöltankreinigung ist aufgrund der Sedimentabsetzungen wesentlich aufwendiger als bei Produktentanks. Diese enthalten keine sedimentierbaren Stoffe und werden deshalb nur bei Produktwechsel gereinigt. Entsprechend einer Abschätzung von [Müller-BBM, 2009b] kann davon ausgegangen werden, dass die Emissionsfaktoren für die Lagerung von Rohölen und Mineralölprodukten Reinigungsvorgänge mit berücksichtigen.

### Aktivitätsraten

Tabelle 130: Verarbeitete Menge an Rohöl

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
107.058	96.475	107.632	114.589	95.398	90.935	91.307

(Jahresbericht MWV 2015).

Tabelle 131: Auslastungsgrad der Raffinerien

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
106,2	92,1	95,3	99,5	81,1	88,6	88,3

(UBA interne Berechnung, MWV Jahresbericht 2015).

Tabelle 132: Rohöldestillationskapazität in Raffinerien, in kt

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
100.765	104.750	112.940	115.630	117.630	102.635	103.406

(Jahresbericht MWV 2015).

Tabelle 133: Lagerkapazität von Tanklagern in Raffinerien und Pipelineterminals, in Mio m<sup>3</sup>

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
27,2	28,4	24,9	24,0	22,5	22,4	22,4

(Jahresbericht MWV 2015).

Tabelle 134: Lagerkapazität von raffineriefernen Tanklagern, in Mio m<sup>3</sup>

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
41,9	41,2	46,0	44,2	43,2	41,1	41,1

(Jahresbericht MWV 2015).

### Emissionsfaktoren

Tabelle 135: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Diffuse Emissionen in Raffinerien“

Gas	Emissionsfaktor	Methode	Quelle
CH <sub>4</sub>	0,647 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
CO	0,598 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
CO <sub>2</sub>	594,001 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
SO <sub>2</sub>	0,439 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
NM VOC	24,647 g/t	Teir 2	Expertenschätzung

NO <sub>x</sub>	0,001 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
-----------------	-----------	--------	-------------------

Tabelle 136: Verwendeter Emissionsfaktor für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Anodenherstellung in Raffinerien“

Gas	Emissionsfaktor	Methode	Quelle
CO <sub>2</sub>	200,4 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung

Tabelle 137: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Lagerung und Reinigung von Rohöl in Tanklagern von Raffinerien“

Gas	Emissionsfaktor	Methode	Quelle
CH <sub>4</sub>	0,016 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
NM VOC	0,144 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung

Tabelle 138: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Lagerung von flüssigen Mineralölprodukten in raffineriefernen Tanklagern“

Gas	Emissionsfaktor	Methode	Quelle
CH <sub>4</sub>	5 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung
NM VOC	100 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung

Tabelle 139: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.iii „Lagerung von gasförmigen Mineralölprodukten in raffineriefernen Tanklagern“

Gas	Emissionsfaktor	Methode	Quelle
CH <sub>4</sub>	150 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung
NM VOC	500 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung

## Emissionen und Trend

Tabelle 140: Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.iv

Gas	Gesamtemissionen			Trend seit 1990	Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung
	1990	2013	2014			
Kohlendioxid	282.240 t	320.813 t	289.460 t	2 %	10 %	Der Trend beim CO <sub>2</sub> wird durch die Anodenherstellung beeinflusst. Der fallende Trend wird bei Methan und NMVOC durch verbesserte Emissionsminderungstechniken in Raffinerien und bei der Lagerung von Raffinerieprodukten beeinflusst.
Methan	14.502 t	8.074 t	8.089 t	- 44 %	1 %	
NM VOC	97.183 t	41.692 t	41.812 t	- 57 %	3%	

### 3.3.2.1.4.2 Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt für alle Teilbereiche nach dem Tier-2 Ansatz.

#### Verarbeitung

Die verwendeten Emissionsfaktoren für NMVOC, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> und SO<sub>2</sub> stammen aus Auswertungen der Emissionserklärungen 2004 und 2008 von Theloke et al. (2013).

#### Anodenherstellung

Die Aktivitätsrate errechnet sich aus der Menge an Petrolkoks abzüglich des Eigenverbrauchs (Katalysatorabbrand – siehe 1.A.2). Die Daten stammen aus der amtlichen Mineralölstatistik [BAFA 2014]. Dieser sogenannte Grünkoks wird zur Veredelung durch eine Kalzinierung verarbeitet. Der Emissionsfaktor errechnet sich aus dieser Aktivitätsrate und den Emissionsdaten des ETS.

*Tanklager in Raffinerien*

Nach Ergebnissen des Forschungsprojekts „Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11. BImSchV - Bereich Lageranlagen“ [Müller-BBM, 2009b] wird für die Abschätzung der Emissionen aus der Lagerung in Raffinerien als Aktivitätsrate die Rohöldestillationskapazität herangezogen. Als Emissionsfaktor kann für die diffusen VOC-Emissionen der in der VDI-Richtlinie 2440 genannte Wert von 0,16 kg/t angesetzt werden. Davon abgeleitet wurde der EF für Methan (5-10 % von 0,16 kg) und entsprechend abgezogen.

*Raffinerieferne Tanklager*

Aus der Auswertung der Emissionserklärungen für Lageranlagen lassen sich laut Müller-BBM (2009b) wegen des offensichtlich sehr unterschiedlichen Emissionsverhaltens der einzelnen Anlagen keine für Einzelanlagen repräsentative Emissionsfaktoren ableiten. Es konnten jedoch aggregierte Emissionsfaktoren gebildet werden, indem für die jeweiligen Datenkollektive die Summen aller Emissionen auf die Summen aller Kapazitäten bezogen wurden. In raffineriefernen Tanklagern kann zwischen der Lagerung von flüssigen und gasförmigen Mineralölprodukten unterschieden werden, da die Daten in der entsprechenden Differenzierung vorliegen.

### 3.3.2.1.4.3 *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)*

Für die Emissionsfaktoren für die Verarbeitung von Rohöl wurden Unsicherheiten von +/- 20 % angenommen. Die Unsicherheiten der Aktivitätsraten werden mit +/- 10 % angenommen. Für den Bereich Lagerung und Reinigung werden die Gesamtunsicherheiten der Emissionen mit +/- 40 % eingeschätzt. Diese Angaben beruhen auf Schätzungen von nationalen Experten sowie aus dem Forschungsbericht von Müller-BBM (2009b) und Theloke et al. (2013).

Emissionsfaktoren und Aktivitätsraten sind über die komplette Zeitreihe konsistent.

### 3.3.2.1.4.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Verarbeitung und Lagerung“ (1.B.2.a.iv)*

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Ein Abgleich mit anderen Ländern ist aufgrund der Komplexität der Kategorie nicht möglich. Dies wurde auch auf dem EU-Workshop in Dessau 2014 deutlich. Für eine Vergleichbarkeit mit den IPCC Guidelines wurden die Faktoren der Raffinierung und der Rohöllagerung aufsummiert.

Tabelle 141: IEF Vergleich mit IPCC Default Werten

Quelle	Gas	Verwendeter CS Emissionsfaktor Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]	IPCC GL 2006 (Tabelle 4.2.4)	
			Einheit in [Gg/1000m <sup>3</sup> ]	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]
Lagerung	CH <sub>4</sub>	13,8		
Raffinierung	CH <sub>4</sub>	0,56		
<b>Summe</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>14,4</b>	<b>2,6*10<sup>-06</sup> - 41,0*10<sup>-06</sup></b>	<b>2,6 - 41,0</b>
Lagerung	NM VOC	124,1		
Raffinierung	NM VOC	21,5		
<b>Summe</b>	<b>NM VOC</b>	<b>145,6</b>	<b>0,0013</b>	<b>1.300</b>

Der Emissionsfaktor für Methan liegt im Bereich des Default-Wertes der IPCC Guidelines. Der von NMVOC liegt eine Größenordnung niedriger, jedoch ist der Default-Wert mit einer Unsicherheit von +/- 100% behaftet. Der Faktor im EMEP Guidebook (Tabelle 3-1) liegt bei 0,2 kg/t, was 172 g/m<sup>3</sup> entspricht und somit in der Größenordnung des deutschen Emissionsfaktors.

### 3.3.2.1.5 „Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
NMVOC	Tier 2	AS	CS

#### 3.3.2.1.5.1 Beschreibung der Kategorie „Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)

Die Kategorie umfasst den Transport und Umschlag von Ölprodukten mittels Binnentankschiffen, Rohrleitungen, Eisenbahnkesselwagen und Straßentankfahrzeugen sowie die Reinigung der Transportfahrzeuge.

### Aktivitätsraten

Tabelle 142: Tankstellenbestand in Deutschland, Anzahl

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
19.317	17.957	16.324	15.187	14.744	14.622	14.562

(MWV 2015).

Tabelle 143: Verteilte Mengen an Mineralölprodukten, in kt

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Dieselmotorkraftstoff	21.817	26.208	28.922	28.531	32.128	34.840	35.587
Flugturbinenkraftstoff	4.584	5.455	6.939	8.049	8.465	8.802	8.526
Leichtes Heizöl	31.803	34.785	27.875	25.380	21.005	19.829	16.807
Ottomotorkraftstoff	31.257	30.333	28.833	23.431	19.634	18.422	18.527

(MWV 2015).

Tabelle 144: Transport von Mineralöl mittels Binnentankschiffen, in kt

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
3.000	3.000	3.000	2.783	6.358	5.058	4.839

(Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 4, Tabelle 2.1; Daten vor 2001 Schätzungen des UBA).

### Emissionsfaktoren

Die nachfolgend aufgeführten Emissionsfaktoren wurden in der Studie [Theloke et al. 2013] verifiziert. Das Modell bei der Emissionsberechnung von Ottomotorkraftstoffen wird im Kapitel 3.3.2.1.5.2 erläutert.

Mineralölprodukte werden mittels Binnentankschiffen, Rohrleitungen für Produkte, Eisenbahnkesselwagen und Straßentankfahrzeugen transportiert und zwischen den jeweiligen Tanks umgeschlagen. Die Betankungsemissionen von Flugzeugen werden von Experten als nicht vorhanden eingeordnet, da bei der Betankung Trockenkupplungen zum Einsatz kommen. Die Emissionen bei der Befüllung von privaten Heizölkesseltanks sind durch hohe Sicherheitsstandards ebenfalls sehr gering.

In dieser Kategorie werden Mineralölprodukte umgeschlagen und verteilt, die in der Raffinerie einer fraktionierten Destillation unterzogen wurden, bei der gasförmige Produkte bereits abgetrennt wurden – daher werden keine signifikanten Methanemissionen erwartet. Lediglich bei der Lagerung einiger Mineralölprodukte können geringe Mengen Methan entweichen.

Tabelle 145: Verwendete NMVOC Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.v „Verteilung von Ottokraftstoffen“

Emissionsverursachender Vorgang	Emissionsfaktor [kg/t]	Methode	Quelle
Tropfverluste bei der Betankung an der Tankstelle	0,117 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
Verteilung von Tankwagen zu Tankstelle (20. BImSchV – Gaspendingung)	1,4 <sup>34</sup> kg/t	M (Tier 2)	Expertenschätzung
Ventilierung beim Transport mit Binnentankschiffen	0,025 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
Verteilung von Tank Tankstelle zu Tank Fahrzeug (21. BImSchV – Gasrückführung)	1,4 kg/t	M (Tier 2)	Expertenschätzung

Tabelle 146: Verwendete NMVOC Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.v „Verteilung von Dieselmotorkraftstoffen“

Emissionsverursachender Vorgang	Emissionsfaktor [kg/t]	Methode	Quelle
Tropfverluste bei der Betankung an Tankstelle	0,1 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
Transport von Raffinerie zu Transportfahrzeug	0,008 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
Verteilung von Tank Tankstelle zu Tank Fahrzeug	0,003 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung

Tabelle 147: Verwendete NMVOC Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.v „Verteilung von leichtem Heizöl“

Emissionsverursachender Vorgang	Emissionsfaktor [kg/t]	Methode	Quelle
Tropfverluste bei der Betankung an Umschlagsstation	0,0011 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
Transport von Raffinerie zu Transportfahrzeug	0,0053 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
Verteilung von Tank Tankstelle zu Tank Fahrzeug	0,0063 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung

Tabelle 148: Verwendete NMVOC Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.a.v „Verteilung von Flugturbinenkraftstoffen“

Emissionsverursachender Vorgang	Emissionsfaktor [kg/t]	Methode	Quelle
Tropfverluste bei der Betankung an Umschlagsstation	0 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
Transport von Raffinerie zu Transportfahrzeug	0,055 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
Verteilung von Tank Tankstelle zu Tank Fahrzeug	0,02 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung

## Emissionen und Trend

Tabelle 149: Emissionen der Kategorie 1.B.2.a.v

Gas	Gesamtemissionen			Trend seit 1990	Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung
	1990	2013	2014			
NMVOC	82,8 kt	13,3 kt	13,2 kt	- 75 %	-1 %	Die sinkenden Emissionen sind im Wesentlichen auf die Einführung der 20. und 21. BImSchV zurückzuführen und die damit verbundene stufenweise Einführung von Gasrückführungs- und Gaspendingungsanlagen

### 3.3.2.1.5.2 Methodische Aspekte der Kategorie „Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)

#### Transport

Nach dem Transport von Ottokraftstoffen mittels **Binnentankschiffen** befinden sich in den entladenen Tanks noch erhebliche Mengen an Ottokraftstoffdämpfen. Die Tanks müssen z.B. bei Ladungswechsel oder Werftaufenthalt entgast (ventiliert) werden. Bei einer durchschnittlichen Anzahl von 277 Ventilierungen pro Jahr ergibt sich eine emittierte Menge von 336 - 650 t NMVOC [BIPRO 2010]. Zur Berechnung der Emissionen wird der höchste Wert angenommen.

Jährlich werden etwa 13 Mio. m<sup>3</sup> Ottokraftstoffe in Deutschland mit **Kesselwagen** per Bahn transportiert. Durch Umschlag (Befüllen/Entladen) und Verluste aus den Tanks werden jährlich lediglich 1.400 t VOC emittiert [UBA 2004b]. Die Emissionssituation macht deutlich, dass der

<sup>34</sup> Faktor ist ohne Minderungsmaßnahmen – siehe hierzu [Tabelle 150](#)

technische Ausrüstungsstand von Eisenbahnkesselwagen und Umschlagseinrichtungen bereits ein hohes Niveau erreicht hat.

### Tankstellen

Beim Umfüllen aus Tankfahrzeugen in Lagertanks und bei der Betankung von Kraftfahrzeugen gelangt eine bedeutsame Menge an diffusen Emissionen von VOC in die Umwelt. Zur Ermittlung der Emissionen wird ein einheitlicher Emissionsfaktor von 1,4 kg/t herangezogen. Dies entspricht der Sättigungskonzentration von Kohlenwasserstoffdämpfen und damit der maximal möglichen Emissionsmenge ohne Minderungsmaßnahmen.

Mit den 1992 und 1993 immissionsschutzrechtlichen Vorschriften (20. und 21. BImSchV) für Tankstellen zur Begrenzung dieser Emissionen wurden Minderungsmaßnahmen gefordert. Diese betreffen sowohl den Bereich des Umfüllens und der Lagerung von Ottokraftstoffen (20. BImSchV) als auch den Bereich der Betankung von Fahrzeugen mit Ottokraftstoffen an Tankstellen (21. BImSchV).

Der Einsatz vorgeschriebener Minderungstechniken wie die Installation von Gaspindelungs- (20. BImSchV) und Gasrückführungssystemen (21. BImSchV) und der Einsatz von automatischen Überwachungseinheiten (mit der Novellierung der 21. BImSchV am 6.5.2002) führten zu einem stetigen Rückgang der VOC-Emissionen, was durch den Anwendungsgrad abgebildet wird (Tabelle 150).

Für die Berechnung der Emissionen werden die Anwendungs- und Wirkungsgrade der beiden Verordnungen auf den Tankstellenbestand mit berücksichtigt. Mit den derzeit vorhandenen technischen Möglichkeiten wird von folgenden Annahmen ausgegangen:

Tabelle 150: Anwendungs- und Wirkungsgrad der 20. und 21. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV) an Tankstellen

Verordnung		Faktor	
20. BImSchV	Gaspindelung	Anwendungsgrad	98 %
		Wirkungsgrad	98 %
21. BImSchV	Gasrückführung	Anwendungsgrad	98 %
		Wirkungsgrad	85 %

Für die Berechnung der Emissionen wird dann folgende Formel herangezogen:

$$\text{Emission} = \text{Aktivitätsrate} * \text{ungeminderter Emissionsfaktor (aus Tabelle 145)} * (\text{Anwendungsgrad} * (1 - \text{Wirkungsgrad}) + (1 - \text{Anwendungsgrad}))$$

### Reinigung von Transportfahrzeugen

Die Tankinnenreinigung wird vor Reparaturarbeiten, vor Sicherheitsprüfungen, bei einem Produktwechsel oder bei einem Mietwechsel durchgeführt.

Derzeit wird im Inventar die Reinigung von Eisenbahnkesselwagen berücksichtigt. Die bei der Entleerung der Eisenbahnkesselwagen verbleibenden Restmengen, zwischen 0 und 30 Litern (in Ausnahmefällen bis zu mehreren 100 Litern), emittieren in der Regel nicht vollständig. Sie sind eine Quelle für Emissionen bei der Tankinnenreinigung.

Jährlich erfolgen etwa 2.500 Reinigungsvorgänge bei Ottokraftstoffkesselwagen. Die bei der Tankinnenreinigung von Kesselwagen entstehenden Emissionen über die Abluft betragen ca. 40.000 kg/a VOC [UBA 2004b, S.34].

Weitere Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung können nur noch gering die Emissionen in dieser Kategorie beeinflussen. Durch eine Kombination verschiedener technischer und organisatorischer Maßnahmen lassen sich die aktuellen Emissionen jedoch noch etwas weiter reduzieren. Eine wesentliche Ursache für Emissionen während der Handhabung z.B. beim Umschlag in Eisenbahnkesselwagen sind vor allem die Restmengen, die beim Entleeren zurückbleiben und beim nächsten Befüllvorgang über das Mannloch emittieren können. In diesem Zusammenhang wird untersucht, inwieweit die „best practice“ an allen Umschlagstationen konsequent umgesetzt werden und dies bei der Bestimmung der Emissionen berücksichtigt werden muss. Außerdem führt eine Verbesserung des Tankeinfüllstutzens zu einem höheren Wirkungsgrad bezüglich der Vermeidung der VOC-Emissionen während des Betankungsvorgangs.

Nach dem UBA-Text (2004b) wird 1/3 der Transporte mit Eisenbahnkesselwagen durchgeführt. Die übrigen 2/3 der Transporte erfolgen mit anderen Transportmitteln, vorwiegend mit Tanklastwagen.

Es wird davon ausgegangen, dass die im Bericht vorgenommene Aufteilung von 1/3 zu 2/3 auch auf die entstehenden Emissionen bei der Reinigung bezogen werden kann. Derzeit umfasst das Inventar Emissionen aus der Reinigung von Eisenbahnkesselwagen in Höhe von 36.000 kg NMVOC. Daraus wurde abgeleitet, dass die Emissionen bei der Reinigung der anderen Transportmittel – hauptsächlich Straßentankfahrzeuge – ca. 70.000 kg NMVOC betragen.

Eine konsequentere Erfassung der Emissionen bei der Öffnung des Mannlochs im Kesselwagen (es entweichen ca. 14,6 m<sup>3</sup>) sowie eine weitergehende Behandlung der Abluft aus der Tankinnenreinigung können VOC-Emissionen zusätzlich reduzieren. Zur Abluftreinigung wird eine einstufige Aktivkohleadsorption angenommen. Damit kann bei einer Ausgangsbeladung von 1 kg/m<sup>3</sup> die Abluftkonzentration um 99,5 % auf unter 5 g/m<sup>3</sup> gemindert werden. Somit verbleiben Restemissionen von lediglich 1,1 t. Dies entspricht einer Minderung gegenüber der ermittelten 36,5 t/a (ohne Adsorption) um ca. 97 % [UBA, 2004b, S.34].

#### 3.3.2.1.5.3 *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)*

Die Unsicherheiten in der Kategorie werden bei den Emissionsdaten mit +/- 20% (95%-Konfidenzintervall, Normalverteilung) angegeben, die Aktivitätsraten zu +/- 5% quantifiziert [Theloke et.al. 2013].

#### 3.3.2.1.5.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Öl, Verteilung von Ölprodukten“ (1.B.2.a.v)*

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Ein Vergleich mit anderen Ländern lässt sich nicht durchführen, da in den CRF-Tabellen nicht ersichtlich ist, welche Faktoren für die berichteten Emissionen einen Einfluss hatten. Ferner haben in der Submission 2013 lediglich Spanien und Schweden NMVOC Emissionen in diese Kategorie berichtet. Bei den Methanemissionen lassen sich nur für Island und Kroatien IEF ableiten. Ein Abgleich mit den IPCC Guidelines 2006 lässt sich nicht durchführen, da dort keine Default-Faktoren angegeben sind.

**3.3.2.2 Gas (1.B.2.b)**

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	1.B.2.b Fugitive Emissions from Fuels: Natural Gas	Gaseous Fuels	CH <sub>4</sub>	7.946,8	0,65%	4.849,0	0,55%	-39,0%
-/-	1.B.2.b Fugitive Emissions from Fuels: Natural Gas	Gaseous Fuels	CO <sub>2</sub>	1.405,6	0,12%	1.265,9	0,14%	-9,9%

Die Kategorie 1.B.2.b „Erdgas“ ist für CH<sub>4</sub>-Emissionen aus Erdgas eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe, dem Trend sowie der Tier-2-Analyse.

**3.3.2.2.1 „Gas, Exploration“ (1.B.2.b.i)**

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	IE	IE	IE
NMVOG	IE	IE	IE

**3.3.2.2.1.1 Beschreibung der Kategorie „Gas, Exploration“ (1.B.2.b.i)**

Die Kategorie 1.B.2.b.i wird zusammen mit der Kategorie 1.B.2.a.i (Exploration, Erdöl) behandelt. Dementsprechend sind die zusammengefassten nicht unterteilten Daten von 1.B.2.b.i in der Kategorie 1.B.2.a.i enthalten.

**3.3.2.2.1.2 Methodische Aspekte der Kategorie „Gas, Exploration“ (1.B.2.b.i)**

Eine Differenzierung der Explorationsen nach Öl und Gas wurde untersucht [Öko 2014], jedoch aufgrund fehlender Statistiken und der sehr geringen Emissionsmengen nicht weiter verfolgt. Die Emissionen sind somit komplett für Öl- und Gasexploration unter 1.B.2.a.i ausgewiesen.

**3.3.2.2.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Gas, Exploration“ (1.B.2.b.i)**

Zur Erläuterung der Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz 1.B.2.a.i.

**3.3.2.2.1.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Gas, Exploration“ (1.B.2.b.i)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt. Zur Erläuterung der Verifizierung siehe 1.B.2.a.i.

**3.3.2.2.2 „Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)**

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	Tier 2	AS	CS
NMVOG	Tier 2	AS	CS

**3.3.2.2.2.1 Beschreibung der Kategorie „Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)**

Die Emissionen der Kategorie setzen sich aus den Tätigkeiten bei der Förderung zusammen.

**Aktivitätsraten**

Tabelle 151: Fördermenge Erdgas

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
15,3	19,1	20,1	18,8	12,7	9,8	9,2

(Jahresbericht des WEG, 2015).

**Emissionsfaktoren**

Tabelle 152: Verwendete Emissionsfaktoren für die Förderung

Gas	Emissionsfaktor	Methode	Quelle
CO <sub>2</sub>	0,11 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung
CH <sub>4</sub>	0,17 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung
NMVOG	0,01 g/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung

**Emissionen und Trend**

Tabelle 153: Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.ii

Gas	Gesamtemissionen			Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung
	1990	2013	2014		
Methan	5.799 t	1.889 t	1.581 t	- 72 %	Die Emissionen sinken gegenüber 1990 aufgrund fallender Produktionsmenge und verbesserter emissionsmindernder Techniken
Kohlendioxid	1.450 t	1.135 t	965 t	- 33 %	
NMVOG	580 t	127 t	110 t	- 81 %	

**3.3.2.2.2 Methodische Aspekte der Kategorie „Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)**

Die Emissionen aus der Förderung werden seit 1998 durch den WEG ermittelt und im Jahresbericht publiziert. Vor 1998 wurden die Emissionen mittels Default-Faktoren aus den IPCC Guidelines 2006 ermittelt. Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach dem Tier-2 Ansatz.

**3.3.2.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)**

Die Unsicherheiten in der Kategorie werden bei der Aktivitätsrate mit 5 % angegeben und beruhen auf Schätzungen von Experten des WEG und der nationalen Experten.

Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren in der Kategorie entsprechen 10 %.

**3.3.2.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Gas, Förderung“ (1.B.2.b.ii)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die verwendeten Emissionsfaktoren entsprechen der Größenordnung der in den IPCC Guidelines 2006 angegebenen Emissionsfaktoren.

Tabelle 154: IEF Vergleich mit IPCC Default Werten

Gas	Verwendeter CS Emissionsfaktor	IPCC GL 2006 (Tabelle 4.2.5)	
	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]	Einheit in [Gg/106m <sup>3</sup> ]	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]
CO <sub>2</sub>	0,11 g/m <sup>3</sup>	1,4*10 <sup>-05</sup> bis 1,8*10 <sup>-04</sup>	0,014 – 0,18
CH <sub>4</sub>	0,17 g/m <sup>3</sup>	3,8*10 <sup>-04</sup> bis 2,4*10 <sup>-02</sup>	0,380 – 24,0
NMVOG	0,01 g/m <sup>3</sup>	9,1*10 <sup>-05</sup> bis 1,2*10 <sup>-03</sup>	0,091 – 1,20

**3.3.2.2.3 Gas, Verarbeitung (1.B.2.b.iii)**

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	Tier 2	AS	CS
CO	Tier 2	AS	CS
SO <sub>2</sub> , NMVOC	Tier 2	AS	CS

**3.3.2.2.3.1 Beschreibung der Kategorie (1.B.2.b.iii)**

Die Emissionen der Kategorie setzen sich aus den Tätigkeiten der Vorbehandlung und Verarbeitung zusammen.

Aus der Tiefe kommendes Erdgas wird über Tage zunächst in Trocknungs- und Aufbereitungsanlagen behandelt. Diese Vorbehandlung des Erdgases findet in der Regel in Anlagen auf der Förderstation statt. Dabei werden mitgefördertes Lagerstättenwasser, flüssige Kohlenwasserstoffe und Feststoffe abgeschieden. Der noch verbliebene Wasserdampf wird dem Gas unter Verwendung von Glykol entzogen [WEG 2008a<sup>35</sup>, S. 25]. Gastrocknungsanlagen sind in sich geschlossene Systeme, bei denen alle Überdruckabsicherungen aus Sicherheitsgründen in ein Fackelsystem eingebunden sind. Für den Fall der Auslösung dieser Druckabsicherung wird das überschüssige Gas zu einer Fackelspitze geleitet und kann dort sicher verbrannt werden. Das nach der Trocknung verkaufsgerechte Erdgas kann dem Kunden direkt über Pipelines geliefert werden [EXXON 2014]. Die Menge an abgefackeltem Gas wird unter 1.B.2.c berichtet.

Das aus der geologischen Formation des Zechsteins in Deutschland geförderte schwefelwasserstoffhaltige Erdgas - so genanntes Sauergas - erfordert eine spezielle Aufbereitung. Dieses Gas wird durch gesonderte und wegen der Gefährlichkeit des Schwefelwasserstoffs zusätzlich gesicherte Rohrleitungen in die deutschen Aufbereitungsanlagen transportiert, wo ihm in chemisch-physikalischen Waschprozessen der Schwefelwasserstoff entzogen wird. In Deutschland werden bei der Erdgasförderung ca. 40 % Sauergas mitgefördert (WEG 2008).

Das Erdgas verlässt die Aufbereitungsanlage in verbrauchsfähiger Qualität. Der Schwefelwasserstoff wird in elementarem Schwefel umgewandelt und dient hauptsächlich der chemischen Industrie als Grundstoff.

**Aktivitätsraten**

Tabelle 155: Schwefelproduktion aus der Erdgasgewinnung in Deutschland

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
915	1.053	1.100	1.050	832	755	708

(Jahresbericht des WEG, 2015).

Die Förderung von Erdgas wird im Kapitel 3.3.2.2.1 in Tabelle 151 aufgelistet.

**Emissionsfaktoren**

Tabelle 156: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.b.iii „Aufbereitung“

Gas	Emissionsfaktor	Methode	Quelle
NMVOC	0,01 kg/ Tsd. m <sup>3</sup>		
CH <sub>4</sub>	0,11 kg/ Tsd. m <sup>3</sup>	Tier 2	Verbandsdaten
CO <sub>2</sub>	344 kg/ Tsd. m <sup>3</sup>		

<sup>35</sup> WEG 2008a: Erdgas-Erdöl, Entstehung-Suche-Förderung, Hannover, 34 Seiten

## Emissionen und Trend

Tabelle 157: Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.iii

Gas	Gesamtemissionen			Trend seit 1990	Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung
	1990	2013	2014			
Methan	1.272 t	1.195 t	- 77 %	- 6 %	1.272 t	Der Erfassung von Luftemissionen der E&P-Industrie erfolgt nach einem industrieweit abgestimmten Verfahren <sup>36</sup> . Daher schwanken die jährlichen Emissionswerte zum Teil und ergeben keine Gerade. Der starke Anstieg beim NMVOC erklärt sich durch den Methodenwechsel.
Kohlendioxid	1.597 kt	1.265 kt	- 15 %	- 21 %	1.597 kt	
NMVOC	98 t	92 t	297 %	- 6 %	98 t	

3.3.2.2.3.2 *Methodische Aspekte (1.B.2.b.iii)*

Die Berechnung der Emissionen erfolgte nach dem Tier-2 Ansatz.

Für die Sauer gasaufbereitung werden Daten des WEG seit 2000 verwendet. Diese stammen aus Messungen und Berechnungen der Mitglieder. Vor 2000 wird der mittlere CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 0,23 t/Tsd.m<sup>3</sup> aus Österreich angewandt, da nach Aussagen des WEG die deutsche Entschwefelungsanlage mit der österreichischen Anlage vergleichbar ist.

Zur Berechnung der Emissionen aus der Sauer gasaufbereitung wird ein Splitfaktor bezogen auf die Aktivitätsrate von 0,4 verwendet. Diese Angabe zum Splitfaktor basiert auf dem WEG-Bericht zur Sauer gasbehandlung (WEG, 2008a).

3.3.2.2.3.3 *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.b.iii)*

Die Unsicherheiten in der Kategorie werden bei den Emissionsdaten mit 10 bis 30 % angegeben. Diese Angaben beruhen auf Schätzungen der nationalen Experten und liegen in der angegebenen Spanne relevanter Default-Emissionsfaktoren [IPCC GPG 2000; Kapitel 2.7.1.6.].

3.3.2.2.3.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.B.2.b.iii)*

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Tabelle 158: IEF Vergleich mit IPCC Default Werten

Quelle	Verwendeter CS Emissionsfaktor		IPCC GL 2006 (Tabelle 4.2.4) <sup>37</sup>	
	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]		Einheit in [Gg/10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ]	
CO <sub>2</sub>	344		7,9*10 <sup>-06</sup> + 3,6*10 <sup>-3</sup> + 6,3*10 <sup>-2</sup>	
CH <sub>4</sub>	0,11		9,7*10 <sup>-05</sup> + 2,4*10 <sup>-6</sup>	
NMVOC	0,01		6,8*10 <sup>-05</sup> + 1,9*10 <sup>-6</sup>	

Ein Vergleich mit den IPCC Default Faktoren [Tabelle 4.2.4 in den IPCC GL 2006] zeigt den nationalen Emissionsfaktoren für Methan in der Bandbreite der Defaultfaktoren. Der für Kohlendioxid übersteigt den Wert aber massiv, jedoch liegt Deutschland im Vergleich mit Österreich in derselben Größenordnung. Ein Abgleich mit anderen Ländern konnte nicht

<sup>36</sup> WEG: „Leitfaden zu Erfassung der Umweltdaten der WEG Mitgliedsfirmen“, Eigenverlag, letzte Überarbeitung Sept. 2006

<sup>37</sup> Addition von diffusen und Fackelemissionen sowie Rohgasventilierung (Raw-CO<sub>2</sub>-venting)

durchgeführt werden, da in den CRF Tabellen nicht ersichtlich ist, welcher Anteil aufbereiteten Erdgases dem Sauer gas zuzuordnen ist.

Tabelle 159: Kohlendioxid-Emissionsfaktorvergleich

Quelle	Verwendeter CS Emissionsfaktor Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]
Österreich	230
Deutschland	344

### 3.3.2.2.4 Gas, Weiterleitung (1.B.2.b.iv)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub> (Weiterleitung)	Tier 3	AS	CS
CH <sub>4</sub> (Speicherung)	Tier 2	AS	CS

#### 3.3.2.2.4.1 Beschreibung der Kategorie (1.B.2.b.iv)

Die Emissionen der Quellgruppe setzen sich aus den Tätigkeiten der Branche der Gasproduzenten und der Gasversorger zusammen. In Deutschland wird Gas von Betrieben/Anlagen der Förderung und der Verarbeitung zu Unternehmen der Gasversorgung und Gasverarbeitung weitergeleitet. Ferner erfolgen Import und Weiterleitung von Erdgas mittels Fernleitungen.

Zur Weiterleitung von Gas werden fast ausschließlich Stahlleitungen verwendet [DBI 2014a].

#### Aktivitätsraten

Tabelle 160: Länge der Hochdruckfernleitungen [km]

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
22.696	29.866	32.214	34.086	35.503	35.575	35.575

[BDEW-Daten sowie Internetrecherche unter Fernnetzbetreiber]

Ein Teil des Erdgases wird zur zeitlichen Unterbrechung (zur Wahrung der Versorgungssicherheit) der Weiterleitung in unterirdischen Speichern zwischengelagert.

Tabelle 161: Unterirdische Gasspeichervolumina [Angaben in Milliarden Kubikmeter]

	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013	2014
Kavernenspeicher	2,8	4,8	6,1	6,8	9,2	12,1	13,2	14,3
Porenspeicher	5,2	8,5	12,5	12,4	12,1	10,8	10,6	10,3

[Jahresbericht des WEG, 2015]

Ein wesentlicher Emissionspfad sind Verdichter, die zur Druckaufrechterhaltung an den Leitungen. ca. aller 100 km (GASUNIE 2014) eingesetzt werden. Derzeit haben diese Verdichter eine Gesamtleistung von ca. 2550 MW Daten aus "Netzentwicklungsplan Gas 2012". Hinzu kommen Absperrrichtungen (Schieber), die sich aus Sicherheitsgründen im Abstand von ca. 30 km entlang der Hochdruckleitungen befinden sowie Gas-Druckregel(mess)anlagen (GDR(M)A).

#### Emissionsfaktoren

In Deutschland wird gefördert Erdgas von den Förderfeldern und den dortigen Förderstationen (auf Land und vor der Küste), sowie importiertes Erdgas hauptsächlich über Rohrleitungen weitergeleitet.

Tabelle 162: Verwendete Methan-Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.b.iv „Weiterleitung“

Einrichtung	Wert	Methode	Quelle
Hochdruckfernleitung	159 kg/km	T3	Expertenschätzung
Verdichter	30.229 m <sup>3</sup> /MW	T2	Expertenschätzung
Schieberknoten	46.845 m <sup>3</sup> /No.	T2	Expertenschätzung
Gas-Druckregel(mess)anlagen	764 m <sup>3</sup> /No	T2	Expertenschätzung
Kavernenspeicher	0,05 kg/Tsd.m <sup>3</sup> (Vn) <sup>38</sup>	T2	Expertenschätzung
Porenspeicher	0,05 kg/Tsd.m <sup>3</sup> (Vn) <sup>39</sup>	T2	Expertenschätzung

## Emissionen und Trend

Tabelle 163: Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.iv

Gas	Gesamtemissionen			Trend seit 1990	Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung
	1990	2013	2014			
Methan	44,4 kt	76,31 kt	76,3 kt	72 %	0 %	Die Emissionen steigen aufgrund des Zubaus neuer Fernhochdruckleitungen und damit verbundenen Verdichtern sowie Meß- und Sicherheitseinrichtungen.

### 3.3.2.2.4.2 Methodische Aspekte (1.B.2.b.iv)

Die Berechnung der Emissionen aus Erdgastransport erfolgte nach dem Tier-3 Ansatz.

Die Berechnung der Emissionen aus Erdgasspeicherung, aus Verdichterstationen, Gas-Druckregel(mess)anlagen und Schieberknoten erfolgte nach dem Tier-2 Ansatz.

Der Emissionsfaktor der unterirdischen Erdgasspeicherung wurde mittels Betreiberbefragung und Auswertung von Störungsstatistiken ermittelt [Müller-BBM 2012] und ist gültig für Poren- und Kavernenspeicher. Er wird als sehr konservativ angesehen. Der Emissionsfaktor für die Verdichteranlagen sowie die Schieberknoten stammt aus dem Forschungsvorhaben DBI 2014b.

Oberirdische Gasspeicher werden unter 1.B.2.b.v berichtet.

### 3.3.2.2.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.b.iv)

Die Unsicherheiten in der Kategorie werden bei den Emissionsdaten mit 10 bis 30 % angegeben. Diese Angaben beruhen auf Schätzungen der nationalen Experten und liegen in der angegebenen Spanne relevanter Default-Emissionsfaktoren (IPCC GPG 2000; Kapitel 2.7.1.6.). Für die Untergrundspeicher wird eine Unsicherheit von -50% angenommen, da die verwendeten Faktoren mit einem sehr konservativen Ansatz ermittelt wurden.

### 3.3.2.2.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.B.2.b.iv)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

<sup>38</sup> Verfügbares Arbeitsgasvolumen normiert auf 273 K und 1013 hPa.

<sup>39</sup> Verfügbares Arbeitsgasvolumen normiert auf 273 K und 1013 hPa.

Ein Vergleich der Kategorie mit den IPCC Default Faktoren (Tabelle 4.2.8) zeigt, dass die Emissionsfaktoren für Methan innerhalb der angegebenen Bandbreite liegen.

Tabelle 164: IEF Vergleich mit IPCC Default Werten

Einrichtung	CS-Emissionsfaktor	IPCC GL 2006 – Tabelle 4.2.8
Verdichter	30.229 m <sup>3</sup> /MW	6.000 – 100.000 m <sup>3</sup> /MW
Absperreinrichtungen (Schieberknoten) <sup>40</sup>	46.845 m <sup>3</sup> /No.	1.000 – 50.000 m <sup>3</sup> /No

Die Emissionsfaktoren der Verdichter und Absperreinrichtungen sind im Bereich der IPCC Faktoren. Alle verwendeten Emissionsfaktoren wurden mittels mehrerer Vorhaben (DBI 2014a und DBI 2014b) verifiziert. Der Faktor für die Schieberknoten wird als sehr konservativ angesehen, da dieser in einer Studie für das russische Transportnetz aufgestellt wurde (Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie; Max-Planck-Institut für Chemie, „Treibhausgasemissionen des russischen Erdgas-Exportpipeline-Systems,“ Wuppertal; Mainz, 2005.).

### 3.3.2.2.5 Gas, Verteilung (1.B.2.b.v)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	Tier 3	AS	CS

#### 3.3.2.2.5.1 Beschreibung der Kategorie (1.B.2.b.v)

Die durch die Gasverteilung verursachten Emissionen sind trotz deutlich gestiegener Gasdurchleitungen und eines gegenüber 1990 deutlich erweiterten Verteilungsnetzes leicht zurückgegangen. Ursache hierfür ist zum einen die Erneuerung des Gasverteilungsnetzes insbesondere im Osten Deutschlands. So wurde insbesondere der Anteil der Graugussrohre im Niederdrucknetz reduziert und durch emissionsärmere Kunststoffrohrleitungen ersetzt. Eine weitere Ursache dieser Reduzierung ist die Minderung der diffusen Verteilungsverluste in der Folge technischer Verbesserungen (technisch dichte Armaturen wie Flansche, Ventile, Pumpen, Kompressoren) als Resultat der Implementierung von Anforderungen zur Emissionskontrolle aus Regularien (TA Luft 1986 und 2002, VDI-Richtlinie 2440, 11-2000).

### Aktivitätsraten

Tabelle 165: Gasverteilungsnetz

Parameter	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Gesamtlänge Leitungsnetz <sup>41</sup> [km]	282.612	366.987	362.388	402.391	471.886	500.000	505.000

[132. Gasstatistik 2012, eigene Erhebung]

Tabelle 166: Anzahl Erdgasfahrzeuge in Deutschland

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Anzahl	0	0	7.500	28.500	90.000	98.172	99.818

[Kraftfahrtbundesamt, eigene Erhebung]

<sup>40</sup> Der Emissionsfaktor errechnet sich aus den Komponenten Ausbläser und der Armatur (DBI 2014b); es wird angenommen, dass sich der angegebene IPCC Default-Faktor aufgrund der sehr hohen Werte auf die Schieber und nicht auf die Messstationen bezieht

<sup>41</sup> Die angegebenen Daten beinhalten auch die Hausanschlussleitungen

**Emissionsfaktoren**

Einrichtung	Wert	Methode	Quelle
Niederdruck aus Stahl und duk. Guss	372 kg/km	Tier 3	Expertenschätzung
Niederdruck aus Kunststoff	51 kg/km	Tier 3	Expertenschätzung
Niederdruck aus Grauguss	445 kg/km	Tier 3	Expertenschätzung
Mitteldruck aus Stahl und duk. Guss	207 kg/km	Tier 3	Expertenschätzung
Mitteldruck aus Kunststoff	28 kg/km	Tier 3	Expertenschätzung
Hochdruck aus Stahl und duk. Guss	62 kg/km	Tier 3	Expertenschätzung
Hochdruck aus Kunststoff	0,3 kg/km	Tier 3	Expertenschätzung
Obertagespeicher	5 kg/Tsd.m <sup>3</sup> (Vn) <sup>42</sup>	Tier 2	Expertenschätzung
Gasdruckregel(mess)anlagen	256 kg/No	Tier 2	Expertenschätzung
Erdgasfahrzeuge	0,33 kg/Fahrzeug	Tier 2	Expertenschätzung

**Emissionen und Trend**

Tabelle 167: Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.v

Gas	Gesamtemissionen			Trend seit 1990	Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung
	1990	2013	2014			
Methan	255,5 kt	125,3 kt	124,2 kt	- 51 %	0 %	Die Emissionen sinken aufgrund der emissionsärmeren Materialien im Leitungsnetz – insbesondere durch den Austausch der Graugussrohre

**3.3.2.2.5.2 Methodische Aspekte (1.B.2.b.v)****Rohrleitungsnetz**

Die Berechnung erfolgt mittels Tier-3-Ansatzes auf der Grundlage der verfügbaren BDEW-Netzstatistiken und eigenen Erhebungen. In den frühen 1990er Jahren wurden auch die Emissionen der Verteilung von Stadtgas in die Berechnungen einbezogen. Das Stadtgasverteilungsnetz hatte 1990 einen Anteil von 16 % am gesamten Gasnetz, davon 15 % im Graugussnetz- und 85 % im Stahl- und Duktulgussbereich.

Die Emissionsfaktoren des Verteilungsnetzes wurden vom 2012 [STOLLER, DBI 2012] und 2014 [DBI 2014] verifiziert.

Der verwendete Emissionsfaktor für Methan von 256 kg/Station für die Gas-Druckregel(mess)anlagen im Verteilungsnetz wurden von Experten des UBA auf Basis der Daten der DBI Studie 2014b ermittelt.

**Speicher**

Zur Einlagerung von mittleren Erdgasmengen zum Ausgleich kurzzeitiger Verbrauchsschwankungen eignen sich künstliche oberirdische Speicher. In Deutschland stehen hierzu Kugel- und Röhrenspeicher sowie weitere Niederdruckbehälter zur Verfügung. Aufgrund der Ergebnisse eines Forschungsvorhabens [Müller-BBM 2012] konnten landesspezifische Emissionsfaktoren ermittelt werden. Die Berechnung der Emissionen erfolgt mittels Tier-2-Ansatz.

**Erdgasfahrzeuge und Tankstellen**

Weiterhin gibt es in Deutschland einen steigenden Trend zur Nutzung von erdgasbetriebenen Fahrzeugen. Diese werden an CNG-Tankstellen, welche an das öffentliche Netz angeschlossen sind, mittels Kompressoren aus Hochdruckzwischen Speichern betankt. Es gibt

<sup>42</sup> Verfügbares Arbeitsgasvolumen normiert auf 273 K und 1013 hPa.

derzeit ca. 900 CNG-Tankstellen landesweit [Müller-BBM 2012]. Aufgrund der hohen Sicherheitsanforderungen bei der Betankung und auch bei den Tanks selbst, sind daher die Emissionen mit ca. 30 t pro Jahr sehr gering und werden im Wesentlichen bei der Druckprüfung und bei Entleerung von Tanks verursacht. Die Berechnung der Emissionen erfolgt mittels Tier-2-Ansatz.

#### *Kälteverflüssigtes Erdgas (LNG)*

Erdgas lässt sich bei  $-161^{\circ}\text{C}$  verflüssigen und ist somit transportgeeignet. Dieser Prozess ist allerdings sehr energieintensiv und wird nur zur Überbrückung großer Distanzen angewendet. In Deutschland existiert derzeit kein LNG-Umschlagsterminal [Müller-BBM 2012]. Importe aus anderen Ländern erfolgen im Wesentlichen in gasförmiger Form über die Fernleitungen und werden unter 1.B.2.b.iv berücksichtigt.

In Deutschland existieren derzeit eine Erdgasverflüssigungsanlage und zwei Satellitenspeicheranlagen. Dortige Speicherungen und Umschlagvorgänge unterliegen höchsten sicherheitstechnischen Anforderungen, so dass Emissionen ausgeschlossen sind. Lediglich bei Wartungen können Kleinstmengen an Gas entweichen. Die Mengen bewegen sich im unteren dreistelligen Kilogramm Bereich [Müller-BBM 2012].

#### *3.3.2.2.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.b.v)*

Die Unsicherheiten in der Kategorie werden bei den Emissionsdaten mit 20-30 % angegeben. Diese Angaben beruhen auf Schätzungen von Experten und liegen in der angegebenen Spanne relevanter Default-Emissionsfaktoren [IPCC GL 2006, Tabelle 4.2.4].

#### *3.3.2.2.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.B.2.b.v)*

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Ein Vergleich der Kategorie mit anderen Ländern konnte aufgrund von nicht-ineinander umrechenbarer Einheiten nicht durchgeführt werden.

Tabelle 168: IEF Vergleich mit IPCC Default Werten

Methode	EF	AR	EM
CS (nur Verteilnetz)	97 kg/km <sup>43</sup>	505.000 km	49 kt
IPCC 2006	1,1 * 10 <sup>-3</sup> Gg/Mio.m <sup>3</sup>	85 Mrd. m <sup>3</sup>	94 kt

Die Emissionen liegen bei beiden Methoden in ähnlicher Größenordnung. Der IPCC Defaultfaktor liegt etwas höher, da hier vermutlich die Gasdruckregelanlagen mit enthalten sind.

#### **3.3.2.2.6 Gas, Sonstige Leckagen (1.B.2.b.vi)**

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	Tier 2	AS	CS

<sup>43</sup> Gewichteter EF

3.3.2.2.6.1 *Beschreibung der Kategorie (1.B.2.b.vi)*

Die Kategorie beschreibt die Emissionen aus der Leckage im industriellen Bereich sowie bei Haushalten und Kleinverbraucher. Die Aktivitätsraten basieren auf den Ergebnissen der BDEW Gasstatistik und eigenen Erhebungen.

**Aktivitätsraten**

Tabelle 169: Verwendete Aktivitätsraten für die Kategorie 1.B.2.b.vi „diffuse Emissionen bei Erdgas-Anwendern“

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
Anzahl der Gaszähler in Haushalten und Kleinverbrauchern [Mio.]	10,3	12,7	12,8	13,3	12,9	12,9	13,0
Energieverbrauch der Industrie [TWh]	323	361	370	399	335	322	322

[BDEW, eigene Erhebung]

**Emissionsfaktoren**

Tabelle 170: Verwendete Methan-Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.b.vi „diffuse Emissionen bei Erdgas-Anwendern“

Betriebsstätte	Gas	Wert	Methode	Quelle
Gaszähler und Armaturen in Haushalten und Kleinverbrauchern	CH <sub>4</sub>	2 m <sup>3</sup> /No <sup>44</sup>	Tier 2	Expertenschätzung
Armaturen in Industrieanlagen	CH <sub>4</sub>	0,4 m <sup>3</sup> /Tsd.m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung

**Emissionen und Trend**

Tabelle 171: Emissionen der Kategorie 1.B.2.b.vi

Gas	Gesamtemissionen			Trend gegenüber Vorjahr	Erläuterung	
	1990	2013	2014			
Methan	29,1 kt	26,4 kt	26,6 kt	- 9%	0 %	Der Rückgang ist zum einen durch die sinkende Anzahl an gasbetriebenen Endgeräten (insb. Gasherde) und zum anderen durch emissionsärmere Installationen zurückzuführen

3.3.2.2.6.2 *Methodische Aspekte (1.B.2.b.v)*

Die Emissionsfaktoren sind landesspezifisch und wurden mittels des Forschungsvorhabens "Methanemissionen durch den Einsatz von Gas in Deutschland von 1990 bis 1997 mit einem Ausblick auf 2010"; Fraunhofer ISI, 2000 ermittelt. Laut der Regelwerke DIN EN 1359, 3376-1, 3376-2 und der dort vorgeschriebenen Dichtheitsprüfung kann ein maximal zulässiger Wert von 1-5 l/h abgeleitet werden. Diese Werte werden jedoch beim 1,5 fachen Betriebsdruck ermittelt. Nationale Experten halten demnach den Wert von 2 m<sup>3</sup>/Jahr für anwendbar. Emissionen die bei der Initialzündung an Endgeräten auftreten, sind bereits unter 1.A.4 berücksichtigt. Emissionen durch Undichtigkeiten an Hausanschlussleitungen sind aus statistischen Gründen unter 1.B.2.b.iv enthalten.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach dem Tier-2 Ansatz.

<sup>44</sup> Durchschnittlicher Faktor bezogen auf Erdgasverlust pro Anzahl an Gaszähler in Haushalten

3.3.2.2.6.3 *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.b.v)*

Die Unsicherheiten in der Kategorie werden bei den Emissionsdaten mit 20 % angegeben. Diese Angaben beruhen auf Schätzungen von Experten und liegen in der angegebenen Spanne relevanter Default-Emissionsfaktoren [IPCC GPG 2000, Kapitel 2.7.1.6.].

3.3.2.2.6.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (1.B.2.b.v)*

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Ein Vergleich der Kategorie mit anderen Ländern wurde durch VERICO SCE 2014 durchgeführt. Hierbei zeigten sich erhebliche Differenzen zu den Nachbarländern. Zwar weisen mehrere Länder Emissionen in dieser Kategorie auf, jedoch liegen diese im Schnitt zwei Größenordnungen unter den deutschen Werten. Die IPCC Guidelines 2006 geben zwar keine Methodenbeschreibung für diese Kategorie vor, jedoch in Tabelle 4.2.8 eine Bandbreite der zu erwartenden Emissionen vor.

Tabelle 172: IEF Vergleich mit IPCC Default Werten

Einrichtung	CS-Emissionsfaktor	IPCC GL 2006 – Tabelle 4.2.8
Anwenderverluste	2 m <sup>3</sup> /No. <sup>45</sup>	2 bis 20 m <sup>3</sup> /No.

3.3.2.3 **Abfackelung und Entlüftung (1.B.2.c)**

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	1.B.2.c Venting and Flaring		CO <sub>2</sub>	543,5	0,04%	366,6	0,04%	-32,6%
-/-	1.B.2.c Venting and Flaring		CH <sub>4</sub>	1,6	0,00%	2,6	0,00%	57,7%
-/-	1.B.2.c Venting and Flaring		N <sub>2</sub> O	1,1	0,00%	0,2	0,00%	-84,9%

Die Kategorien in der übergeordneten Gruppe der diffusen Emissionen aus 1.B.2.c "Abfackelung und Entlüftung" umfasst die direkt ausgeblasenen und über eine Verbrennung in die Atmosphäre emittierten Treibhausgase und Luftschadstoffe. Die Emissionen aus Entlüftungsvorgängen werden in den Kategorien 1.B.2.a.iv für Öl sowie 1.B.2.b.iii und 1.B.2.b.iv für Gas berücksichtigt.

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	benutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2	AS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	AS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	AS	CS
NMVOG	Tier 2	AS	CS

Die Kategorie 1.B.2.c „Abfackelung und Entlüftung“ ist keine Hauptkategorie.

3.3.2.3.1.1 *Beschreibung der Kategorie „Abfackelung und Entlüftung“ (1.B.2.c)*

Nach den allgemeinen Vorgaben aus der TA-Luft (2002) sind Gase und Dämpfe sowie Wasserstoff und Schwefelwasserstoff, die aus Druckentlastungsarmaturen und Entleerungseinrichtungen austreten, in ein Gassammelsystem einzuleiten. Die erfassten Gase werden soweit wie möglich in Prozessfeuerungen verbrannt. Sofern dies nicht möglich ist,

<sup>45</sup> Der Emissionsfaktor für die Emissionen in der Industrie konnte nicht mit in den Vergleich gezogen werden, da die Einheiten sich nicht umrechnen lassen.

werden die Gase einer Fackel zugeführt. Die Fackeln müssen mindestens die Anforderungen an Fackeln zur Verbrennung von Gasen aus Betriebsstörungen und Sicherheitsventilen erfüllen. Die Fackel ist für eine Raffinerie und für andere Anlagen in den Kategorien 1.B.2 eine unbedingt notwendige Sicherheitseinrichtung. Bei der Verarbeitung von Rohöl können aus unterschiedlichen Gründen gelegentlich zu hohe Drücke in den Prozessanlagen entstehen. Damit in solchen Fällen der Druck nicht so hoch wird, dass Behälter und Rohrleitungen platzen, muss der Überdruck durch Sicherheitsventile abgebaut werden können. Sicherheitsventile lassen das Produkt in Leitungen ab, die zur Fackel führen. Dort können die Gase, die bei Überdruck ausströmen, kontrolliert verbrannt werden. Durch Einrichtungen zur Fackelgasrückgewinnung wird der größte Teil der anfallenden Gase verflüssigt und wieder in den Verarbeitungsprozess rückgeführt oder in der Raffinerie für Feuerungszwecke genutzt. Kohlenwasserstoffe werden dabei zu mehr als 99 % zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O umgesetzt. Am Fackelkopf ist daher selten mehr als eine kleine Zündflamme zu sehen.

### Aktivitätsraten

Tabelle 173: Verarbeitete Rohölmenge, in Mio. t

1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014
107	96	108	115	95	91	91

(Jahresbericht des MWV, 2015).

### Emissionsfaktoren

Abfackelungsaktivitäten finden auf Förderanlagen und in Raffinerien statt. In Raffinerien werden diese differenziert nach Regelbetrieb und nach Störungs- bzw. An-/Abfahrbetrieb.

Tabelle 174: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.c „Fackelemissionen bei der Erdgasförderung“

Gas	Wert	Methode	Quelle
CO <sub>2</sub>	1,777 kg/m <sup>3</sup>	Tier 2	Expertenschätzung
NO	2*10 <sup>-8</sup> kg/m <sup>3</sup>	Tier 1	IPCC Defaultwert

Tabelle 175: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.c „Fackelemissionen an Erdölförderanlagen“

Gas	Wert	Methode	Quelle
CO <sub>2</sub>	9,1 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
N <sub>2</sub> O	0,55 g/t	Tier 1	IPCC Defaultwert

Emissionen von Methan und NMVOC sind bereits bei der Förderung enthalten. Laut WEG sind die Emissionen von Lachgas verschwindend gering. Um konservativ zu bleiben, wurde zur Berechnung der IPCC Defaultwert angenommen.

Tabelle 176: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.c „Fackelemissionen an Raffinerien: Abfackelung-Normalbetrieb“

Gas	Wert	Methode	Quelle
CH <sub>4</sub>	0,29 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
CO <sub>2</sub>	2,86 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
N <sub>2</sub> O	0,01 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
CO	0,33 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
NMVOC	2,80 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
SO <sub>2</sub>	8,43 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
NO <sub>x</sub> (als NO <sub>2</sub> )	0,41 g/t	Tier 2	Expertenschätzung

Tabelle 177: Verwendete Emissionsfaktoren für die Kategorie 1.B.2.c „Fackelemissionen an Raffinerien: Abfackelung-Störung“

Gas	Wert	Methode	Quelle
CH <sub>4</sub>	0,08 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
CO <sub>2</sub>	1,28 kg/t	Tier 2	Expertenschätzung
N <sub>2</sub> O	0,3 mg/t	Tier 2	Expertenschätzung
CO	4,16 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
NMVOC	2,27 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
SO <sub>2</sub>	15,23 g/t	Tier 2	Expertenschätzung
NO <sub>x</sub> (als NO <sub>2</sub> )	3,49 g/t	Tier 2	Expertenschätzung

Die Emissionsfaktoren wurden aus den Emissionserklärungen 2004 und 2008 abgeleitet (Theloke et al 2013).

### Emissionen und Trend

Tabelle 178: Emissionen der Kategorie 1.B.2.c „Abfackelung und Entlüftung“

Gas	Gesamtemissionen			Trend		Erläuterung
	1990	2013	2014	seit 1990	gegenüber Vorjahr	
Methan	66 t	104 t	104 t	58 %	0 %	Die Emissionen durch die Fackelanlagen sind aufgrund verbesserter Gasrückführtechniken kontinuierlich zurückgegangen
Kohlendioxid	544 kt	368 kt	369 kt	-32 %	0 %	
NMVOC	521 t	408 t	408 t	-22 %	0 %	

#### 3.3.2.3.1.2 Methodische Aspekte der Kategorie „Abfackelung und Entlüftung“ (1.B.2.c)

Emissionen bei der Entlüftung werden in der Kategorie 1.B.2.b.iii berücksichtigt. Die SO<sub>2</sub>-Emissionen werden ermittelt aus der Aktivitätsrate von 11.648 Tsd. m<sup>3</sup> abgefackeltes Erdgas [WEG 2013, S. 57] und einem Emissionsfaktor von 0,140 kg/ 1000 m<sup>3</sup>, welcher einen durchschnittlichen H<sub>2</sub>S-Gehalt von 5 Vol. % berücksichtigt.

Die Emissionsfaktoren wurden aus den Emissionsberichten, der Rohöldestillationskapazität und der Gesamtauslastung der deutschen Raffinerien gebildet. Als Basis dient das Auswertungsgutachten von Theloke et al. (2013).

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach dem Tier-2 Ansatz.

#### 3.3.2.3.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz der Kategorie „Abfackelung und Entlüftung“ (1.B.2.c)

Für die Emissionsfaktoren der Abfackelungsprozesse im Normalbetrieb werden quantitative Unsicherheiten von +/-10 % (95 % Konfidenzintervall, Normalverteilung) angenommen. Die Unsicherheiten der Aktivitätsraten werden mit +/-5 % (95 % Konfidenzintervall, Normalverteilung) angenommen.

Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren störungsbedingter Abfackelungsprozesse (Störungs-, An- und Abfahrbetrieb) sind weitaus größer, da die Emissionsmenge jedes Jahr sehr unterschiedlich sein kann. Sie werden mit -90 %/ +300 % (95% Konfidenzintervall, Lognormal-Verteilung) abgeschätzt. Die Unsicherheiten der Aktivitätsraten werden mit +/-10 % (95 % Konfidenzintervall, Normalverteilung) angenommen (Theloke et al. 2013).

### 3.3.2.3.1.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung der Kategorie „Abfackelung und Entlüftung“ (1.B.2.c)*

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Ein Vergleich der Kategorie mit den IPCC Guidelines zeigt einen erheblichen Unterschied der einzelnen Faktoren. Auf dem EU-Workshop in Dessau 04/2014 waren sich die Experten einig, dass die Defaultwerte deutlich über den aktuell in Europa vorhandenen Emissionsfaktoren liegen.

Tabelle 179: IEF Vergleich mit IPCC Default Werten

Gas und Einrichtung	Verwendeter CS Emissionsfaktor <sup>46</sup>	IPCC GL 2006 (Tabelle 4.2.4)	
	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]	Einheit in [Gg/1000m <sup>3</sup> ]	Einheit in [g/m <sup>3</sup> ]
CO <sub>2</sub> in Raffiniefackeln	3.569	3,4*10 <sup>-02</sup>	34.000
CH <sub>4</sub> in Raffiniefackeln	0,32	2,1*10 <sup>-05</sup>	21
NM VOC in Raffiniefackeln	4,37	1,7*10 <sup>-05</sup>	17
CO <sub>2</sub> in Erdölförderanlagen	7844	4,1*10 <sup>-02</sup>	41.000
CO <sub>2</sub> in Erdgasförderanlagen	1532	1,2*10 <sup>-03</sup>	1.200

### 3.3.2.4 **Geothermie (1.B.2.d)**

#### 3.3.2.4.1 *Beschreibung der Kategorie (1.B.2.d)*

Die Kategorie 1.B.2.d „Geothermie“ ist keine Hauptkategorie.

Geothermie ist eine regenerative Energieform. Geothermiesysteme, die die Erdwärme bis zu einer Tiefe von 400 Metern nutzen, zählen zur oberflächennahen Geothermie. Systeme der oberflächennahen Geothermie stellen über Wärmepumpen Wärme und Kälte bereit und dienen zur Brauchwassererwärmung. Geothermiesysteme, die die Erdwärme in Tiefen von größer als 400 Metern nutzen, zählen zur tiefen Geothermie. Geothermische Heizwerke versorgen Energieverbraucher über Fern- oder Nahwärme-/kältenetze mit Wärme und Kälte, indem der Wärmehalt des Thermalwasserstroms direkt genutzt wird. Geothermische Kraftwerke wandeln die Wärme des Thermalwasserstroms technisch in Strom und erzeugen i.d.R. in einem gekoppelten Prozess Strom und Wärme.

Bis Ende 2014 waren 29 Tiefengeothermieranlagen mit einer elektrischen Leistung von 31,4 MW und 254,0 MW thermischer Leistung in Betrieb, 7 Anlagen mit einer elektrischen Leistung von 5,7 MW und 44,00 MW thermischer Leistung befinden sich im Bau und weitere 35 Anlagen mit einer Kapazität von 85 MW elektrischer Leistung und 340 MW thermischer Leistung sind geplant.

Beim Betrieb der Geothermiekraftwerke und Geothermieheizwerke in Deutschland treten keine Emissionen von klimawirksamen Gasen auf. Der Thermalwasserkreislauf ist geschlossen und wird untertägig und obertägig unter Luftabschluss betrieben, so dass während des Betriebs keine Emissionen auftreten. Selbst eine Freisetzung der im Wärmeträgerfluid gelösten Gase - vor allem H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S – würde keine berichtenswerte Konzentration erreichen (vgl. „Umwelteffekte einer geothermischen

<sup>46</sup> Für Raffinerien ermittelt aus Mittelwert zwischen Normal- und Störungsbetrieb

Stromerzeugung, Analyse und Bewertung der klein- und großräumigen Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung“, FKZ 205 42 110, Kapitel A.2.3.5). Daher werden die Emissionen mit „NO“ berichtet. Der Eigenstrombedarf aller Geothermieanlagen, größtenteils Antriebsenergie für Pumpen, wurde im Jahr 2014 mit Strom aus dem Netz gedeckt und wird im Bericht unter den entsprechenden Quellgruppen inventarisiert.

#### **3.3.2.4.2 Methodische Aspekte (1.B.2.d)**

Das IPCC Reference Manual beschreibt keine Methodik für die Kategorie 1.B.2.d „Andere“ (IPCC, 1996: Band 3, S. 1.132f)

Emissionsfaktoren für Treibhausgase und Luftschadstoffe, die bei Bohrungen zur Erschließung der oberflächennahen und der tiefen Geothermie entweichen könnten, wurden in Deutschland nicht ermittelt. Wie aus der Exploration von Öl- und Gaslagerstätten bekannt, muss bei Bohrungen stets mit einer Freisetzung von im Untergrund gebundenen Gasen gerechnet werden – dies können H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S und Rn sein (vgl. „Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung Analyse und Bewertung der klein- und großräumigen Umwelteffekte einer geothermischen Stromerzeugung“, FKZ 205 42 110, Kapitel A.2.1.5). Bei Bohrungen für die oberflächennahe Geothermie, sind nur sehr geringe Emissionen zu erwarten. Bei allen geothermischen Tiefenbohrungen werden sogenannte „Blow-out-preventer“ eingesetzt, um einen Gasaustritt zu verhindern. Weiterhin werden mittels Bohrspülungen die ggf. im Bohrloch freigesetzten Gase gezielt in die durchteuften Gesteinsschichten zurückgedrängt. Eine Schätzung von THELOKE 2013 geht davon aus, dass sich die diffusen Emissionen bei der tiefen Geothermiebohrung im Kilogramm Bereich bewegen. Daher werden die Emissionen aus dieser Kategorie als NE berichtet, da ihr Beitrag zu den Gesamtemissionen unter 0.05 % des Gesamtinventars oder 500 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalente liegen (gemäß FCCC/SBSTA/2013/L.29/Add.1) und eine jährliche Bestandaufnahme nicht gewährleistet werden kann (gemäß FCCC/SBSTA/2013/L.29/Add.1, para 37). In Kapitel 5 wird einmalig der Emissionsbeitrag zum Gesamtinventar dargestellt. Die Zusammenstellung aller Quellen, für die der Eintrag „not estimated“ beibehalten wird, werden im Annex 5 (Kapitel 21) dargestellt.

#### **3.3.2.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (1.B.2.d)**

Erläuterungen zu Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz entfallen.

#### **3.3.2.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und –Verifizierung (1.B.2.d)**

Erläuterungen zu quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung entfallen.

#### **3.3.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (1.B.2 alle)**

Der Emissionsfaktor für die Verdichter (1.B.2.b.iii) im Transportnetz wurde in der letzten Berichterstattung falsch umgerechnet.

Die Leitungslängen (1.B.2.b.iii+iv) wurden vom BDEW in der neusten Veröffentlichung überarbeitet - die Aufteilung nach Materialien erfolgte nach Auswertung der Statistik des DVGW ab 2000 [DBI 2014a].

Tabelle 180: Rückrechnung in der Kategorie 1.B.2 - Methanemissionen in kt

	1990	1995	2000	2005	2010	2013
Submission 2015	387	402	372	331	295	307
Submission 2016	334	347	255	206	201	204
Differenz	53	55	117	125	94	103

### 3.3.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (1.B.2 alle)

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 4 INDUSTRIEPROZESSE (CRF SEKTOR 2)

### 4.1 Übersicht (CRF Sektor 2)

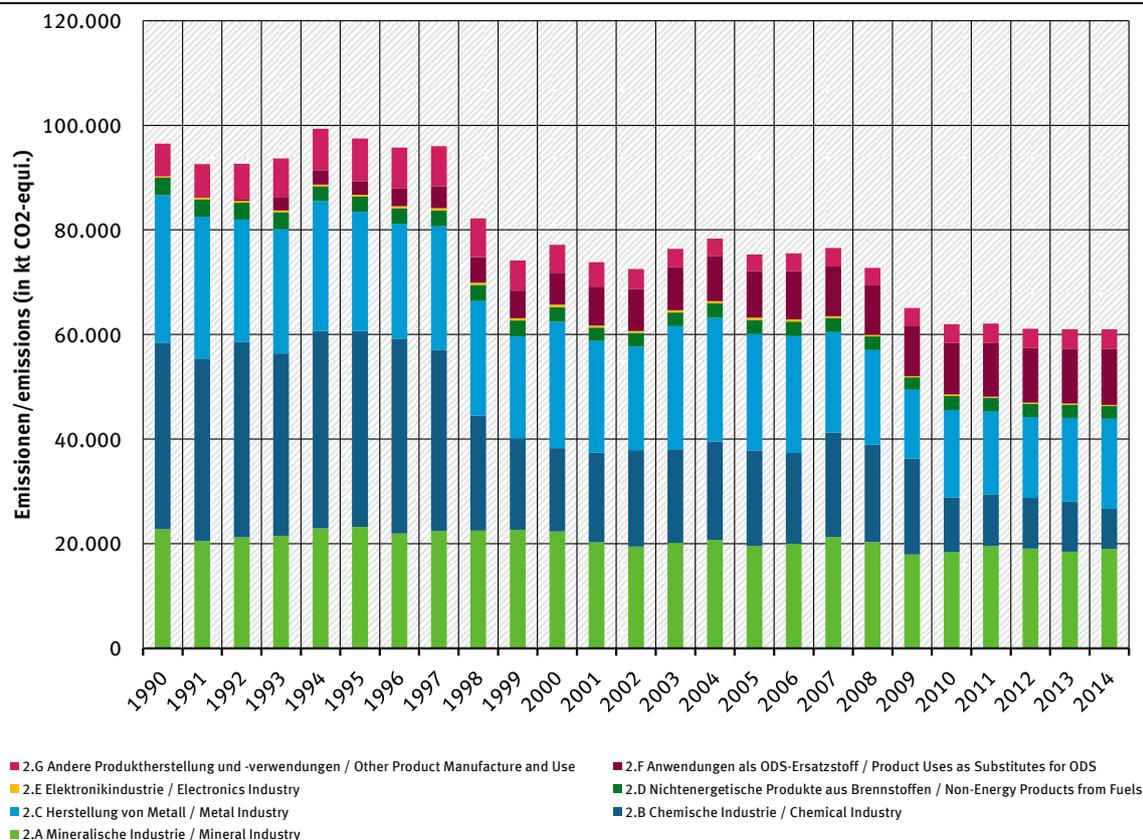


Abbildung 44: Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen des CRF-Sektors 2

### 4.2 Mineralische Industrie (2.A)

Die CRF-Quellkategorie 2.A Mineralische Industrie ist unterteilt in die Unterpunkte 2.A.1 bis 2.A.4. Dazu gehören:

- die Zementklinkerproduktion (2.A.1),
- das Kalkbrennen (2.A.2),
- die Glasherstellung (2.A.3)
- die Keramikproduktion (2.A.4.a)
- die sonstige Sodaverwendung (2.A.4.b),
- die Herstellung von nicht-metallurgischen Magnesiumprodukten (2.A.4.c)
- die weitere Verwendung von Kalkstein und Dolomit (2.A.4.d).

## 4.2.1 Mineralische Industrie: Zement (2.A.1)

### 4.2.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.1)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	2.A.1. Mineral Products: Cement Production	Clinker Burning	CO <sub>2</sub>	15.145,8	1,24%	12.651,6	1,43%	-16,5%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier2	AS	CS
NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	Tier 1	AS	CS

Die Kategorie *Zement* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend. Die weiteren Ausführungen beziehen sich nur auf die Zementklinkerproduktion, weil die Klinkermahlung als Staubquelle hier nicht relevant ist. Die Zementproduktion ist in Tabelle 181 nur als Bezugsgröße ohne Emissionsrelevanz aufgeführt.

Beim Klinkerbrennprozess werden klimarelevante Gase emittiert. Zum weit überwiegenden Teil ist dies CO<sub>2</sub>. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Rohmaterialien sind direkt an die Produktionsmengen des Zementklinkers gekoppelt. Laut Verein Deutscher Zementwerke (VDZ, 2015) betrug die Klinkerproduktion im Jahr 2014 23.871 kt<sup>47</sup>. Die rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden mit einem vom *Verein Deutscher Zementwerke* (VDZ) aus anlagenspezifischen Daten ermittelten, länderspezifischen Emissionsfaktor von 0,53 t CO<sub>2</sub>/t Zementklinker berechnet. Aus der Klinkerproduktion resultiert daher eine rohstoffbedingte CO<sub>2</sub>-Emission von 12.652 kt CO<sub>2</sub> im Jahr 2014.

Tabelle 181: Produktion und CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Zementindustrie

Jahr	Klinkerproduktion [kt/a]	Emissionsfaktor [t CO <sub>2</sub> /t]	Rohstoffbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt/a]	Zementproduktion (kt/a)
1990	28.577		15.146	37.772
1991	25.670		13.605	34.341
1992	26.983		14.301	37.331
1993	27.146		14.387	36.649
1994	28.658		15.189	40.512
1995	29.072		15.408	35.862
1996	27.669		14.664	34.318
1997	28.535		15.124	34.148
1998	29.039		15.391	35.601
1999	29.462		15.615	37.438
2000	28.494		15.102	35.414
2001	25.227	0,53	13.370	32.118
2002	23.954		12.696	31.009
2003	25.233		13.373	32.749
2004	26.281		13.929	31.854
2005	24.379		12.921	31.009
2006	24.921		13.208	33.630
2007	26.992		14.306	33.382
2008	25.366		13.444	33.581
2009	23.232		12.313	30.441

<sup>47</sup> Vorläufiger Wert (gerundet).

Jahr	Klinkerproduktion [kt/a]	Emissionsfaktor [t CO <sub>2</sub> /t]	Rohstoffbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt/a]	Zementproduktion (kt/a)
2010	22.996		12.188	29.915
2011	24.775		13.131	33.540
2012	24.581		13.028	32.432
2013	23.128		12.258	31.308
2014	23.871		12.652	32.099

Quelle: hergeleitet aus BdZ 2005 (bis 1994), VDZ, 2014 (ab 1995)

#### 4.2.1.2 Methodische Aspekte (2.A.1)

##### Aktivitätsdaten

Die Erhebung der Aktivitätsdaten beruht auf der Summierung einzelbetrieblicher Angaben, bis zum Jahr 1994 auf Basis von Daten des BDZ. Nach einer Optimierung der Datenerhebung innerhalb des Verbandes werden die Aktivitätsdaten ab 1995 vom VDZ bzw. dessen Forschungsinstitut der Zementindustrie in Düsseldorf durch Umfragen bei den deutschen Zementwerken und aus Angaben des BDZ zusammengestellt. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um die im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Monitorings veröffentlichten Daten, ergänzt um die Werke, die nicht Mitglieder im BDZ sind (teilweise Schätzung des VDZ). Dies entspricht dem Tier 2-Ansatz der IPCC Guidelines (IPCC, 2006, Band 3, Kap. 2.2.1.1).

In Tabelle 181 sind die Aktivitätsdaten für Zementklinker und Zement und die aus der Klinkerproduktion ermittelten rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Jahre 1990 bis 2014 zusammengefasst.

##### Emissionsfaktoren

Der für die Emissionsberechnung verwendete Emissionsfaktor von 0,53 t CO<sub>2</sub> / t Zementklinker beruht auf massengewichteten einzelbetrieblichen Angaben, d.h. der Emissionsfaktor wurde vom VDZ durch Aggregation anlagenspezifischer Daten zu den Anteilen von CaO und anderen (in den Rohmaterialien enthaltenen karbonathaltigen) Metalloxiden (MgO) im Klinker bestimmt. Der Emissionsfaktor wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes (VdZ, 2009) und in den Folgejahren vom VDZ bestätigt. Das Verfahren entspricht der Tier 2-Methode der IPCC Guidelines (IPCC, 2006: Band 3, Kap. 2.2.1.2) und wird als genauer als die Verwendung von Default-Emissionsfaktoren eingeschätzt.

Da in der deutschen Zementindustrie der aus dem Abgas abgeschiedene Staub wieder in den Brennprozess zurückgeführt wird, kann die Karbonatfreisetzung aus den Klinkerrohstoffen direkt aus dem Metalloxidgehalt des Klinkers bestimmt werden, ohne relevante Verluste über den Abgaspfad berücksichtigen zu müssen.

Der Emissionsfaktor von 0,53 t CO<sub>2</sub> / t Zementklinker wurde für die gesamte Zeitreihe in Ansatz gebracht.

Die rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Zementindustrie werden entsprechend der *IPCC Guidelines* (IPCC, 2006: Band 3, Gleichung 2.2) nach der folgenden Gleichung ermittelt:

$$\text{CO}_2\text{-Emissionen} = \text{Emissionsfaktor (EF}_{\text{Klinker}}) \times \text{Klinkerproduktion}$$

(Tabelle 181 enthält die berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Zementindustrie für die berichteten Jahre)

#### **4.2.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.1)**

Die Zeitreihenkonsistenz wird für die Aktivitätsdaten durch die langjährige Verbandsdatenerhebung und für den Emissionsfaktor durch den einheitlichen Ansatz für alle Jahre gewährleistet.

Die Ermittlung der angegebenen Unsicherheiten erfolgte durch eine Expertenschätzung.

Die Angaben zur Klinkerproduktion müssen von den meisten Unternehmen auch im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Emissionshandels berichtet werden. In den EU-Monitoring-Leitlinien für den Emissionshandel ist eine maximale Genauigkeit von 2,5 % angegeben. Die Unsicherheiten für die verwendeten Aktivitätsdaten wurden daher mit -2,5 % bzw. +2,5 % abgeschätzt.

Die Unsicherheit des verwendeten Emissionsfaktors wurde auf +/- 2 % geschätzt. Dies wurde durch die Erhebungen im Rahmen eines Forschungsprojektes bestätigt (VdZ, 2009).

#### **4.2.1.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.1)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Zur Qualitätssicherung wurden alle verwendeten Daten des BDZ, des VDZ sowie Vergleichsangaben aus der Literatur auf Plausibilität geprüft. Der ermittelte Emissionsfaktor für die rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen wurde mit denen anderer Länder verglichen. Die geringe Abweichung (ca 1 %) vom IPCC-Tier-1-Default-Faktor in Höhe von 0,52 t CO<sub>2</sub> / t Klinker (IPCC 2006: Band 3, Gleichung 2.4) ergibt sich aus dem zum Teil höheren Kalkgehalt des deutschen Klinkers .

Der verwendete Emissionsfaktor weicht nur geringfügig von den durchschnittlich im Vollzug des ETS in Deutschland verwendeten Emissionsfaktoren ab, die dort einer behördlichen Kontrolle und betrieblichen Nachweispflichten unterliegen. Es liegen bisher keine Berechnungen für den Emissionsfaktor vor dem Jahre 2000 vor, der einheitliche Ansatz für alle Jahre stellt eine Expertenschätzung dar.

Der Vergleich mit den prozessbedingten Emissionen im Emissionshandel ergab eine gute Übereinstimmung.

#### **4.2.1.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.1)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.2.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.A.1)**

Es sind keine kategoriespezifischen Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 4.2.2 Mineralische Industrie: Kalk (2.A.2)

### 4.2.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.2)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/-	2.A.2. Mineral Products: Lime Production	burning of Limestone and Dolomite	CO <sub>2</sub>	5.986,6	0,49%	4.972,5	0,56%	-16,9%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2	AS	D
NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>	Tier 1	AS	CS

Die Kategorie *Kalk* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe.

Die Aussagen zur Kategorie 2.A.2 beziehen sich ausschließlich auf die in deutschen Kalkwerken produzierten Branntkalk- und Dolomitmalkmengen. Über die in diesem Kapitel berücksichtigten Anlagen zum Brennen von Kalk hinaus, wurden zusätzlich Kalköfen im Bereich der Eisen- und Stahlindustrie und der Zuckerindustrie identifiziert. Diese sind nicht in diesem Kapitel, sondern in den jeweiligen Kategorien 2.C.1 (Kapitel 4.4.1) und 2.H.2 (Kapitel 4.9.2) berücksichtigt. Informationen zu anderen kalksteinverwendenden Branchen sind Gegenstand des Kapitels 4.2.7 (CRF 2.A.4d).

Die Kalkproduktion unterliegt aufgrund der Anwendungsbreite der Produkte traditionell weniger konjunkturellen Schwankungen als die Herstellung anderer mineralischer Produkte wie z.B. Zement. Die Produktion von Brannt- und Dolomitmalk liegt etwas über dem Niveau des Vorjahres.

Tabelle 182: Produktion und CO<sub>2</sub>-Emissionen der deutschen Kalkindustrie

Jahr	Kalk		Dolomitmalk	
	Produktion [t]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [Mio. t]	Produktion [t]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [Mio. t]
1990	7.323.657	5,463	603.427	0,523
1991	6.474.897	4,830	605.186	0,525
1992	6.563.031	4,896	587.474	0,509
1993	6.852.841	5,112	526.799	0,457
1994	7.512.403	5,604	516.115	0,447
1995	7.611.109	5,678	555.927	0,482
1996	7.019.060	5,236	556.487	0,482
1997	7.114.649	5,308	541.893	0,470
1998	6.799.487	5,072	569.540	0,494
1999	6.814.898	5,084	490.745	0,425
2000	6.993.608	5,217	536.032	0,465
2001	6.665.136	4,972	522.778	0,453
2002	6.591.281	4,917	526.596	0,457
2003	6.731.929	5,022	445.625	0,386
2004	6.692.954	4,993	468.873	0,407
2005	6.535.470	4,875	473.632	0,411
2006	6.646.233	4,958	471.784	0,409
2007	6.873.539	5,128	468.593	0,406
2008	6.868.481	5,124	464.167	0,402
2009	5.500.965	4,104	341.713	0,296

Jahr	Kalk		Dolomitkalk	
	Produktion [t]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [Mio. t]	Produktion [t]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [Mio. t]
2010	6.124.382	4,569	341.779	0,296
2011	6.330.677	4,723	350.482	0,304
2012	6.035.949	4,503	241.833	0,210
2013	6.195.672	4,622	218.375	0,189
2014	6.400.977	4,775	227.701	0,197

Da die CO<sub>2</sub>-Emissionen und die Kalk- bzw. die Dolomitkalkproduktion bei konstantem Emissionsfaktor linear voneinander abhängen, gelten die vorhergehenden Aussagen zu den Aktivitätsraten für die CO<sub>2</sub>-Emissionen entsprechend.

#### 4.2.2.2 Methodische Aspekte (2.A.2)

Beim Brennen von Kalkstein oder Dolomit wird CO<sub>2</sub> freigesetzt, das mit dem Abgas an die Atmosphäre abgegeben wird. Die Höhe der Emissionen ergibt sich aus dem Produkt der Produktmenge (Kalk oder Dolomitkalk) und dem entsprechenden Emissionsfaktor. Die Verwendung von unten erläuterten Emissionsfaktoren und länderspezifisch bestimmten Kalkprodukten entspricht einem Tier 2-Ansatz der *2006 IPCC Guidelines* (IPCC 2006: Band 3, Kapitel 2.3.1.1).

#### Emissionsfaktoren

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen werden folgende Faktoren verwendet:

EF <sub>Kalk</sub>	0,746 t CO <sub>2</sub> /t Kalk (stöchiometrisch 0,785 * Oxidanteil 0,95)
EF <sub>Dolomitkalk</sub>	0,867 t CO <sub>2</sub> /t Dolomitkalk (stöchiometrisch 0,913 * Oxidanteil 0,95)

Die verwendeten Emissionsfaktoren basieren auf den stöchiometrischen Faktoren und gehen zusätzlich davon aus, dass der Branntkalk zu 95 % aus CaO bzw. der Dolomitkalk zu 95 % aus CaO • MgO besteht und somit 5 % der Gesamtmasse auf nicht CO<sub>2</sub>-relevante Verunreinigungen entfallen. Diese Herangehensweise entspricht dem Tier 1-Ansatz der *2006 IPCC Guidelines* (IPCC 2006: Band 3, Kapitel 2.3.1.2).

#### Aktivitätsdaten

Die Produktionszahlen werden über die gesamte Zeitreihe vom BV Kalk e.V., dem deutschen Industrieverband der Kalkindustrie, anlagenbezogen erhoben und für die Berichterstattung zur Verfügung gestellt. Die Produktionsmenge von Werken, die nicht über die Verbandsstatistik des BV Kalk erfasst werden, wird auf der Basis vorliegender Informationen (z.B. Betreiberangaben, veröffentlichte Daten aus dem Emissionshandel) abgeschätzt und zur Angabe des BV Kalk addiert. Somit wird sichergestellt, dass die deutsche Kalkproduktion vollständig erfasst wird. Seit dem Methodenwechsel entsprechend *2006 IPCC Guidelines* wird zusätzlich davon ausgegangen, dass in allen Jahren des Berichtszeitraums ab dem Jahr 1990 2 % des gebrannten Kalks als Staub über entsprechende Abgasreinigungseinrichtungen abgeschieden und dem Produktionsprozess nicht wieder zugeführt werden. Dies wird über eine fiktive Erhöhung der Aktivitätsraten um 2 % berücksichtigt.

Die Bestimmung der Aktivitätsdaten entspricht dem Tier 2 - Ansatz der *2006 IPCC Guidelines* (IPCC 2006: Band 3, Kapitel 2.3.1.3)

#### 4.2.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.2)

In den EU-Monitoring-Leitlinien für den Emissionshandel wird eine Genauigkeit der Aktivitätsraten von 2,5 % gefordert. Da die Angaben des BV Kalk zur Kalkproduktion auf den Angaben der Betreiber im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Emissionshandels beruhen und durch die Abfrage auf zwei parallelen Wegen qualitätsgesichert werden und gleichzeitig der Anteil der nicht in den Verbandszahlen erfassten Werke (und nachträglich geschätzten Werke) gering ist, wurden die **Unsicherheiten** für die verwendeten **Aktivitätsraten** mit -2,5 % bzw. +2,5 % abgeschätzt. Dies gilt für Branntkalk und Dolomitkalk gleichermaßen.

Die Unsicherheiten für die verwendeten Emissionsfaktoren für Branntkalk wurden mit -11 % bzw. +5 % abgeschätzt. Die Unsicherheiten für die verwendeten Emissionsfaktoren für Dolomitkalk wurden mit -30 % bzw. +2 % abgeschätzt.

#### 4.2.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.2)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die Erfassung der Produktionsmengen durch den BV Kalk wird durch verbandsinterne Kontrollen mit Hilfe separater Befragungen im technischen und kaufmännischen Bereich qualitätsgesichert (Tier 2).

Der Vergleich mit verfügbaren Informationen aus dem ETS ergab Abweichungen, die sich aus methodischen Unterschieden erklären lassen: zum einen zwischen den Vorgaben im ETS und bei IPCC, zum anderen auf Grund der Änderungen zwischen den Handelsperioden des ETS.

Die verwendeten IPCC-Default-Faktoren sind für die landesspezifische Methode geeignet.

Der Vergleich mit den prozessbedingten Emissionen im Emissionshandel ergab eine gute Übereinstimmung.

#### 4.2.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.2)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### 4.2.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.A.2)

Es sind keine kategoriespezifischen Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

**4.2.3 Mineralische Industrie: Glas (2.A.3)**

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.A.3. Mineral Products: Glass Production	production of Glass Types	CO <sub>2</sub>	780,5	0,06%	893,7	0,10%	14,5%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2	AS	CS
NO <sub>x</sub> , NMVOC, SO <sub>2</sub>	Tier 2	AS	CS

Die Kategorie *Mineralische Produkte: Glas* ist keine Hauptkategorie.

**4.2.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.3 Glas)**

Die Glasindustrie in Deutschland stellt eine große Vielfalt an Gläsern her, die durch voneinander abweichende chemische Zusammensetzungen charakterisiert sind. In Deutschland finden sich folgende Sektoren innerhalb der Glasbranche: Behälterglas, Flachglas, Kristall- und Wirtschaftsglas, Spezialglas sowie Mineralfasern (Glas- und Steinwolle). Die anteilig höchste Produktion wird in den Sektoren Behälterglas (ca. Hälfte der Gesamtglasproduktion) und Flachglas (ca. ein Viertel der Gesamtglasproduktion) erreicht (BV Glas, 2015a). In der Inventarberechnung ist keine Wasserglasproduktion enthalten. Sämtliche relevanten Sodaeinsatzmengen der Wasserglasproduktion sind unter 2.A.4.b (Kapitel 4.3.7) berücksichtigt.

Das aus Primär- und Sekundärrohstoffen homogen gemischte Glasgemenge wird bei Temperaturen zwischen 1450 °C und 1650 °C geschmolzen. Die hier betrachteten prozessbedingten CO<sub>2</sub> Emissionen entweichen während des Schmelzvorganges im Ofen aus den Karbonaten der Rohstoffe. Bei der Neutralisation von HF, HCL und SO<sub>2</sub> in den Abgasen mit Hilfe von Kalkstein oder anderen Karbonaten fallen ebenfalls CO<sub>2</sub>-Emissionen an, jedoch in geringem Umfang. Diese werden hier aus diesem Grund nicht betrachtet.

Die folgende Tabelle zeigt die Trendverläufe der Aktivitätsraten, prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen und die sich über alle Glasarten ergebenden impliziten Emissionsfaktoren seit 1990.

Tabelle 183: Aktivitätsraten und prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen seit 1990, IEF über alle Glasarten

Jahr	Aktivitätsrate [t]	prozessbedingte CO <sub>2</sub> - Emissionen [t]	IEF über alle Glasarten [t CO <sub>2</sub> / t Glas]
1990	6.561.849	780.480	0,119
1991	7.202.807	821.376	0,114
1992	7.228.752	810.610	0,112
1993	7.074.837	778.104	0,110
1994	7.760.000	747.225	0,096
1995	7.621.300	881.306	0,116
1996	7.519.600	853.395	0,113
1997	7.392.000	833.771	0,113
1998	7.314.000	803.411	0,110
1999	7.442.239	822.236	0,110
2000	7.505.000	846.300	0,113
2001	7.293.000	846.289	0,116
2002	7.084.000	800.501	0,113
2003	7.205.720	788.726	0,109
2004	7.088.900	791.150	0,112

Jahr	Aktivitätsrate [t]	prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen [t]	IEF über alle Glasarten [t CO <sub>2</sub> / t <sub>Glas</sub> ]
2005	6.948.400	802.746	0,116
2006	7.285.600	842.228	0,116
2007	7.535.300	829.060	0,110
2008	7.513.900	824.868	0,110
2009	6.784.100	745.664	0,110
2010	7.163.600	828.828	0,116
2011	7.341.600	835.138	0,114
2012	7.079.700	823.341	0,116
2013	7.255.900	860.111	0,119
2014	7.479.500	893.698	0,119

Es ist zu erkennen, dass der Emissionsverlauf dem Trend der Aktivitätsraten weitgehend folgt. In den impliziten Emissionsfaktoren lässt sich ablesen, dass es aber keine starre Korrelation ist, sondern Abweichungen dazu auftreten. Ursache dafür sind die jährlichen Schwankungen bei der Produktionsmenge einzelner Glassorten und bei den Scherbeneinsätzen, was nachvollziehbar und rechnerisch einwandfrei ist.

#### 4.2.3.2 Methodische Aspekte (2.A.3 Glas)

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen (wesentlicher Schadstoff) kommt eine Tier-2-Methode zur Anwendung, weil die detaillierten Aktivitätsraten mit spezifischen Emissionsfaktoren gekoppelt werden (entsprechend Karbonatgehalten). Es werden die folgenden Karbonate als hauptsächliche Quelle für die CO<sub>2</sub>-Bildung während des Schmelzvorgangs betrachtet: Kalziumkarbonat (CaCO<sub>3</sub>), Soda/Natriumkarbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), Magnesiumkarbonat (MgCO<sub>3</sub>) und Bariumkarbonat (BaCO<sub>3</sub>). Hier werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus sämtlichen Karbonaten in Summe berichtet, Hinweise zu den Rohstoffeinsatzmengen von Soda sind unter 2.A.4.b (siehe 4.2.5) zu finden. Dabei ist zu beachten, dass die berechneten Sodaeinsatzmengen nicht veröffentlicht werden können, weil die Produktionsdaten von Soda (siehe 4.2.5.2) einer statistischen Geheimhaltung unterliegen und auch nicht über Bilanzrechnungen ermittelbar sein dürfen.

Die Produktionszahlen (**Aktivitätsraten**) werden den regelmäßig erscheinenden Jahresberichten des Bundesverbandes Glasindustrie entnommen (BV Glas, 2015a). Die Produktion bezieht sich auf die Masse an produziertem Glas, die der Masse an geschmolzenem Glas gleich gesetzt wird. Dabei ist zu beachten, dass ein Teil der Schmelze, der der Menge an internen Scherben entspricht, nicht in der Produktionsstatistik berücksichtigt ist (siehe auch unten Hinweise zum Scherbeneinsatz). Somit entspricht die statistische Angabe nicht der tatsächlichen Menge an geschmolzenem Glas, sondern der Schmelze aus Primärrohstoffen und Fremdscherben. Die Weiterverarbeitung und Veredlung des Glases bzw. der Glasgegenstände werden nicht betrachtet.

Für das Jahr 2013 wurden folgende Aktivitätsraten ermittelt:

Tabelle 184: Glas: Aktivitätsraten der einzelnen Branchensektoren (Glassorten)

Branchensektor	Aktivitätsrate 2014 [t]
Behälterglas	3.933.600
Flachglas	1.985.400
Glasfasern und -wolle	343.800
Spezialglas	318.600
Steinwolle	606.500
Wirtschaftsglas	68.000

Quelle: BV Glas, 2015

Es werden folgende branchenspezifische Scherbenanteile angenommen:

Tabelle 185: Scherbenanteil der einzelnen Glassorten

Branchensektor	Scherbenanteil [%] des Rohstoffeinsatzes
Behälterglas	59 – 65(jährlich variabel)
Flachglas	10 (gesamte Zeitreihe)
Wirtschaftsglas	5 (gesamte Zeitreihe)
Spezialglas	5 (gesamte Zeitreihe)
Glasfasern und -wolle	40 (gesamte Zeitreihe)
Steinwolle	40 (gesamte Zeitreihe)

Quelle: HVG, 2008 sowie Erhebungen des BV Glas (2015b)

Bei Behälterglas ist der Scherbenanteil nur für die alten Bundesländer ab 1990 und für Deutschland ab 1995 bekannt. Für die neuen Bundesländer liegen für die Zeit zwischen 1990 und 1994 keine Daten vor, daher wurde anhand der durchschnittlichen Anteile der verschiedenen Glassektoren an der Gesamtproduktion ein durchschnittlicher Scherbeneinsatz angenommen. Im Jahr 2007 wurde die Gesellschaft für Glasrecycling und Abfallvermeidung mbH (GGA) kartellrechtlich verboten, so dass ab dem Jahr 2007 keine gesicherten Daten zum Scherbeneinsatz mehr aus dieser Quelle vorliegen. Seit 2012 stellt der BV Glas Daten zu Scherbeneinsätzen in der Behälterglasindustrie ab 2007 zur Verfügung, die aus Verbandserhebungen stammen (BV Glas, 2015b). In den Scherbenanteilen der Sektoren sind ausschließlich externe Scherben enthalten, da interne Scherben nicht in der Produktionsstatistik erfasst werden, auf die sich wiederum die Aktivitätsraten stützen. Der Gesamtanteil an Scherben in den Wannen ist teilweise deutlich höher, wenn es sich um interne Scherben handelt.

Da die während des Schmelzvorgangs entstehenden Abgase sowie die verbrennungsbedingten Abgase als gesammelter Abgasvolumenstrom abgeführt werden, können für die in der deutschen Glasindustrie emittierten Mengen an CO<sub>2</sub> keine Messergebnisse verwendet werden. Es wird daher ein Berechnungsverfahren angewandt, das auf Basis der Gewichtsanteile der oben erwähnten Karbonate sowie dem Einsatz von Scherben in der Behälter- und Flachglasindustrie beruht. Die Angaben zur chemischen Zusammensetzung der verschiedenen in Deutschland produzierten Glassorten stammen aus der VDI-Richtlinie 2578 (VDI, 1999) sowie dem ATV-DWK-Merkblatt 374 (ATV, 2004).

Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der **Emissionsfaktoren** für die einzelnen Glasoxide und der Emissionen ist detailliert im NIR 2007 (Kapitel 4.1.7.2, S. 251ff) beschrieben.

Für die Branchensektoren wurden folgende Emissionsfaktoren errechnet, die bei wechselndem Scherbeneinsatz jährlich schwanken (Spannenangabe bei Behälterglas).

#### 4.2.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.3 Glas)

Die Produktionsdaten stammen aus der verbandsinternen Statistik des BV Glas. Dieser vertritt nahezu alle Behälter- und Flachglashersteller Deutschlands, damit sind die Daten dieser Branchensektoren sehr genau und es wurde eine Unsicherheit von 5 % angesetzt. Alle anderen Glassektoren vertritt der Verband nicht vollständig und kann daher keine Vollständigkeit garantieren. Daher wird von einer Unsicherheit von 10 % ausgegangen. Bis ca. 2002 hat der BV Glas ebenfalls die Daten mit den Daten des *Statistischen Bundesamtes* abgeglichen.

Die Unsicherheit bei den Scherbenangaben für Behälterglas liegt in der üblichen Spannbreite statistischer Erfassung. Für die neuen Bundesländer wurde eine Unsicherheit von 20 % angenommen, weil keine statistische Erhebung sondern nur eine Schätzung vorliegt. Die Nutzung von Daten aus verbandsinternen Erhebungen zum Scherbeneinsatz ab 2007 erhöht die Unsicherheiten. Dazu zählt der Fakt, dass nur betriebsinterne Scherben und externe Behälterglasscherben erfasst werden, aber nicht die Mengen an Flachglas, die eventuell in der Behälterglasproduktion eingesetzt werden. .

Die Angaben zum Scherbeneinsatz bei allen anderen Glasarten hingegen sind deutlich ungenauer, da dort nur Schätzungen vorliegen. Es wurde daher eine Unsicherheit von 20 % angesetzt.

Für die CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren wurde eine Unsicherheit von 14 % für Behälterglas und 22 % für alle anderen Glasarten angegeben.

#### 4.2.3.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.3 Glas)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die errechneten Emissionsfaktoren wurden mit mehreren Quellen verglichen, u.a. mit den IPCC Guidelines (IPCC, 2006) sowie dem Emissionsfaktoren-Handbuch „Emissionserklärung 2004 Baden-Württemberg“ (UMEG 2004). Die errechneten Emissionsfaktoren können danach als zutreffend eingeschätzt werden. Darüber hinaus wurde der IEF mit dem folgender Länder verglichen, die ebenfalls die Sodanutzung nicht separat sondern in die Glasherstellung integriert berichten: Österreich (0,10), Italien (0,11) und Niederlande (0,13). Diese Werte sind mit dem deutschen IEF für die Glasindustrie (um 0,1 schwankend) vergleichbar.

Tabelle 186: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für verschiedene Glassorten (berechnet im Vergleich mit Angaben der IPCC Guidelines 2006)

Glassorte	berechneter Emissionsfaktor [kg CO <sub>2</sub> / t <sub>geschmolzenes Glas</sub> ]			Default-Emissionsfaktoren [kg CO <sub>2</sub> / t <sub>geschmolzenes Glas</sub> ]		
	- stöchiometrisch/ inkl. Scherbeneinsatz-			- laut 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, Tab. 2.6)-		
Behälterglas	193	/	49 – 86*	210		
Flachglas	208	/	187	210		
Wirtschaftsglas	120	/	114	100		
Spezialglas	113	/	107	30	-	200
Glasfasern	198	/	119	190	-	250
Steinwolle	299	/	179	-		
unspezifiziert	174	/	139	-		

\* zuletzt bei 76 kg CO<sub>2</sub> pro t geschmolzenen Glases

Die Angaben zur chemischen Zusammensetzung der einzelnen Glassorten werden weiterhin als richtig angesehen. Erheblichen Einfluss hat aber die Rate des Scherbeneinsatzes, für die die Datenlage immer noch verbesserungswürdig ist (siehe Kapitel 4.2.3.3).

#### 4.2.3.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.3 Glas)

Es wurden minimale quellspezifische Rückrechnungen bei den Aktivitätsdaten für das Jahr 2013 aufgrund der Bereitstellung der endgültigen Produktionszahlen durch den BV Glas für dieses Jahr durchgeführt.

#### 4.2.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.3 Glas)

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### 4.2.4 Mineralische Industrie: Keramik (2.A.4.a)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.A.4. Mineral Products: Other process uses of carbonates		CO <sub>2</sub>	867,2	0,07%	536,5	0,06%	-38,1%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1	NS	CS
NO <sub>x</sub> , NMVOC, SO <sub>2</sub>	Tier 1	NS	CS

Die übergeordnete Kategorie 2.A.4 - *Mineralische Produkte: Weiterer Einsatz von Karbonaten* ist keine Hauptkategorie.

##### 4.2.4.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.4.a Keramik)

Die ermittelten prozessbedingten Emissionen aus der Keramikindustrie stammen aus folgenden Unterkategorien:

1. „Herstellung von keramischen Erzeugnissen“: Diese Zeitreihe gibt die Produktionsmenge der gesamten Keramikindustrie in Deutschland an. Über diese Aktivitätsdaten werden die Nicht-CO<sub>2</sub>-Emissionen der gesamten keramischen Industrie berechnet. Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen werden dagegen nur für die Teilmengen „Dachziegel“ und „Mauerziegel“ berechnet (s.u.).
2. „Herstellung von Ziegeln (CO<sub>2</sub>)“, Produkt „Dachziegel“: Die Produktionsmenge an Dachziegeln ist eine Teilmenge der o.g. Aktivitätsrate der gesamten Keramikindustrie. Sie wird nur für die Berechnung prozessbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen verwendet (Berücksichtigung der Anteile an Kalkstein und organischen Verunreinigungen).
3. „Herstellung von Ziegeln (CO<sub>2</sub>)“, Produkt „Mauerziegel“: Die Produktionsmenge an Mauerziegeln ist ebenfalls eine Teilmenge der o.g. Aktivitätsrate der gesamten Keramikindustrie. Auch sie wird nur für die Berechnung prozessbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen verwendet (neben Kalksteinanteilen und organischen Verunreinigungen in den Rohstoffen auch Berücksichtigung von Porosierungsmitteln).

Tabelle 187: Aktivitätsraten und und prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen der keramischen Industrie (CRF 2.A.4.a) (gerundet, ggf. mit Abweichungen zwischen Einzelpositionen und Summe)

	Keramische Erzeugnisse			prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen		
	Gesamt	davon Mauerziegel	davon Dachziegel	Mauerziegel	Dachziegel	Summe
				[kt]		
1990	21595	16524	1758	481	50	531
1991	20772	15691	1946	457	56	512
1992	22769	17302	2216	503	63	567
1993	24534	18827	2349	548	67	615
1994	30458	23925	2611	696	75	771

	Keramische Erzeugnisse			prozessbedingte CO <sub>2</sub> -Emissionen		
	Gesamt	davon Mauerziegel	davon Dachziegel	Mauerziegel	Dachziegel	Summe
				[kt]		
1995	24730	18827	2466	548	71	618
1996	22663	16965	2598	494	74	568
1997	22939	17298	2521	503	72	575
1998	22798	17048	2658	496	76	572
1999	22395	16591	2849	483	81	564
2000	21199	15383	2924	448	84	531
2001	18003	12771	2642	372	76	447
2002	16500	11686	2381	340	68	408
2003	16443	11631	2383	338	68	407
2004	16796	11697	2601	340	74	415
2005	14643	9881	2485	288	71	359
2006	16019	10883	2648	316	76	392
2007	16035	10885	2618	317	75	392
2008	13867	9302	2254	271	64	335
2009	11505	7909	1919	227	55	282
2010	12653	8463	2179	246	62	308
2011	13860	9377	2286	273	65	338
2012	13409	9233	2118	269	61	330
2013	13.247	9.281	1.962	270	56	326
2014	13.074	9.082	2.001	264	57	321

#### 4.2.4.2 Methodische Aspekte (2.A.4.a Keramik)

Die 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories enthalten Hinweise zur Berechnung der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen für die Keramikindustrie (IPCC 2006: Band 3, Kapitel 2.5.1 ‚Ceramics‘). Dabei wird diesem Industriesektor grundsätzlich die Herstellung folgender Produktgruppen zugeordnet: Dach- und Mauerziegel, Steinzeugrohre, feuerfeste Erzeugnisse, Blähton, Wand- und Bodenfliesen, Haushaltskeramik, Sanitärkeramik, technische Keramik, anorganisch gebundene Schleifmittel. Für das nationale Inventar werden aufgrund ihrer mengenmäßigen Bedeutung und der eingeschränkten Datenverfügbarkeit bisher nur Abschätzungen für die Herstellung von Dach- und Mauerziegeln vorgenommen.

Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen dieser Teilbereiche kommt eine Tier-1-Methode zur Anwendung, weil keine detaillierten Daten vorliegen und diese Kategorie keine Hauptkategorie ist.

#### Aktivitätsdaten

Die tatsächliche Produktionsentwicklung der Ziegelindustrie als Massenangabe ist mit der amtlichen Statistik nur eingeschränkt ermittelbar, da diese die Herstellung von Mauerziegeln in Kubikmetern und von Dachziegeln in Stückzahlen bemisst. Eine Ermittlung der produzierten Massen ist nur über Umrechnungsfaktoren möglich. Als Umrechnungsfaktoren für Mauer- und Dachziegel wurden Erfahrungswerte des Bundesverbandes der Ziegelindustrie verwendet.

#### Emissionsfaktoren

Die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen stammen aus dem Rohstoff für die Herstellung von Dach- und Mauerziegeln (i.d.R. lokal vorhandene Lehme und Tone, die unterschiedliche Anteile an CaCO<sub>3</sub> (Kalkstein) sowie z.T. organische Verunreinigungen enthalten). Unter Verwendung von Hinweisen des Bundesverbandes der Ziegelindustrie wird für prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen aus CaCO<sub>3</sub> und organischen Verunreinigungen im Rohmaterial ein Emissionsfaktor von 28,6 kg/t<sub>Produkt</sub> angenommen; das entspricht einem mittleren CaCO<sub>3</sub>-Anteil von 65 kg/t im Rohmehl.

Etwa die Hälfte der Mauerziegelproduktion in Deutschland machen poröse Hintermauerziegel aus. Zu deren Herstellung werden dem Rohmaterial organische Porosierungsmittel beigemischt, die beim Brennen der Ziegel verbrennen und so gezielt Hohlräume hinterlassen. Als Porosierungsmittel kommen vorwiegend erneuerbare Ressourcen (z.B. Schlämme aus der Papierindustrie, Ablaugen aus der Zellstoffgewinnung), in geringen Mengen aber auch nicht erneuerbare Stoffe (vor allem Polystyrol) zum Einsatz. Die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind gegenüber denen aus dem Kalksteinanteil minimal, werden aber über einen geringfügig höheren CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für Mauerziegel (29,1 kg CO<sub>2</sub>/t Mauerziegel gegenüber 28,6 kg CO<sub>2</sub>/t Dachziegel) im Inventar berücksichtigt.

Die ermittelten Aktivitätsraten sowie die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind Tabelle 187 zu entnehmen. Die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen dieser Subkategorie sind mit deutlich unter einer Million Tonnen Kohlendioxid nicht besonders hervorzuheben.

#### 4.2.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.4.a Keramik)

Die Unsicherheit der drei Aktivitätsraten wird wegen der erforderlichen Umrechnung von Flächen- und Volumenangaben auf produzierte Massen auf +/- 20 % geschätzt; andere Unsicherheitsfaktoren fallen dagegen nicht ins Gewicht.

Die Unsicherheiten der verwendeten **CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren** für die Mauer- und Dachziegelproduktion werden maßgeblich durch die Unsicherheit in Bezug auf den CaCO<sub>3</sub>-Gehalt der Rohstoffe bestimmt (+/- 30 %).

Zeitreihenkonsistenz ist für die Aktivitätsraten zur Dachziegel- und zur Mauerziegelproduktion und für die damit verknüpften CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren gegeben. Es gibt über die Zeitreihe vereinzelt Änderungen hinsichtlich der Verfügbarkeit statistischer Angaben zu einzelnen Produktarten, die aber nur etwa 1 % der produzierten Ziegelmenge und weniger als 0,5 % der gesamten keramischen Produktion ausmachten.

Die **Aktivitätsrate** zur gesamten keramischen Produktion enthält einen Methodenbruch aufgrund einer wesentlichen Änderung der verfügbaren statistischen Daten. So waren für Mauer- und Dachziegel bis 1994 Angaben in 1000 t verfügbar, ab 1995 nur in 1000 m<sup>3</sup> oder 1000 Stück. Im NIR 2007 wurden die Auswirkungen detailliert erläutert, wobei für die CO<sub>2</sub>-Emissionen dieser Methodenbruch irrelevant ist.

#### 4.2.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.4.a Keramik)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die Daten aus dem Treibhausgas-Emissionshandel können nicht direkt mit den Emissionen aus dem Nationalen Inventar verglichen werden, weil aufgrund von Anlagenschwellenwerten im Rahmen des Emissionshandels nur für einen Teil der Keramikindustrie – auch nur für einen Teil der Ziegel- und Dachziegelproduzenten – Daten vorliegen.

#### 4.2.4.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.4a Keramik)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

**4.2.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.4.a Keramik)**

Es sind keine kategorie-spezifischen Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

**4.2.5 Mineralische Industrie: weitere Sodanutzung (2.A.4.b)****4.2.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.4.b)**

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1	NS	D

Die übergeordnete Kategorie 2.A.4 - *Mineralische Produkte: Weiterer Einsatz von Karbonaten* ist keine Hauptkategorie.

Das Produkt Soda wird in der Industrie für die verschiedensten Anwendungen eingesetzt. Die wichtigsten Einsatzfelder sind die Glasindustrie, die Herstellung von Wasch- und Reinigungsmitteln und die chemische Industrie. Es wird davon ausgegangen, dass der im Soda enthaltene Kohlenstoff unabhängig von der Nutzungsart früher oder später als CO<sub>2</sub> in die Luft freigesetzt wird.

Emissionen, die sich aus der Nutzung von Soda ergeben, stehen in einem festen Verhältnis zu den berechneten Verwendungsmengen, hier außerhalb der Glasindustrie (siehe methodische Aspekte im folgenden Kapitel):

Tabelle 188: Aktivitätsraten und nutzungsbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen außerhalb der Glasindustrie seit 1990

Jahr	Aktivitätsrate [t]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt]
1990	809.885	336,1
1991	587.756	243,9
1992	402.053	166,9
1993	379.687	157,6
1994	429.884	178,4
1995	340.793	141,4
1996	336.440	139,6
1997	387.823	160,9
1998	452.848	187,9
1999	394.164	163,6
2000	411.281	170,7
2001	490.469	203,5
2002	437.769	181,7
2003	529.515	219,7
2004	500.956	207,9
2005	517.159	214,6
2006	484.871	201,2
2007	550.966	228,7
2008	538.477	223,5
2009	457.076	189,7

Jahr	Aktivitätsrate [t]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [kt]
2010	528.885	219,5
2011	587.144	243,7
2012	516.444	214,3
2013	591.098	245,3
2014	518.015	215,0

Quelle: Berechnungen des UBA, Herleitung siehe folgendes Kapitel

#### 4.2.5.2 Methodische Aspekte (2.A.4.b)

##### Aktivitätsdaten

Seit der Inventarüberprüfung 2010 werden die verwendeten Sodamengen ermittelt, die nicht in anderen Kategorien für Emissionsberechnungen berücksichtigt werden. Dabei handelt es sich um eine Berechnung, die auf die höchst mögliche Emission aus der Nutzung von Soda abzielt. Die Gesamtsumme des in Deutschland genutzten Sodas wird über eine Bilanzierung (Produktionsmenge plus Import abzüglich Export) ermittelt (a). Die Im- und Exportmengen werden der Außenhandelsstatistik vom Statistischen Bundesamt entnommen (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2015). Die Emissionen aus der Verwendung von Soda in der Glasindustrie werden bereits unter der Kategorie 2.A.3 quellspezifisch berücksichtigt (b). Die dort eingesetzten Mengen an Soda werden bei der hier relevanten Sodanutzung abgezogen. Die Aktivitätsdaten aus obiger Tabelle (c) ergeben sich nach folgender Formel:

$$c = a \text{ minus } b$$

##### Emissionsfaktor

Für die Anwendung von Soda beträgt der Emissionsfaktor stöchiometrisch 415 kg CO<sub>2</sub> pro Tonne Soda unter der Annahme, dass eine vollständige Freisetzung erfolgt (konservativer Ansatz).

#### 4.2.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.4.b)

##### Aktivitätsdaten

Die Berechnungen der relevanten Mengen an genutztem Soda weisen hohe Unsicherheiten auf (maximal -18%/+18%), weil zu den statistischen Schwankungsbreiten Berechnungsannahmen o.g. Herleitung hinzukommen.

##### Emissionsfaktor

Der Emissionsfaktor für die Verwendung von Soda weist kleine, begründete Unsicherheiten im Bereich von Produktreinheit und Vollständigkeit des chemischen Umsatzes auf (-5%/+0%).

#### 4.2.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.4.b)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt. Aufgrund fehlender Fachzuständigkeiten konnte für den Bereich „Verwendung von Soda/Natriumcarbonat“ keine Qualitätskontrolle/Qualitätssicherung durch Quellgruppenexperten durchgeführt werden. Die

Qualitätssicherung erfolgte durch die Nationale Koordinierungsstelle. Daten wurden fortgeschrieben bzw. auf Basis bereits bestehender Berechnungsroutinen ermittelt.

Momentan lassen sich die verwendeten Sodamengen, die nicht der Glasindustrie zuzuordnen sind, nicht quantitativ verifizieren. Sie stellen aber als konservative Schätzung keine Unterschätzung des Inventars dar. Qualitativ stehen die Berechnungsergebnisse den stichprobenartig bekannten Absatzzahlen der Sodahersteller nicht entgegen.

Der stöchiometrische Emissionsfaktor entspricht den Default-Angaben der IPCC-Guidelines (IPCC, 2006: Band 3, Ch. 2, table 2.1)

#### **4.2.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.4-b)**

Es waren nur geringfügige Rekalkulationen für das Jahr 2013 notwendig, die auf Aktualisierungen in der Glasindustrie zurückzuführen sind.

#### **4.2.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.4.b)**

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **4.2.6 Herstellung nichtmetallurgischer Magnesiumprodukte (2.A.4.c)**

#### **4.2.6.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.4.c)**

Die Treibhausgas-Emissionen aus dieser Kategorie betragen weniger als 0,05 % des Gesamtinventars (ohne LULUCF) und unterschreiten 500 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalente, zudem kann eine jährliche Erfassung nicht gewährleistet werden (gemäß FCCC/SBSTA/2013/L.29/Add.1, para 37). Somit wird auf eine entsprechende Berichterstattung verzichtet. In diesem Kapitel findet einmalig eine quantitative Abschätzung der somit nicht im Inventar berücksichtigten Emission statt. Eine Zusammenstellung aller als ‚not estimated‘ erfasster Quellen erfolgt darüber hinaus in Anhang 5 in Kapitel 21 dieses Berichtes.

#### **4.2.6.2 Methodische Aspekte (2.A.4.c)**

Geeignete Aktivitätsdaten für diesen Quellkategoriezuschnitt konnten nicht in den amtlichen Statistiken identifiziert werden. Einige Produktarten wie Feuerfeststeine sind bereits in den Aktivitätsdaten der keramischen Industrie enthalten (CRF 2.A.4.a, Kapitel 4.2.4). Die darüber hinaus identifizierte „Herstellung von anderen Karbonaten“ ist eine Sammelposition, bei der Magnesiumkarbonate eine nicht ausweisbare Teilmenge ausmachen. Die sich ergebende Zeitreihe belegt nur Produktionsmengen unterhalb 300.000 t. Erst ab ca. einer Million Tonnen eines Produkts mit hohem Anteil an CaO und MgO würde die Schwelle zur Berücksichtigung erreicht werden. Keine in Frage kommende Produktart, auch nicht die bereits in anderen Kategorien erfassten, erreicht dieses Maß.

Eine genaue Berechnung der potentiellen CO<sub>2</sub>-Emissionen ist auf Grund der statistischen Sammelpositionen kaum möglich, sie wird auf deutlich weniger als 100.000 t Kohlendioxid geschätzt.

#### 4.2.6.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.4.c)

Aussagen über Unsicherheiten und Angaben zur Zeitreihenkonsistenz sind nicht möglich.

#### 4.2.6.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.4.c)

Aufgrund begrenzter Ressourcen und minimaler Relevanz wurde für diese Berichterstattung keine QK/QS durchgeführt.

Eine erste Schätzung erfolgte im Rahmen eines Forschungsprojektes und wurde vom fachlichen Ansprechpartner im UBA geprüft und in der oben beschriebenen Weise bestätigt.

#### 4.2.6.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.4.c)

Die Betrachtung von Rekalkulationen entfällt auf Grund der nicht ausgewiesenen Emissionen.

#### 4.2.6.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.4.c)

Es sind keine weiteren Aktivitäten geplant.

### 4.2.7 *Mineralische Industrie: weitere Verwendung von Kalkstein und Dolomit (2.A.4.d)*

#### 4.2.7.1 Beschreibung der Kategorie (2.A.4.d)

Emissionen dieser Quellgruppe werden nicht gesondert berichtet, sondern werden in den Quellgruppen berichtet, in denen Kalkstein und Dolomit verwendet wird (Included Elsewhere - IE). In den jeweiligen Quellgruppen erfolgt auch die Berücksichtigung in der Hauptquellgruppenanalyse.

Zur Vereinfachung wird von Kalkstein gesprochen, auch wenn Kalkstein und Dolomit sowie weitere Karbonate subsummiert sind.

In dieser Quellgruppe wurden bis zur Submission 2014 in Ergänzung zu den IPCC-Guidelines 1996 die gesamte Produktion und Verwendung von Kalkstein und Dolomit bilanziell betrachtet und Abgleiche mit den Quellgruppen des Inventars vorgenommen. Die „Kalksteinbilanz“ kann im NIR 2014 letztmalig nachvollzogen werden.

Für den Einsatz von Kalkstein in anderen emissionsrelevanten Bereichen als den unten benannten Quellgruppen liegen keine Erkenntnisse vor.

#### 4.2.7.2 Methodische Aspekte (2.A.4.d)

Im Folgenden soll eine Übersicht des nationalen Kalksteineinsatzes gegeben werden (Quellgruppenverweise). Die Emissionsberechnungen erfolgen in den Quellgruppen, in denen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Kalksteinverwendung resultieren:

- 1.A.1.a Rauchgasentschwefelung von Kraftwerken (Kalksteineinsatz)
- 2.A.1 Zementklinkerherstellung (Kalksteinanteil in den Rohstoffen)
- 2.A.2 Kalkherstellung (Kalksteineinsatz)
- 2.A.3 Glasherstellung (Kalksteinanteil in den Rohstoffen)
- 2.A.4.a Keramik – Ziegelproduktion (Kalksteinanteil in den Rohstoffen)
- 2.B.7 Sodaherstellung (Kalksteineinsatz)
- 2.C.1 Eisen- und Stahlherstellung (Kalksteineinsatz und Kalköfen)

- 2.H.2 Kalköfen der Zuckerherstellung (Kalksteineinsatz)
- 3.G Land- und forstwirtschaftliche Bodenkalkung

Die Daten werden in den jeweils relevanten Quellgruppen aktualisiert (Aufstellung siehe oben), wobei auch die methodischen Aspekte in den jeweiligen Quellgruppenkapiteln erläutert werden

#### **4.2.7.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.A.4.d)**

Angaben zu den Unsicherheiten der Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren der relevanten Kalksteinverwendungen werden in den jeweiligen Quellgruppenkapiteln gemacht.

#### **4.2.7.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.A.4.d)**

Eine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, wurden in denjenigen Kategorien durchgeführt, in die die Kategorie 2.A.4.d verweist.

Die Aktivitätsdaten und die Emissionsfaktoren der relevanten Kalksteinverwendungen werden in den jeweiligen Kategorien verifiziert und aktualisiert.

#### **4.2.7.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.A.4.d)**

Rekalkulationen erfolgen in den jeweiligen Quellgruppen.

#### **4.2.7.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.A.4d)**

Momentan sind keine Verbesserungen und keine jährlichen Aktualisierungen der Kalksteinbilanz geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **4.3 Chemische Industrie (2.B)**

Die Kategorie 2.B ist unterteilt in die Unterpunkte 2.B.1 bis 2.B.10. Hierzu gehören die Ammoniakproduktion (2.B.1), die Salpetersäureproduktion (2.B.2), die Adipinsäureproduktion (2.B.3), die Caprolactam-, Glyoxal- und Glyoxylsäureproduktion, (2.B.4), die Carbidproduktion (2.B.5), die Titandioxidproduktion (2.B.6), die Sodaherstellung (2.B.7), die Petrochemikalien- und Industrierußproduktion (2.B.8) und die Produktion von fluorierten Chemikalien (2.B.9).

In der Kategorie *Andere* (2.B.10) werden nur Vorläufersubstanzen aus der Produktion von Düngemitteln und Schwefelsäure berichtet. Die Produktion von 1,12-Dodecandisäure wird in 2.B.10 beschrieben, die prozessbedingten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden aber aus Vertraulichkeitsgründen mit unter 2.G.3 berichtet.

### 4.3.1 Chemische Industrie: Ammoniakproduktion (2.B.1)

#### 4.3.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.1)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/-	2.B.1. Chemical Industry	Ammonia Production	CO <sub>2</sub>	6.025,0	0,49%	4.797,0	0,54%	-20,4%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 3	PS	PS
NO <sub>x</sub>			D

Die Kategorie *Chemische Industrie: Ammoniakproduktion* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe.

Die Herstellung von Ammoniak erfolgt auf Basis von Wasserstoff und Stickstoff unter Bildung von CO<sub>2</sub> nach dem Haber-Bosch-Verfahren. Wasserstoff wird in einem hochintegrierten Verfahren in einem *Steam-Reforming*-Prozess aus Synthesegas meist auf der Basis von Erdgas gewonnen, Stickstoff wird durch Luftzerlegung bereitgestellt.

Die verschiedenen Anlagenarten zur Herstellung von Ammoniak können aufgrund des hochintegrierten Charakters des Verfahrens nicht in einzelne Aggregate unterteilt und als Verfahrensteile getrennt voneinander verglichen werden. Beim *Steam Reforming* werden folgende Verfahren unterschieden:

- ACP - *Advanced Conventional Process* (weiterentwickeltes konventionelles Verfahren) mit einem befeuerten Primär-Reformer und sekundärer Reformierung mit Luftüberschuss (stöchiometrisches H/N-Verhältnis)
- RPR - *Reduced Primary Reformer Process* (Reduzierte primäre Reformierung) unter milden Bedingungen in einem befeuerten Primär-Reformer und sekundärer Spaltung mit Luftüberschuss (unterstöchiometrisches H/N-Verhältnis)
- HPR - *Heat Exchange Primary Reformer Process* (Primäre Reformierung mit Wärmeaustausch) autothermische Spaltung mit Wärmeaustausch unter Einsatz eines mit Prozessgas beheizten Dampfreformers (Wärmeaustausch-Reformer) und eines separaten Sekundärreformers oder eines kombinierten autothermischen Reformers und Verwendung von Überschussluft oder angereicherter Luft (unterstöchiometrisches oder stöchiometrisches H/N-Verhältnis).

Weiterhin ist folgendes Verfahren im Einsatz:

- Partielle Oxidation - Vergasung von Fraktionen schweren Mineralöls oder Vakuumreststoffen bei der Herstellung von Synthesegas.
- Seit Mitte 2014 wird in Deutschland nur noch an vier Standorten Ammoniak produziert. Dabei werden sowohl der Steam-Reforming-Prozess als auch die partielle Oxidation verwendet.

Der Produktionsrückgang um mehr als 15 % (entspricht einer Menge von knapp 300 kt) im ersten Jahr nach der Wiedervereinigung beruhte auf einer Marktberingung, die zu über 2/3 zu Lasten der neuen Bundesländer ging. In den Folgejahren bis 1994 blieb das Produktionsniveau nahezu konstant. Der Grund für den Wiederzuwachs ab 1995 auf das Niveau von 1990 konnte nicht geklärt werden, er könnte aber darauf zurückzuführen sein, dass in den neuen Bundesländern nach umfangreichen Modernisierungsarbeiten die Produktionsprozesse wieder aufgenommen wurden. Nach 1995 unterliegt das

Produktionsniveau nur kleineren Schwankungen. Der Produktionsrückgang 2009 um fast 8 Prozent war bedingt durch die globale Wirtschaftskrise. Der IEF ist im Vergleich zu anderen Ländern höher, da in Deutschland neben Erdgas auch Schweröl eingesetzt wird. Schweröl erzeugt aber deutlich höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen als Erdgas.

#### 4.3.1.2 Methodische Aspekte (2.B.1)

Entsprechend der Einstufung als Hauptkategorie für die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden die Emissionsdaten aus dieser Kategorie seit der Berichterstattung 2010 nach Tier 3 erhoben und berichtet. Die Grundlage dazu bildet eine Kooperationsvereinbarung mit den Betreibern zur Lieferung anlagenspezifischer Daten.

Die Betreiber übersenden ihre anlagenspezifische Daten an den Industrieverband Agrar (IVA). Dort werden diese aus Vertraulichkeitsgründen anonymisiert und dann anlagenspezifisch an das Umweltbundesamt übermittelt. Das Umweltbundesamt nimmt eine Qualitätssicherung vor und aggregiert anschließend die Daten

Die Anlagenbetreiber melden:

- die produzierte Menge Ammoniak (**Aktivitätsdaten**),
- die Menge des jeweils eingesetzten Rohstoffes (Erdgas, schweres Mineralöl) abzüglich des in der Energiebilanz gemeldeten energetisch genutzten Brennstoffes (TFR<sub>i</sub>),
- dessen C-Faktor (CCF<sub>i</sub>) und Kohlenstoffoxidationsfaktor (COF<sub>i</sub>),
- die Menge und die Verwendungsart des weiterverarbeiteten CO<sub>2</sub> (R<sub>CO2</sub>),

#### CO<sub>2</sub>-Emissionen:

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden entsprechend der Gleichung 3.3 in den 2006 IPCC-Guidelines berechnet:

$$E_{CO_2} = \sum (TFR_i * CCF_i * COF_i * 44/12 - R_{CO_2})$$

Die rückgewonnene Menge an CO<sub>2</sub>, die bei anderen Produktionsprozessen wie z.B. zur Harnstoff-Produktion eingesetzt wird und dort auch berichtet wird, ist in den berichteten Emissionen nicht enthalten.

Der Kohlenstoffgehalt von Erdgas und Schweröl wird von den fünf Produzenten wie folgt bestimmt: Ein Produzent verwendet einen Standardfaktor, der sich aufgrund der laufenden Betriebsanalytik heraus gebildet hat (C-Gehalt = 86,1 % - Gewichtsbasis). Der zweite Produzent verwendet für Erdgas den IPCC-Default Value, für die Restgase wird der C-Gehalt analytisch ermittelt, der C-Gehalt des eingesetzten Gasgemischs wird mengengewichtet aus den C-Gehalten der einzelnen Einsatzstoffe errechnet. In zwei Fällen werden die Daten, die der Erdgaslieferant zur Verfügung stellt verwendet. Und in einem Fall werden eigene Analysen verwendet, auf deren Basis gewogene monatliche Durchschnittswerte ermittelt werden, die dann für die Emissionsberechnung verwendet werden.

#### Emissionsfaktor für NO<sub>x</sub>:

Für den Emissionsfaktor von NO<sub>x</sub> wurde der Default-Emissionsfaktor des *CORINAIR Guidebooks* von 1 kg/t NH<sub>3</sub> verwendet (EMEP EEA Emission Inventory Guidebook, TFEIP-endorsed draft, May 2009).

#### 4.3.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.1)

Die von den Betreibern übermittelten Unsicherheiten werden vom UBA entsprechend der Gleichung 3.2 (2006 IPCC Guidelines, Vol. 1, Ch. 3) aggregiert und eingetragen.

Die Unsicherheit für die Aktivitätsrate beträgt  $\pm 0,6\%$ . Die Unsicherheit für die Emissionen beträgt  $\pm 1\%$ .

#### 4.3.1.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.1)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

#### 4.3.1.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.1)

Rückrechnungen sind nicht durchgeführt worden.

#### 4.3.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.1)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.3.2 Chemische Industrie: Salpetersäureproduktion (2.B.2)

#### 4.3.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.2)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	2.B.2. Chemical Industry	Nitric Acid Production	N <sub>2</sub> O	3.258,5	0,27%	534,8	0,06%	-83,6%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
N <sub>2</sub> O	Tier 3	PS	PS

Die Kategorie *Chemische Industrie: Salpetersäureproduktion* ist für N<sub>2</sub>O-Emissionen eine Hauptkategorie nach Emissionshöhe und Trend.

Bei der Produktion von Salpetersäure entsteht in einer Nebenreaktion Distickstoffoxid. In Deutschland gibt es derzeit insgesamt acht Anlagen zur Herstellung von Salpetersäure.

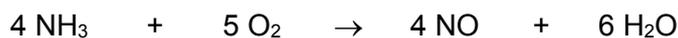
Die Herstellung von HNO<sub>3</sub> erfolgt in zwei Verfahrensschritten:

- **Oxidation** von NH<sub>3</sub> zu NO und
- **Umwandlung** von NO in NO<sub>2</sub> und **Absorption** in H<sub>2</sub>O.

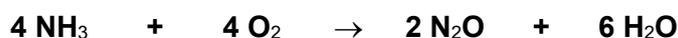
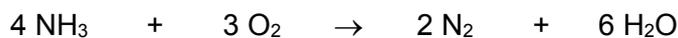
Einzelheiten des Verfahrens werden nachstehend beschrieben:

#### Katalytische Oxidation von Ammoniak

Ein Ammoniak-Luft-Gemisch im Verhältnis von 1:9 wird in Gegenwart eines mit Rhodium und/oder Palladium legierten Platin-Katalysators bei einer Temperatur zwischen 800 und 950 °C oxidiert. Die entsprechende Reaktion nach dem Ostwald-Verfahren ist wie folgt:



Gleichzeit werden durch folgende unerwünschte Nebenreaktionen Stickstoff, Distickstoffoxid und Wasser gebildet:



Alle drei Oxidationsreaktionen sind exotherm. Die Wärme kann zurückgewonnen werden und zur Erzeugung von Dampf für den Prozess bzw. zur Abgabe an andere Betriebe und/oder zur Vorwärmung der Restgase genutzt werden. Das Reaktionswasser wird während der Abkühlung der Reaktionsgase in einem Kühlkondensator kondensiert und in die Absorptionssäule überführt.

#### 4.3.2.2 Methodische Aspekte (2.B 2)

Die Salpetersäureproduktion wird entsprechend den 2006 IPCC-Guidelines anlagenspezifisch nach Tier 3 berichtet. Die Grundlage dazu bildet eine Kooperationsvereinbarung mit den Betreibern zur Lieferung anlagenspezifischer Daten. Bis einschließlich der Berichtsrunde 2014 übersandten sechs Betreiber die Daten an den Industrieverband Agrar (IVA). Nach einer Qualitätssicherung aggregierte der IVA aus Vertraulichkeitsgründen die Daten und übermittelte die aggregierten Daten (AR und EF) an das UBA. Eine Firma übermittelte ihre Daten (AR, EF, N<sub>2</sub>O-Emissionen und evtl. eingesetzte Minderungstechnik) direkt an das Umweltbundesamt, dort wurden diese nach einer Qualitätsprüfung mit den Daten vom IVA aggregiert und in der Emissionsdatenbank ZSE dokumentiert.

Die Kooperationsvereinbarung wurde für die neue Verpflichtungsperiode und die neuen 2006 IPCC Guidelines angepasst. Das UBA erhält jetzt in anonymisierter Form für die sechs Betriebe die anlagenspezifischen Daten über den IVA. Der siebte Betreiber schickt weiterhin seine Daten direkt an das Umweltbundesamt. Seit 2000 produziert ein weiterer Betrieb Salpetersäure. Da für die Berichterstattung 2016 die Aktivitäten zur Kooperationsvereinbarung noch nicht abgeschlossen sind, wurde für diese eine Anlage für die Berichterstattung 2016 die Aktivitätsrate und die Emissionen geschätzt.

Die Anlagenbetreiber melden an:

- die produzierte Menge Salpetersäure (**Aktivitätsdaten**),
- den EF,
- die gemessenen N<sub>2</sub>O-Emissionen am Rohgas,
- bei Einsatz von Minderungstechniken auch die gemessenen N<sub>2</sub>O-Emissionen am geminderten Abgas.
- Die Unsicherheiten für die Aktivitätsrate, den Emissionsfaktor und die geminderten Emissionen.

Als Minderungstechnik kommt teilweise die katalytische Zersetzung direkt nach der Ammoniakverbrennung zum Einsatz..

Bis 2006 korreliert die Produktionsmenge mit den N<sub>2</sub>O-Emissionen. Danach ist eine deutliche Entkopplung von Produktionsmenge und N<sub>2</sub>O-Emissionen erkennbar, dies ist auf den zunehmenden Einsatz von Minderungstechniken zurückzuführen.

**NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktor:**

Für den Emissionsfaktor von NO<sub>x</sub> wurde der Default-Emissionsfaktor des *CORINAIR Guidebooks* von 10 kg/t NH<sub>3</sub> verwendet (EMEP EEA Emission Inventory Guidebook, TFEIP-endorsed draft, May 2009).

#### 4.3.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.2)

##### Aktivitätsrate:

Die von den Betreibern übermittelte Unsicherheit für die Aktivitätsrate wurde vom UBA entsprechend der Gleichung 3.2 (2006 IPCC Guidelines, Vol. 1, Ch. 3) festgelegt. Die Unsicherheit beträgt  $\pm 1\%$ .

##### Emissionsfaktor:

Für den N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor wird von den Betreibern eine Unsicherheit von  $\pm 5\%$  angegeben.

#### 4.3.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.2)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

#### 4.3.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.2)

Rückrechnungen sind erforderlich, da 2015 eine neue Anlage zur Produktion von Salpetersäure identifiziert wurde.

Jahr	N <sub>2</sub> O-Emissionen Submission 2015	N <sub>2</sub> O-Emissionen Submission 2016	Differenz
2000	12,97448	13,03942	0,06494
2001	12,13645	12,19719	0,06074
2002	13,53321	13,60094	0,06773
2003	14,34686	14,41866	0,0718
2004	16,03155	16,11177	0,08022
2005	16,27723	16,35868	0,08145
2006	16,54444	16,62723	0,08279
2007	16,66955	16,75296	0,08341
2008	12,71853	12,78217	0,06364
2009	4,13488	4,15557	0,02069
2010	2,31183	2,32339	0,01156
2011	1,68131	1,68972	0,00841
2012	1,33776	1,34445	0,00669
2013	1,61198	1,62005	0,00807

#### 4.3.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.2)

Im Jahr 2015 ist eine neue Anlage identifiziert worden, die Salpetersäure herstellt. Die Nationale Koordinierungsstelle ist dabei, diese in die Kooperationsvereinbarung aufzunehmen.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.3.3 Chemische Industrie: Adipinsäureproduktion (2.B.3)

#### 4.3.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.3)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	2.B.3. Chemical Industry	Adipic Acid Production	N <sub>2</sub> O	18.076,7	1,48%	212,6	0,02%	-98,8%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
N <sub>2</sub> O	Tier 3	PS	PS
NO <sub>x</sub> , CO	NA	NA	NE

Die Kategorie *Chemische Industrie: Adipinsäureproduktion* ist für N<sub>2</sub>O-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend.

Im technischen Maßstab wird Adipinsäure durch Oxidation eines Gemisches von Cyclohexanol und Cyclohexanon mit Salpetersäure hergestellt. Bei dieser Reaktion werden erhebliche Mengen an Lachgas (N<sub>2</sub>O) gebildet.

Dies wurde bis Ende 1993 von den beiden alleinigen deutschen Herstellern vollständig in die Atmosphäre emittiert. Ein Hersteller hat seitdem eine Anlage zur thermischen Zersetzung von Lachgas in Stickstoff und Sauerstoff in Betrieb. Die Zersetzung erfolgt nahezu vollständig. 2009 kam eine zweite, zusätzliche (redundante) thermische N<sub>2</sub>O-Zersetzungsanlage hinzu. Es werden N<sub>2</sub>O-Zersetzungsraten von über 99% erreicht.

Ende 1997 nahm der andere Hersteller eine katalytische Reaktoranlage in Betrieb, die bei Dauerbetrieb eine N<sub>2</sub>O-Zersetzungsrate von 97-98 % erreicht. Ende 2009 kam eine zweiter, redundanter Zersetzungsreaktor hinzu

Durch die Installation der zwei redundanten Abgasbehandlungsanlagen bei den beiden Herstellern haben sich die N<sub>2</sub>O-Emissionen seit 2010 noch einmal deutlich reduziert.

Im März 2002 wurde eine Anlage eines dritten Herstellers in Betrieb genommen, die ebenfalls mit einer thermischen N<sub>2</sub>O-Zersetzung betrieben wird. Nach anfänglichen technischen Problemen läuft die Anlage seit 2003 im Dauerbetrieb. Auch dieser Hersteller hat die Möglichkeit bei Ausfall der Minderungsanlage eine redundante Minderungsanlage zu nutzen.

Die insgesamt schwankenden Abbauraten und somit auch die Restemissionen resultieren aus Funktionsbeeinträchtigungen und geplanten Unterbrechungen der Minderungsanlagen und unterschiedlichen Produktionsvolumina.

Die Produktion hat sich nachfragebedingt im Zeitraum von 1990 bis heute nahezu verdoppelt.

#### 4.3.3.2 Methodische Aspekte (2.B.3)

Die Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Adipinsäureproduktion basiert seit 1990 auf anlagenbezogenen Daten.

In den Jahren in denen keine Lachgasminderungstechnik installiert war wurden von den beiden Herstellern nur die Produktionsmengen zur Verfügung gestellt. Für die Berechnung der Lachgasemissionen wurde für diesen Zeitraum der IPCC Default-Emissionsfaktor verwendet und zwar bis 1994 für eine Anlage und bis 1997 für die zweite Anlage. Die Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen entspricht in diesen Jahren dem Tier 2 Ansatz. Für den anschließenden Zeitraum wurden von den Herstellern die Lachgasemissionen kontinuierlich gemessen und neben den Produktionsangaben und den N<sub>2</sub>O-Emissionen auch für die Abschätzung der

Genauigkeit der berichteten Daten notwendige Hintergrundinformationen vertraulich mitgeteilt. Der dritte Hersteller mißt seit 2013 kontinuierlich. Die Bestimmung der N<sub>2</sub>O-Emissionen mit kontinuierlicher Lachgasmessung entspricht der Tier 3-Methode der 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Vol. 3, Ch. 3.4.2.1).

#### **4.3.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.3)**

Für Anlagen mit thermischer Zersetzung werden nach 2006 IPCC GL (Vol. 3, Tab. 3.4) Unsicherheiten von +/- 0,05% und für die katalytische Zersetzung +/- 2,5% angegeben. Nach Angaben der Hersteller liegen die Unsicherheiten, unabhängig von dem Minderungsverfahren, in einem Bereich von +/- 5 bis 5,9 %. Die Unsicherheiten für die Produktionsmengen werden mit +/-0,06 bis 1 % beziffert. Der EF wird daher mit einer Unsicherheit von 5,9 % angesetzt.

#### **4.3.3.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.3)**

ufgrund derzeit fehlender Fachzuständigkeiten konnte keine Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch Quellgruppenexperten durchgeführt werden - dies wird nach Rückkehr der betreffenden Person nachgeholt (i.d.R. mit der nächsten Berichterstattung). Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, erfolgte durch die Nationale Koordinierungsstelle. Daten wurden erhoben, fortgeschrieben bzw. auf Basis bereits bestehender Berechnungsroutinen ermittelt.

Die Angaben der Hersteller unterliegen einem hohen Vertrauensschutz. Aus diesem Grund können in den CRF-Tabellen lediglich die Emissionsangaben ausgewiesen werden. Die berichteten Emissionen und Aktivitätsraten werden durch den Experten im UBA überprüft und mit Angaben der Industrie und anderen Veröffentlichungen verglichen.

Zwei der drei Hersteller haben an einem JI-Projekt teilgenommen. Die Ergebnisse dieser Projekte wurden mit den Inventardaten verglichen und konnten durch diese bestätigt werden.

#### **4.3.3.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.3)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.3.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.B.3)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.3.4 Chemische Industrie: Caprolactam, Glyoxal & Glyoxylsäure (2.B.4)

#### 4.3.4.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.4)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.B.4. Chemical Industry	Caprolactam, glyoxal and glyoxylic acid production	N <sub>2</sub> O	221,8	0,02%	0,0	0,00%	-100,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
N <sub>2</sub> O	NA	NS	NA

Die Kategorie *Chemische Industrie: Caprolactam, Glyoxal & Glyoxylsäure* ist keine Hauptkategorie.

ε-Caprolactam ist das technisch bedeutendste Lactam, das hauptsächlich zur Herstellung von PA 6 eingesetzt wird. In Deutschland gibt es zwei Hersteller. Bis 2004 ist der Bedarf an ε-Caprolactam gestiegen, der auch durch Importe gedeckt wird. Seit 2008 wird auch exportiert.

Glyoxal wird zur Herstellung einer Vielzahl von Produkten zur Verbesserung der Eigenschaften eingesetzt. Es gibt einen Hersteller.

Nach dessen Aussage wird kein an deutsche Kunden geliefertes Glyoxal in Deutschland zu Glyoxylsäure verarbeitet. Eine Produktion von Glyoxylsäure aus anderen Ausgangsstoffen ist nicht bekannt.

#### 4.3.4.2 Methodische Aspekte (2.B.4)

##### Aktivitätsdaten

Die Produktionsmengen an ε-Caprolactam entstammen für die Jahre 1995 bis 2008 dem Statistischen Bundesamt (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4, Reihe 3.1, Produzierendes Gewerbe, Produktion im Produzierenden Gewerbe). Aufgrund der geringen Zahl an Herstellern muss die Produktionsmenge aus der amtlichen Statistik vertraulich behandelt werden. Das der Erhebung zugrundeliegende Güterverzeichnis für Produktionsstatistiken wurde 2009 an die internationale Klassifikation NACE Rev.2 und die PRODCOM-Liste 2008 angepasst. Seitdem werden die Produktionsmengen an ε-Caprolactam nicht mehr einzeln ausgewiesen. Darum erfolgt eine Fortschreibung der Produktionsmenge. Für die Jahre 1990 bis 1994 wurden die Produktionsmengen interpoliert.

Für die Herstellung von Glyoxal wird Ethandiol (Ethylenglykol) als Ausgangsstoff genutzt. Die Produktionskapazität des einzigen deutschen Herstellers beträgt nach dessen Angaben 60.000 t pro Jahr.

##### Emissionsfaktoren

In der Caprolactam-Produktion setzen die deutschen Hersteller seit Anfang der 90er Jahre eine thermische Abgasbehandlung ein. N<sub>2</sub>O-Emissionen treten darum nur noch in vernachlässigbar geringen Mengen auf.

Bei dem angewendeten Herstellungsverfahren von Glyoxal (katalytische Oxidation von Ethylenglykol) treten keine prozessbedingten Lachgasemissionen auf.

#### 4.3.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.4)

Die Emissionsdaten beruhen auf Angaben der Hersteller. Unsicherheiten können nicht abgeschätzt werden. Die neuen Emissionsfaktoren sind für die gesamte Zeitreihe gültig.

Bei den Aktivitätsraten sind die Unsicherheiten als gering anzusehen, weil die Produktionsmengen größtenteils aus einer amtlichen Statistik entnommen werden konnten. Trotz der innerhalb des Betrachtungszeitraums liegenden Umstellung in der Erhebung wird auch von konsistenten Daten ausgegangen.

#### 4.3.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.4)

Aufgrund derzeit fehlender Fachzuständigkeiten konnte keine Qualitätskontrolle/Qualitätssicherung durch Quellgruppenexperten durchgeführt werden - dies wird nach Rückkehr der betreffenden Person nachgeholt (i.d.R. mit der nächsten Berichterstattung). Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, erfolgte durch die Nationale Koordinierungsstelle. Daten wurden fortgeschrieben bzw. auf Basis bereits bestehender Berechnungsroutinen ermittelt.

#### 4.3.4.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.4)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### 4.3.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.B.4)

Geplant sind eine Erhebung der Produktionsmengen an  $\epsilon$ -Caprolactam ab dem Jahr 2009 aus anderen Quellen sowie eine konsistente Dokumentation der  $N_2O$ -Minderung der Hersteller.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.3.5 Chemische Industrie: Carbidproduktion (2.B.5)

#### 4.3.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.5)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.B.5. Chemical Industry	Carbide Production	CO <sub>2</sub>	443,2	0,04%	4,3	0,00%	-99,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 3	PS	PS (CaC <sub>2</sub> ) NO (SiC)

Die Kategorie *Chemische Industrie: Carbidproduktion* ist keine Hauptkategorie.

Die Calciumcarbidproduktion fand zu Zeiten der Wiedervereinigung überwiegend in den neuen Bundesländern statt. Nachdem dort die Produktion kurze Zeit später eingestellt worden ist, verblieb nur in den alten Bundesländern ein Hersteller von Calciumcarbid. Nach Auskunft des zuständigen Fachverbands im VCI wird in Deutschland seit 1993 kein Siliziumcarbid mehr hergestellt. Emissionen aus diesem Bereich treten daher nicht mehr auf.

#### 4.3.5.2 Methodische Aspekte (2.B.5)

##### **Aktivitätsrate:**

Da es nur einen Hersteller in Deutschland gibt müssen diese Daten vertraulich behandelt werden. Die Daten werden jährlich vom Hersteller dem Umweltbundesamt direkt mitgeteilt. Sie stammen ab 1997 aus der Ökobilanz bzw. aus den jährlichen Umwelterklärungen nach EMAS (der Betrieb ist zertifiziert seit 1997). Lediglich die Produktionsmengen in der ehemaligen DDR wurden vom damaligen Statistischen Zentralamt bis 1989 veröffentlicht. Diese Angabe wurde zusammen mit vorhandenen Schätzungen für 1991 und 1992 für die Interpolation der Produktion in den neuen Bundesländern im Jahr 1990 verwendet.

##### **Emissionsfaktor:**

Der stöchiometrische Emissionsfaktor für CO<sub>2</sub> ist 688 kg pro t Calciumcarbid (44 g mol<sup>-1</sup> / 64 g mol<sup>-1</sup>). Dieser Emissionsfaktor wurde bis 1992 für die Produktion in den neuen Bundesländern verwendet.

Beim Hersteller wird das im Prozess entstehende Kohlenmonoxid in gedeckelten Öfen vollständig gefasst und anschließend einer energetischen Nutzung zugeführt. Das dadurch entstehende Kohlendioxid dient als Hilfsstoff bei der Produktion von Kalkstickstoff und Folgeprodukten. Das Kohlendioxid fällt bei diesen Prozessen nach der Reaktion mineralisch in Form von Schwarzkalk an. In dieser Form wird es einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt. 2012 wurde die Fahrweise der Carbidöfen vergleichmäßig, so dass deutlich weniger Überschuss-Ofengas abgefackelt werden musste. Zusätzlich ist nach dieser Fahrweise der Ofenbetrieb 'ruhiger', das heißt, dass es weniger Druckstöße gibt, die über die Rohgasfackeln auszugleichen sind.

Auf diese Weise wird für die Produktion ein wesentlich geringerer Emissionsfaktor für Kohlendioxid aus der Calciumcarbidherstellung erreicht als in den Vorjahren.

Die Gesamtemissionen sowie die Produktionsmenge werden vom Hersteller auf Anfrage dem Umweltbundesamt zur Verfügung gestellt. Der Emissionsfaktor ergibt sich als Produkt von Aktivitätsrate und Emissionsmenge.

#### 4.3.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.5)

Wegen der dargelegten Abschätzungen der Produktionsmengen in den neuen Bundesländern ist die Konsistenz nicht vollständig gegeben.

Die Unsicherheiten bezüglich der vom Betreiber zur Verfügung gestellten Daten werden als insgesamt gering eingeschätzt.

#### 4.3.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.5)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Angaben von Herstellern unterliegen einem hohen Vertrauensschutz. Aus diesem Grund können in den CRF-Tabellen lediglich die Emissionsangaben ausgewiesen werden. Verifizierende Berechnungen konnten nicht durchgeführt werden. Es kann aber darauf

hingewiesen werden, dass die Angaben teilweise auch den Genehmigungsbehörden zur Verfügung gestellt worden sind und somit für vertrauenswürdig erachtet werden.

#### 4.3.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.5)

Rückrechnungen sind nicht durchgeführt worden.

#### 4.3.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.B.5)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.3.6 Chemische Industrie: Titandioxid-Produktion (2.B.6)

In Deutschland existiert eine Anlage zur Produktion von Titandioxid nach dem Chlorid-Verfahren. Die Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf der Grundlage der genehmigten Produktionskapazität und des Default-Faktors für synthetisches Rutil ergibt einen Anteil an den Gesamtemissionen kleiner 0,05 %. Die Abschätzung erfolgte aufgrund von vertraulichen Daten, die hier deshalb nicht dargestellt werden können.

Da die Treibhausgas-Emissionen aus der Kategorie Titandioxidproduktion weniger als 0,05 % des Gesamtinventars (ohne LULUCF) darstellen und 500 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalente nicht überschreiten würden (Erfassungsuntergrenzen gemäß FCCC/SBSTA/2013/L.29/Add.1) und eine jährliche Erfassung nicht gewährleistet werden kann (gemäß FCCC/SBSTA/2013/L.29/Add.1, para 37), wird auf eine entsprechende Berichterstattung verzichtet (2006 IPCC Guidelines, 2006: Vol. 3, Ch. 3.7). Eine Zusammenstellung aller als „not estimated“ erfasster Quellen erfolgt darüber hinaus in Anhang 5 in Kapitel 21 dieses Berichtes.

### 4.3.7 Chemische Industrie: Soda-Herstellung (2.B.7)

#### 4.3.7.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.7)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.B.7. Chemical Industry: soda ash	production of soda ash	CO <sub>2</sub>	667,2	0,05%	474,1	0,05%	-29,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1	NS	CS

Die Kategorie Soda-Herstellung ist keine Hauptkategorie.

Soda wird in Deutschland nur auf chemischem Weg hergestellt. Es gibt 3 Produktionsanlagen, die den Solvay-Prozess<sup>48</sup> einsetzen<sup>49</sup>. Das im eingesetzten Kalziumkarbonat enthaltene CO<sub>2</sub> wird prinzipiell im Produkt Soda (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) eingebunden und erst in der Anwendung gegebenenfalls freigesetzt. Da die Produktion nach dem Solvay-Verfahren jedoch mit CO<sub>2</sub>-Überschuss abläuft, ergeben sich prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen.

<sup>48</sup> Ammoniak-Soda-Verfahren nach Ernst Solvay

<sup>49</sup> Weitere, von der Produktionsmenge weniger bedeutendere Verfahren sind nicht betrachtet, weil Kohlendioxid aus anderen Quellen als Kalkstein zum Einsatz kommt.

Im Kalzinierungsschritt wird zusätzlich Koks eingesetzt, so dass weitere (energiebedingte) Kohlendioxidemissionen entstehen.

#### 4.3.7.2 Methodische Aspekte (2.B.7)

##### Aktivitätsdaten

Die Gesamtsumme an in Deutschland produziertem Soda wird vom *Statistischen Bundesamt* erhoben. Von 1995 bis 2008 wurde aus den Kategorien *leichtes Soda* (Produktionsnummer 2413 33 103 Dinatriumcarbonat in Pulverform mit einer Schüttdichte von weniger als 700 g/l) und *schweres Soda* (Produktionsnummer 2413 33 109 Anderes Dinatriumcarbonat) die Summe gebildet. Seit 2009 werden leichtes und schweres Soda in einer Position (Meldenummer 2013 43 100) zusammengefasst dargestellt. Es wird nur der „zum Absatz bestimmte“ Teil berücksichtigt. Auf diese Weise wird eine Doppelzählung vermieden, da schweres Soda aus leichtem Soda hergestellt wird. Da es nur zwei Hersteller in Deutschland gibt, muss die Produktionsmenge aus der amtlichen Statistik vertraulich behandelt werden

##### Emissionsfaktor

Der Emissionsfaktor wird berechnet aus den Kohlendioxidemissionen entsprechend der ETS-CO<sub>2</sub>-Bilanz und aus der Produktionsmenge. Da die Produktionsmenge aus der amtlichen Statistik vertraulich behandelt werden muss, kann auch der EF hier nicht benannt werden.

Die beim Brennen des Kalks eingesetzte Menge an Koks ist bereits in der Energiebilanz als nicht energetischer Einsatz berücksichtigt (also ohne CO<sub>2</sub>-Emissionen).

#### 4.3.7.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.7)

##### Aktivitätsdaten

Unsicherheiten bestehen bezüglich der vom Statistischen Bundesamt angegebenen Produktionsmengen, da z. B. die Relation von leichtem und schwerem Soda insbesondere in den ersten Jahren der getrennten Angaben stark schwankt.

##### Emissionsfaktor

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors hinsichtlich der Produktion von Soda wird berechnet aus den Unsicherheiten der Emissionsbilanz des ETS und den Unsicherheiten der Produktionsdaten.

#### 4.3.7.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.7)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz zur Ermittlung der Emissionen wird mit Daten aus dem Emissionshandel ermittelt. Diese Daten wurden im Rahmen des ETS vollumfänglich geprüft und verifiziert.

#### 4.3.7.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.7)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

**4.3.7.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.7)**

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

**4.3.8 Chemische Industrie: Petrochemie und Industrieruß-Produktion (2.B.8)**

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.B.8. Petrochemical and carbon black production		CO <sub>2</sub>	974,0	0,08%	973,5	0,11%	0,0%
-/-	2.B.8. Petrochemical and carbon black production		CH <sub>4</sub>	333,7	0,03%	483,9	0,05%	45,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2 (Industrieruß) CS (Petrochemie)	NS	D (Industrieruß) CS (Petrochemie)
CH <sub>4</sub>	Tier 1	NS	D
CO, SO <sub>2</sub>	Tier 1 (Industrieruß)	NS	D (Industrieruß)
NMVO	Tier 1 (Petrochemie)	NS	C & CS (Petrochemie)

Die Kategorie *Chemische Industrie: Petrochemie und Industrieruß-Produktion* ist keine Hauptkategorie. Die Industrieruß-Produktion dominiert mit ca. 75% Anteil die Emissionen dieser Kategorie und somit die Einstufung als Hauptkategorie.

**4.3.8.1 Chemische Industrie: Petrochemie (2.B.8 Petrochemie)****4.3.8.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.8 Petrochemie)**

In der Petrochemie werden aus Erdgas und Fraktionen des Erdöls organische Grundchemikalien hergestellt, die zu einer Vielzahl an Zwischen- und Endprodukten (hauptsächlich Polymere) weiterverarbeitet werden. In den 2006 IPCC Richtlinien werden unter 2.B.8 die Produktion der Grundchemikalien (a) Methanol, (b) Ethylen, (c) Ethylendichlorid und Vinylchlorid, (d) Ethylenoxid und (e) Acrylnitril aufgrund ihrer potentiellen Kohlendioxid- und Methan-Emissionen hervorgehoben.

Die Herstellung von Petrochemikalien und Derivaten ist neben Pharmazeutika, Fein- und Spezialchemikalien sowie Polymeren eine der wichtigsten Sparten der chemisch-pharmazeutische Industrie gemessen am Produktionswert<sup>50</sup>.

**4.3.8.1.2 Methodische Aspekte (2.B.8 Petrochemie)****Aktivitätsraten**

Für die Herstellung o.g. Produkte stehen keine anlagenbezogenen Produktionsmengen zur Verfügung, sondern nur national zusammengefasste Produktionsmengen. Sie werden vom Statistischen Bundesamt ab dem Jahr 1990 auf Grundlage der „Fachserie 4, Reihe 3.1,

<sup>50</sup> Chemiewirtschaft in Zahlen 2014, Verband der Chemischen Industrie e.V. (2015)

Produzierendes Gewerbe, Produktion im Produzierenden Gewerbe“ dem Umweltbundesamt auch mit vertraulichen Daten zur Verfügung gestellt.

In der amtlichen Produktionsstatistik werden Petrochemikalien und Derivate als sonstige organische Grundstoffe und Chemikalien unter der WZ-Nummer 20.14 ausgewiesen.

Da die Produktionsvolumina von Methanol, Ethylendichlorid und Acrylnitril der Vertraulichkeit unterliegen, werden alle Produktionsmengen für die Produkte a) bis e) aggregiert und zusammen mit den zugehörigen CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>- und NMVOC-Emissionen unter 2.B.8.g berichtet.

Für die Bestimmung der NMVOC-Emissionen wird neben der Herstellung von Methanol, Ethylen, Ethylendichlorid und Vinylchlorid, Ethylenoxid und Acrylnitril auch die Herstellung weiterer Produkte mit erfasst, die unter der Genfer Luftreinhaltekonvention berichtet werden müssen. Eine detaillierte Berichterstattung erfolgt darum im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention im Informative Inventory Report.

### CO<sub>2</sub> - Emissionsfaktoren

Seit dem Jahr 2013 unterliegen alle deutschen Anlagen zur Herstellung oben genannter organischer Grundchemikalien nach Anhang 1 Teil 2 Tätigkeit Nr. 27 TEHG dem Emissionshandel (ETS), weil ihre Produktionsleistung höher als 100 t/d (36.500 t/a) ist.

Ein Vergleich der für den Treibhausgas-Emissionshandel gemeldeten CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen der ETS-Anlagen nach a) bis e) mit den unter Verwendung der neuen IPCC-Standardemissionsfaktoren berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigt, dass die Standardemissionsfaktoren zu höheren Emissionen führen. Und das, obwohl die anlagenbezogenen Gesamtemissionen aus dem Emissionshandel sowohl Emissionen aus Verbrennungsprozessen als auch sonstige prozessbedingte Emissionen enthalten. Da im deutschen Treibhausgasinventar verbrennungsbedingte Emissionen größtenteils schon über die Energiestatistik im Energiesektor berücksichtigt werden, können die Standardemissionsfaktoren nicht genutzt werden; andernfalls würde es zu einer Doppelzählung kommen.

Als Emissionsquellen für CO<sub>2</sub> kommen neben den Verbrennungsprozessen in Kesseln und Spaltöfen noch Verbrennungsprozesse in Fackeln, durch Entkokung und sonstige prozessbedingten Emissionen in Betracht.

Eine Quantifizierung der sonstigen prozessbedingten Emissionen würde für die Mehrzahl der ETS-Anlagen zur Herstellung von organischen Grundchemikalien einen sehr hohen Aufwand bedeuten, der nach einer Abschätzung der Höhe der zu erwartenden Prozessemissionen als nicht gerechtfertigt erscheint: denn bei Steamcrackern als der mit Abstand größten hier betrachteten Emittentengruppe stammen die anlagenbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen fast ausschließlich aus der Verbrennung in Spaltöfen, Hilfskesseln oder Fackeln. Diese verbrennungsbedingten Emissionen werden bis auf Fackeln in der Petrochemie schon im Energiesektor unter 1.A.2.c erfasst. Die restlichen prozessbedingten Emissionen werden darum nicht quantifiziert.

Um dem Ziel der möglichst vollständigen Erfassung der Emissionen im Inventar nachzukommen, erfolgt aber eine Quantifizierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Fackelverlusten; wobei auch Entkokungsprozesse zukünftig miterfasst werden sollen. Es wird nur der Anteil an Fackelgasen betrachtet, der den oben genannten Produkten a) bis e) zugeordnet werden kann.

Da nicht für alle vorgenannten Produkte Daten aus dem ETS vor 2013 zur Verfügung stehen, erfolgt die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen auf Basis eines für 2013 hergeleiteten CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors und den jährlichen Produktionsmengen der jeweiligen Produkte. Wegen der häufigen Weiterleitung von Restgasen und Fackelgasen zwischen Anlagen zur Herstellung verschiedener Produkte erscheint es sinnvoll, dafür einen über alle in dieser Quellgruppe betrachteten Produkte aggregierten Emissionsfaktor zu verwenden. Durch diese Aggregation werden auch die in Vol 3, Chapter 1 der 2006 IPCC-Richtlinien beschriebenen Gründe für Unsicherheiten bei der Zuordnung der Emissionen o.a. Herstellungsverfahren auf die unter a) bis e) genannten Produkte mit berücksichtigt, und Zuordnungsfehler minimiert, insbesondere weil CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Fackeln der o.a. Anlagen nicht zwangsläufig nur eines der Produkte a) bis e) anbetreffen. An Chemiestandorten werden abzufackelnde Gase aus verschiedenen Produktionsprozessen häufiger in einer zentralen Fackel verbrannt, die genehmigungsrechtlich nur einer bestimmten Produktionsanlage zugeordnet ist. Dadurch erhöht sich in solchen Fällen die dem Produkt zugeordnete Emissionsmenge gegenüber der eigentlichen durch die Produktherstellung verursachten Emissionsmenge. Andersherum können auch abzufackelnde Gase aus den Prozessen unter a) bis e) an eine Fackel in einer hier nicht betrachteten Anlage weitergeleitet werden, sodass die erfasste Emissionsmenge niedriger als die eigentliche produktbezogene Emissionsmenge ist.

Die für das Jahr 2013 den einzelnen Anlagen zugeordneten Fackelemissionen wurden aufsummiert und durch die Gesamtproduktionsmenge aller hergestellte Produkte a) bis e) in dem Jahr 2013 geteilt, um den Emissionsfaktor für Fackelverluste ( $EF_{\text{Fackel}}$ ) zu bestimmen. Es wurden nicht alle Steamcracker ausgewertet. Die Fackelemissionen der restlichen Steamcracker wurden über die bekannten Kapazitäten bestimmt. Der resultierende  $EF_{\text{Fackel}}$  für die oben genannten Petrochemikalien beträgt 28 kg/t Produkt. Mit diesem Emissionsfaktor werden nach einer Tier 1 Methode die jährlichen Emissionen rückwirkend bis 1990 berechnet.

#### **CH<sub>4</sub> - Emissionsfaktoren**

In den IPCC Guidelines werden alle oben genannten Anlagen als potentielle Emissionsquellen aufgeführt.

In deutschen Anlagen muss in den der TA Luft unterliegenden Anlagen gemäß Punkt 5.2.5 ein Grenzwert für die Massenkonzentration organischer Stoffe insgesamt (NMVOC und CH<sub>4</sub>, ausgenommen staubförmige organische Stoffe) von 50 mg/m<sup>3</sup> (Gesamtkohlenstoff) eingehalten werden. Die thermische Nachverbrennung (TNV) von flüchtigen organischen Stoffen aus Anlagen zur Herstellung organischer Grundchemikalien ist Stand der Technik.

Für Ethylen, Methanol, Ethylendichlorid und Styrol wurde von einem großen deutschen Hersteller gemeldet, dass in diesen Bereichen auf Grund der seit den achtziger Jahren eingesetzten thermischen Nachverbrennung keine Methanemissionen mehr auftreten.

Zu Methanemissionen von Anlagen der chemischen Industrie können keine Angaben aus dem Emissionshandel genutzt werden, da nach dem aktuell gültigen TEHG von Juli 2011 CH<sub>4</sub> nicht zu berichten ist. Da keine Angaben von weiteren Anlagenbetreibern zur Quantifizierung der CH<sub>4</sub>-Emissionen vorliegen, werden zur Berechnung der Methanemissionen für die Gesamtheit der Anlagen aus der petrochemischen Industrie die 2006 IPCC -Standardemissionsfaktoren (Vol. 3, Ch. 3.9.2.2) in einer Tier 1 Methode verwendet.

## NMVOC– Emissionsfaktoren

Die Angaben der EF für NMVOC wurden entweder dem entsprechenden BVT-Merkblatt entnommen oder stammen aus vertraulichen Angaben deutscher Hersteller. Bis 1994 wurden die Default Faktoren des EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook verwendet. Eine detaillierte Berichterstattung erfolgt unter der Genfer Luftreinhaltekonvention im Informative Inventory Report.

### 4.3.8.1.3 *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.8 Petrochemie)*

#### CO<sub>2</sub>

Die „Rückprojektion“ des o.a. produktionsbezogenen Emissionsfaktors für Fackelverluste aus den Emissionsberichten 2013 auf frühere Jahre (bis 1990 zurück) ist mit hohen Unsicherheiten behaftet. Einerseits wurden die im ETS gemeldeten Fackelemissionen im Berichtsjahr 2013 häufig auf Basis von Schätzungen ermittelt und berichtet, andererseits muss davon ausgegangen werden, dass CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Fackeln, die den betreffenden Anlagen genehmigungsrechtlich zugeordnet sind, nicht in vollem Umfang der Herstellung der betrachteten Produkte a) bis e) zuzuordnen sind. So werden mitunter auch Gase und Abgase aus anderen Produktionsprozessen in den hier betrachteten Fackeln verbrannt. Im Zeitverlauf können auch standortinterne Änderungen der Abgasführungen aus verschiedenen Prozessen auftreten, die die Unsicherheit der „rückwärtsberechneten“ produktspezifischen Emissionen weiter erhöhen. Hinzu kommt noch, dass sich das Verhältnis der Produktionsmengen zu den Fackelgasen für die betrachteten Anlagen in einzelnen Jahren deutlich von denen im Jahr 2013 unterscheiden können.

Aufgrund der eingeschränkten Datenverfügbarkeit können Doppelzählungen im Energiesektor nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Auch die Extrapolation der Fackelemissionen der Steamcracker trägt zur Unsicherheit des Emissionsfaktors bei. Es wird darum eine Unsicherheit von  $\pm 50\%$  angenommen.

Die Zeitreihenkonsistenz ist sichergestellt, weil die Rückrechnung der Emissionen bis zum Jahr 1990 nach einer einheitlichen Methode durchgeführt wird und es keine Lücken bei den Aktivitätsdaten und keine Sprünge beim Emissionsfaktor gibt.

#### CH<sub>4</sub>

Aufgrund der in den achtziger Jahren flächendeckend eingeführten thermischen Nachverbrennung dürften die punktförmigen Emissionen an organischen Stoffen aus deutschen Anlagen gering sein. Durch die Verwendung der Standardemissionsfaktoren kommt es wahrscheinlich zu einer Übererfassung an Emissionen. Da die daraus resultierenden Unsicherheiten aber nicht abgeschätzt werden können, werden die Unsicherheiten für die Tier 1 Methoden aus Tabelle 3.27 der 2006 IPCC-Richtlinien (Vol. 3) verwendet.

Die Zeitreihenkonsistenz ist sichergestellt, weil die Rückrechnung der Emissionen bis zum Jahr 1990 nach einer einheitlichen Methode durchgeführt wird und es keine Lücken bei den Aktivitätsdaten und keine Sprünge bei den Emissionsfaktoren gibt.

#### Aktivitätsraten

Die Aktivitätsraten stammen aus einer amtlichen Statistik, für die Ungenauigkeiten bei der statistischen Datenerfassung von  $\pm 20\%$  zugrunde gelegt werden.

#### **4.3.8.1.4      *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.8 Petrochemie)***

Aufgrund derzeit fehlender Fachzuständigkeiten konnte keine Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch Quellgruppenexperten durchgeführt werden - dies wird nach Rückkehr der betreffenden Person nachgeholt (i.d.R. mit der nächsten Berichterstattung). Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, erfolgte durch die Nationale Koordinierungsstelle. Daten wurden erhoben, fortgeschrieben bzw. auf Basis bereits bestehender Berechnungsroutinen ermittelt.

Die Ergebnisse der Emissionsberechnung können nicht mit anderen Datenquellen für Deutschland verglichen werden, weil neben ETS-Daten keine weiteren Datenquellen wie Publikationen und statistische Erhebungen zugänglich sind.

Die vom Statistischen Bundesamt gemeldete Produktionsmenge an Ethylen für 2013 wurde mit den Kapazitätsangaben der Association of Petrochemical Producers in Europe (APPE; petrochemicals europe) verglichen. Der sich ergebende nationale Standardauslastungsfaktor von 0,858 ist vergleichbar mit dem Standardauslastungsfaktor gemäß Artikel 18 Absatz 2 des Beschlusses 2011/278/EU.

#### **4.3.8.1.5      *Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.8 Petrochemie)***

Rückrechnungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen waren für die gesamte Zeitreihe erforderlich, weil der Emissionsfaktor angepasst wurde. Er hat sich von 14,89 kg/t Produkt auf 28,00 kg/t Produkt erhöht, so dass die CO<sub>2</sub>-Emissionen um den Faktor 1,88 gestiegen sind. Die Anpassung des Emissionsfaktors war notwendig, weil weitere Anlagen bei den Fackelemissionen berücksichtigt werden konnten und auch ein Fehler in der Berechnung der Fackelemissionen bereinigt wurde. Beides führte zu einer Erhöhung der Gesamtemissionen, die zur Herleitung des Emissionsfaktors notwendig sind.

#### **4.3.8.1.6      *Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.B.8 Petrochemie)***

Es ist geplant die Datengrundlage zu verbessern.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **4.3.8.2      *Chemische Industrie: Industrieruß-Produktion (2.B.8 Industrieruß)***

#### **4.3.8.2.1      *Beschreibung der Kategorie (2.B.8 Industrieruß)***

Industrierüße werden durch eine unvollständige Verbrennung von gasförmigen oder flüssigen Kohlenwasserstoffen hergestellt. Über eine gezielte Steuerung und Überwachung des jeweiligen Produktionsprozesses werden definierte Spezifikationen hergestellt. In Deutschland werden für die Industrieruß-Herstellung Steinkohleteeröle (Anthracen-Öle) oder Öle aus Erdölraffinerien (Pyrolyse- und Cracköle) eingesetzt.

90 % der Industrierüße werden in Deutschland nach dem Furnacerußverfahren hergestellt. Die restlichen 10 % werden mit dem Flammruß- und Gasrußverfahren produziert.

**4.3.8.2.2 Methodische Aspekte (2.B.8 Industrieruß)****CO<sub>2</sub> – Emissionen**

Ein Vergleich der bisher berichteten CO<sub>2</sub>-Emissionen mit den bei der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) gemeldeten CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigte, dass bei der DEHSt deutlich weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen gemeldet sind. Auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen einer weiteren, nicht emissionshandelspflichtigen Anlage erklärten diesen Unterschied nicht. Recherchen bei dem bisherigen Datenlieferanten legen den Schluss nahe, dass in der verwendeten Produktionsstatistik teilweise anstelle von Produktionszahlen die Verkaufszahlen berichtet werden. Die bisher verwendete Aktivitätsrate war damit um ein deutliches zu hoch. Ab 2005 werden deshalb die Emissionsmengen der DEHSt verwendet und mit dem Default-Emissionsfaktor aus den IPCC-Guidelines 2006 (Vol. 3, Table 3.23, Furnace Black Process (default process), primary feedstock) die Aktivitätsrate rückgerechnet. Die nicht bekannten Emissionen einer nicht emissionshandelspflichtigen Anlage werden für 2015 geschätzt; diese Anlage wird 2016 voraussichtlich stillgelegt.

**CH<sub>4</sub> - Emissionsfaktoren**

In den internationalen Richtlinien wird nur sehr knapp auf diese Quellgruppe eingegangen. In den IPCC Guidelines wird als potentielle Emissionsquelle auch die Produktion von Industrieruß aufgeführt.

In deutschen Anlagen muss in den der TA Luft unterliegenden Anlagen gemäß Punkt 5.2.5 ein Grenzwert für die Massenkonzentration organischer Stoffe insgesamt (NMVOC und CH<sub>4</sub>, ausgenommen staubförmige organische Stoffe) von 50 mg/m<sup>3</sup> (Gesamtkohlenstoff) eingehalten werden. Von den deutschen Herstellern von Industrieruß wird auf Grund dieses Sachverhalts ein Emissionsfaktor von 0,027 kg Methan pro t Industrieruß gemeldet. Da diese Technik bereits seit den siebziger Jahren im Einsatz ist, wird dieser EF zu 0,03 kg/t gerundet und auf die gesamte Zeitreihe angewandt.

**NMVOC, CO und SO<sub>2</sub> – Emissionsfaktoren**

In Deutschland wurden für sonstige Schadstoffe neben dem oben betrachteten Methan die in der folgenden Tabelle aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

Tabelle 189: In Deutschland verwendete Emissionsfaktoren für sonstige Schadstoffe

	Industrieruß [kg CO/t]	Industrieruß [kg SO <sub>2</sub> /t] <sup>51</sup>
<b>1990</b>	4,8/5	19,5/ <sup>(52)</sup>
<b>1991</b>	4,6/5	19/20
<b>1992</b>	4,4/5	18,5/20
<b>1993</b>	4,2	18
<b>1994</b>	4	17,5
<b>1995</b>	3,75	17
<b>1996</b>	3,5	16
<b>1997</b>	3,25	15
<b>1998</b>	3	14
<b>1999</b>	2,9	13,4

<sup>51</sup> Bei zwei angegeben EF bezieht sich der zweite Wert auf die neuen Bundesländer.

<sup>52</sup> Für die neuen Bundesländer wird kein EF ausgewiesen, da diese SO<sub>2</sub>-Emissionen nur pauschal in einer Summe berücksichtigt werden konnten.

	Industrieruß [kg CO/t]	Industrieruß [kg SO <sub>2</sub> /t] <sup>51</sup>
2000	2,8	12,8
2001	2,7	12,54
2002	2,65	12,28
2003	2,6	12,0
2004	2,55	11,7
2005	2,5	11,5
2006	2,5	11,2
2007	2,5	10,9
2008	2,5	10,6
2009	2,5	10,3
ab 2010	2,5	10,0

Die Angaben der EF für CO und SO<sub>2</sub> bei der Herstellung von Industrieruß basieren auf dem BREF Large Volume Inorganic Chemicals - LVIC – S (EC, 2007) und sind identisch mit den im CORINAIR-Handbuch 2008 (First Order Draft) dargestellten Default-Werten.

### Aktivitätsraten

In der Produktionsstatistik des Statistischen Bundesamtes werden die folgenden Produkte berücksichtigt (s. folgende Tabelle).

Tabelle 190: Meldenummern der Produktionsstatistik

Zeile	Industrieruß
bis 1994	4113 70
ab 1995 bis 2005	2413 11 300

Die Angabe für die Industrierußproduktion in den NBL 1990 entstammt dem statistischen Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, 1992: S. 234), für 1991 und 1992 wurden sie wegen Geheimhaltung geschätzt. Die übrigen Daten für die Industrierußproduktion ab 1990 entstammen dem Statistischen Bundesamt (*STATISTISCHES BUNDESAMT*, Fachserie 4, Reihe 3.1, Produzierendes Gewerbe, Produktion im Produzierenden Gewerbe). Ab 2005 wird die Aktivitätsrate aus den CO<sub>2</sub>-Emissionen, die an die DEHSt gemeldet werden, rückgerechnet über den Default Emissionsfaktor von CO<sub>2</sub>.

#### 4.3.8.2.3 *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.8 Industrieruß)*

Bei den Aktivitätsraten sind im Zeitablauf Schwankungen erkennbar, eine Analyse der genauen Umstände steht aus.

#### 4.3.8.2.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.8 Industrieruß)*

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

#### 4.3.8.2.5 *Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.8 Industrieruß)*

Rückrechnungen sind erforderlich, da ab 2015 die bei der DEHSt gemeldeten CO<sub>2</sub>-Emissionen verwendet werden.

Jahr	CO <sub>2</sub> -Emissionen		CH <sub>4</sub> -Emissionen	
	Submission 2015 [kt]	Submission 2016 [kt]	Submission 2015 [kt]	Submission 2016 [kt]
2005	651,71	776,47	0,00998	0,01188
2006	1.236,45	815,69	0,01893	0,01249
2007	1.302,70	830,4	0,01994	0,01271
2008	1.188,91	757,43	0,0182	0,01159
2009	967,34	667,46	0,01481	0,01022
2010	1.341,08	761,54	0,02053	0,01166
2011	1.779,21	745,05	0,02723	0,0114
2012	1.809,10	699,58	0,02769	0,01071
2013	1.853,34	711,18	0,02837	0,01089
2014		728,51		0,01115

#### 4.3.8.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.8 Industrieruß)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### 4.3.9 Chemische Industrie: Produktion von halogenierten Kohlenwasserstoffen und SF<sub>6</sub> (2.B.9)

KC	Category	Activity	EM of	1995 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1995-2014
L/T	2.B.9. Fluorochemical production		HFC's	5.335,2	0,44%	47,2	0,01%	-99,1%
-/-	2.B.9. Fluorochemical production		SF <sub>6</sub>	159,6	0,01%	94,5	0,01%	-40,8%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
HFC	Tier 3	PS	PS
SF <sub>6</sub>	Tier 3	PS	PS

Die Kategorie *Produktion halogener Kohlenwasserstoffe* ist für HFKW-Emissionen eine Hauptkategorie nach dem Level und dem Trend. Die Kategorie ist unterteilt in Emissionen durch Nebenprodukte (2.B.9.a By-product Emissions) und in herstellungsbedingte Emissionen (2.B.9.b Fugitive Emissions).

#### 4.3.9.1 By-Product Emissionen (2.B.9.a)

##### 4.3.9.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.9.a)

Bei der Herstellung von HFCKW-22 fällt prozessbedingt bis zu 3 % HFCKW-23 als Nebenprodukt an. Selbst bei Weiterverarbeitung (z.B. zu Kältemitteln) oder beim Auffangen zur stofflichen Zersetzung ist es technisch bedingt unvermeidlich, dass ein Teil des HFCKW-23 in die Atmosphäre entweicht.

In Deutschland gab es zwei Produktionsanlagen für HFCKW-22, die von einem Unternehmen betrieben wurden, eine in Frankfurt und eine in Bad Wimpfen. Seit Inbetriebnahme der FCKW-Spaltanlage in Frankfurt im Jahr 1995 wurde der bei der HFCKW-22 Produktion entstehende überschüssige HFCKW-23 dort direkt der Hochtemperaturspaltung mit Rückgewinnung von Flusssäure zugeführt, d.h. es entstanden keine nennenswerten Emissionen. Das an der zweiten deutschen Produktionsanlage entstandene HFCKW-23 wurde quantitativ an der Produktionsanlage aufgefangen und entweder als Kältemittel oder - nach weitergehender destillativer Reinigung - als Ätzgas für die Halbleiterindustrie vermarktet. Der nicht verkäufliche

Überschuss wurde seit 1999 nach Frankfurt an die Spaltanlage geliefert. Durch diese Maßnahme konnten die Emissionen maßgeblich gesenkt werden. Die HFCKW-22 Produktion wurde Mitte 2010 an einem Standort beendet und an dem anderen Standort soweit herunter gefahren dass nur noch die Teflonproduktion bedient wird. Da die Anlage direkt mit der FCKW-Spaltanlage verbunden ist, treten nur sehr geringe Emissionen auf.

#### **4.3.9.1.2     *Methodische Aspekte (2.B.9.a)***

Basierend auf Herstellerinformationen aus dem Jahr 1996 werden die HFCKW-23-Emissionen für die Jahre 1990 bis 1994 als konstant angenommen.

Seit 1995 wurden die Emissionen anhand der HFCKW-22 Produktionsmenge, einer jährlichen Messung der HFCKW-23-Konzentration im Abgas, der HFCKW-23 Verkaufsmenge und der Menge an HFCKW-23, welche der Spaltanlage zugeführt wurde, vom Hersteller über eine Massenbilanz berechnet. Dabei wurden für das Berichtsjahr 1995 bei der ersten Produktionsanlage seit Jahresmitte Maßnahmen (Spaltanlage) zur Vermeidung von Emissionen zu Grunde gelegt. Seit dem Berichtsjahr 2011 werden die Produktionsmengen von Experten geschätzt und daraus die Emissionen ermittelt. Grundlage für die Schätzung sind vergleichbare Produktionsanlagen in anderen europäischen Ländern.

#### **Emissionsfaktoren**

Es wird ab 2011 von einem Emissionsfaktor von 0,05 ausgegangen.

#### **Emissionen**

Die Emissionen des HFCKW-23 wurden bis 2011 vom Hersteller mitgeteilt. Danach werden Expertenschätzungen herangezogen.

Da die Anzahl der Hersteller in Deutschland unter drei liegt sind die Emissionen vertraulich. Die HFCKW werden als „unspecified mix“ in 2.B.9 berichtet als Aggregat von 2.B.9a und 2.B.9b.

#### **4.3.9.1.3     *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.9.a)***

Die für die Berechnung der Emissionen zu Grunde gelegten Produktionszahlen können bis 2011 als sehr genau angenommen werden, da es sich um interne Aufzeichnungen der Hersteller handelt. Danach steigt die Unsicherheit etwas, kann aber durch den Vergleich mit E-PRTR-Daten nachträglich minimiert werden.

#### **4.3.9.1.4     *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.9.a)***

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

#### **4.3.9.1.5     *Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.9.a)***

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.3.9.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.9.a)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### **4.3.9.2 Herstellungsbedingte Emissionen (2.B.9.b)**

##### **4.3.9.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.B.9.b)**

In Deutschland gibt es ein Unternehmen, das an zwei Standorten HFKW und SF<sub>6</sub> produziert. Die Emissionsentwicklung geht mit der Entwicklung der Produktionsmengen einher. Während SF<sub>6</sub> und der HFKW-134a in Deutschland produziert werden, fand für den HFKW-227ea bis zum Jahr 2008 keine vollständige Synthese in Deutschland statt. Vielmehr wurde ein Teil des im spanischen Tarragona produzierten HFKW-227ea einer abschließenden Destillation in Deutschland unterzogen, um pharmazeutische Reinheit zu erzielen (Einsatz in Dosieraerosolen). Dabei entstanden Emissionen aufgrund geringfügiger Gasverluste.

Der HFKW-134a wird seit 1994 produziert, der HFKW-227ea seit 1996.

##### **4.3.9.2.2 Methodische Aspekte (2.B.9.b)**

###### **Emissionsfaktoren**

Aus den vom Hersteller bis 2010 gemeldeten Emissions- und Produktionsmengen kann ein Emissionsfaktor errechnet werden. Dieser wird aber aufgrund der Vertraulichkeit der Daten nicht veröffentlicht. Dieser wird auch für die Folgejahre angenommen.

###### **Aktivitätsdaten**

Als einziger Hersteller von HFKW in Deutschland unterliegen die Daten des Unternehmens der Vertraulichkeit. Die Emissions- und Produktionsmengen wurden dem Umweltbundesamt bis 2010 gemeldet, aber nur aggregiert berichtet. Seit 2011 werden die Daten des statistischen Bundesamtes verwendet.

##### **4.3.9.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.9.b)**

Die für die Berechnung der Emissionen zu Grunde gelegten Produktionszahlen können als sehr genau angenommen werden, da es sich um interne Aufzeichnungen der Hersteller handelt bzw. um offizielle statistische Erhebungen.

##### **4.3.9.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.9.b)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

**4.3.9.2.5      *Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.9.b)***

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

**4.3.9.2.6      *Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.9.b)***

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

**4.3.10      *Chemische Industrie - Sonstige: Emissionen aus sonstigen Produktionsprozessen (2.B.10)*****4.3.10.1      *Beschreibung der Kategorie (2.B.10)***

Unter dieser Kategorie werden die Vorläufersubstanzen aus der Produktion von Düngemitteln und Schwefelsäure berichtet. N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Produktion von n-Dodecandisäure werden zwar hier beschrieben aber aus Vertraulichkeitsgründen mit in 2.G.3 erfasst. 1,12-Dodecandisäure ist nach Adipinsäure mengenmäßig die zweitwichtigste Dicarbonsäure. In Deutschland gibt es einen Hersteller. Die Kapazität der Anlage beträgt 18.000 t pro Jahr<sup>53</sup>.

**4.3.10.2      *Methodische Aspekte (2.B.10)*****N<sub>2</sub>O – Emissionen**

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen werden nach einer Tier 2-Methode berechnet. Die Produktionsmenge dafür stammt aus einer einmaligen Datenerhebung beim Hersteller. Die Daten werden fortgeschrieben. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in einer Abgasbehandlungsanlage massiv reduziert.

**4.3.10.3      *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.B.10)***

Die Zeitreihenkonsistenz ist sichergestellt, weil die einmalige Datenerhebung auf die anderen Jahre übertragen wurde. Da die Zahlen auf qualitativen Aussagen des Herstellers basieren und sich nur auf ein Jahr beziehen, müssen hohe Unsicherheiten angenommen werden + 300 % / - 20 %.

---

<sup>53</sup> Quelle: Industrielle Organische Chemie, Hans-Jürgen Arpe, Wiley-VCH, 2007

#### **4.3.10.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.B.10)**

Aufgrund derzeit fehlender Fachzuständigkeiten konnte keine Qualitätskontrolle/Qualitätssicherung durch Quellgruppenexperten durchgeführt werden - dies wird nach Rückkehr der betreffenden Person nachgeholt (i.d.R. mit der nächsten Berichterstattung). Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, erfolgte durch die Nationale Koordinierungsstelle. Daten wurden fortgeschrieben bzw. auf Basis bereits bestehender Berechnungsroutinen ermittelt.

#### **4.3.10.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.B.10)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.3.10.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.B.10)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **4.4 Metallproduktion (2.C)**

Die Kategorie 2.C ist unterteilt in die Unterpunkte 2.C.1 bis 2.C.5. Dem Unterpunkt Eisen- und Stahlproduktion (2.C.1) sind in der Emissionsdatenbank ZSE die Sinterproduktion, die Roheisenproduktion, die Erzeugung von Eisenschwamm (direkt reduziertem Eisen; *engl.* DRI), die Stahlerzeugung und die Eisen-, Stahl- und Tempergussproduktion zugeordnet. Die Produktion von Ferrolegierungen (2.C.2) ist in Deutschland von untergeordneter Bedeutung und wird daher im vorliegenden Bericht nicht weiter untergliedert. Die Aluminiumproduktion (2.C.3) untergliedert sich in Hüttenaluminium und Umschmelzaluminium. Für die Anwendung von SF<sub>6</sub> in der Aluminium- und Magnesiumproduktion (2.C.4) gibt es keine weiteren Untergliederungen. Der Unterpunkt (2.C.5) umfasst im ZSE die Bleiproduktion. (2.C.6) beinhaltet die Zinkproduktion. Unter (2.C.7) werden die Kupferproduktion (2.C.7a), die Nickelproduktion (2.C.7b) und Sonstige (2.C.7c) zusammengefasst. Aus diesen Kategorien resultieren in Deutschland keine Treibhausgasemissionen.

#### 4.4.1 Metallproduktion: Eisen- und Stahlproduktion (2.C.1)

##### 4.4.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.1)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/-	2.C.1. Metal Production: Iron and Steel Production	Steel (integrated production)	CO <sub>2</sub>	22.810,3	1,87%	15.914,5	1,80%	-30,2%
-/-	2.C.1. Metal Production: Iron and Steel Production	Steel (integrated production)	N <sub>2</sub> O	26,5	0,00%	14,0	0,00%	-47,2%
-/-	2.C.1. Metal Production: Iron and Steel Production	Steel (integrated production)	CH <sub>4</sub>	4,7	0,00%	5,3	0,00%	14,2%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2	NS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>	Tier 2	NS	CS

Die Kategorie *Eisen- und Stahlproduktion* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe sowie der Tier-2-Analyse.

In Deutschland wurden im Jahr 2014 29,9 Mio. t Rohstahl auf Erzbasis in sechs integrierten Hüttenwerken erzeugt. Die Elektrostahlproduktion betrug 13,1 Mio. t.

##### 4.4.1.2 Methodische Aspekte (2.C.1)

Dieser Sektor umfasst die prozessbedingten Emissionen aus der Primärstahlerzeugung (via Sinteranlage, Hochofen und Oxygenstahlwerk) sowie aus Elektrostahlwerken.

Weitere Strukturelemente in dieser Kategorie (Gießereien: Eisen-, Stahl- und Tempergussproduktion; Stahlerzeugung: Walz-Stahl-Produktion) dienen der Berechnung anderer Schadstoffemissionen (nicht von Treibhausgasen).

Die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Primärstahlerzeugung in integrierten Hüttenwerken resultieren vor allem aus dem Reduktionsmitteleinsatz in den Hochöfen. Zudem werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Kalksteineinsatz in Sinteranlagen und bei der Roheisenerzeugung (einschließlich der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den von der Stahlindustrie selbst betriebenen Kalköfen) sowie die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Elektrodenabbrand bei der Elektrostahlerzeugung den prozessbedingten Emissionen im Sektor 2.C.1 zugerechnet.

Eine Produktion von Eisenschwamm - Direkt-Reduktions-Eisen (DRI) erfolgt in Deutschland nur in geringem Umfang (ca. 0,5 Mio. t. pro Jahr). Jährliche Angaben zur Produktionsmenge sind erst ab dem Jahr 2010 verfügbar, sind aber vertraulich, weil sie sich nur auf eine einzige Anlage beziehen. Für die vorangegangenen Jahre ist die Aktivitätsrate nicht bekannt, weil die Produktion von Eisenschwamm in der amtlichen Statistik (DESTATIS Fachserie 4, Reihe 8.1) nicht gesondert ausgewiesen wurde und auch aus den verfügbaren Angaben nicht ermittelt werden kann.

Die bei der Produktion von Eisenschwamm entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen resultieren aus dem Einsatz von Erdgas bzw. dem daraus erzeugten Gemisch der Reduktionsgase H<sub>2</sub> und CO. Die eingesetzte Menge an Erdgas ist über die gesamte Zeitreihe in den unter 1.A.2.a berichteten Einsätzen von Erdgas in der Stahlindustrie enthalten. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Produktion von Eisenschwamm sind folglich ebenso über die gesamte Zeitreihe in den unter 1.A.2.a berichteten Emissionen enthalten.

Eine gesonderte Ausweisung prozessbedingter CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Produktion von Eisenschwamm unter 2.C.1 ist nicht möglich, weil hieraus auf die vertraulichen Angaben zur Produktionsmenge der betreffenden Anlage zurückgeschlossen werden könnte.

### **Methode zur Berechnung der aus dem Reduktionsmitteleinsatz in den Hochöfen resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Den IPCC Guidelines zufolge sind die CO<sub>2</sub>-Emissionen in Kategorie 2.C.1 über eine Kohlenstoffbilanz zu ermitteln. Hintergrund ist, dass praktisch sämtlicher Kohlenstoff, der in die die Hochöfen eingebracht wird, bei der späteren energetischen Nutzung oder Abfackelung des im Hochofen gebildeten Gichtgases oder des im Oxygenstahlkonverter gebildeten Konvertergases als CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre abgegeben wird. Der Anteil des Kohlenstoffs, der im erzeugten Stahl oder in demjenigen Teil des Roheisens verbleibt, der nicht zu Stahl weiterverarbeitet wird, ist im Vergleich zu den mit dem Reduktionsmitteleinsatz verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht relevant<sup>54</sup>.

Der Reduktionsmitteleinsatz im Hochofen und der Materialeinsatz im Konverter werden statistisch sehr detailliert erfasst. Diese Daten werden dem UBA vom VDEh jährlich übermittelt. Die Kohlenstoffgehalte der einzelnen Materialien werden aus den Emissionshandeldaten berechnet. Weiterhin stehen CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für Nutzung von Hochofen und Konvertergas aus dem Emissionshandel zur Verfügung. Die eingesetzten Gasmengen werden aus der Energiestatistik entnommen. Die Berechnung über den Kohlenstoffeintrag auf der einen Seite und dem Kohlenstoffaustrag in Form der Hochofen/ Konvertergasnutzung führt zu einer Differenz. Diese CO<sub>2</sub> Emissionen werden in der Kategorie 2.C.1 berichtet. Die energetische Nutzung von Gichtgas und Konvertergas findet nur zum Teil in der Kategorie 2.C.1 statt (namentlich in den Winderhitzern am Hochofen), daneben wird es für andere Prozessfeuerungen in der Eisen- und Stahlindustrie (1.A.2.a), in Kokereien zur Koksofenunterfeuerung (1.A.1.c) sowie in öffentlichen (1.A.1.a) oder Industriekraftwerken (1.A.2.f) zur Stromerzeugung genutzt. Für alle genannten Kategorien liefert die Energiestatistik Angaben zum Gicht- und Konvertergasverbrauch. Folglich teilen sich die aus dem Reduktionsmitteleinsatz zur Primärstahlerzeugung resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen auf alle Kategorien auf, in denen das Gicht- und Konvertergas verbrannt und somit tatsächlich CO<sub>2</sub> emittiert wird (siehe folgende Abbildung).

---

<sup>54</sup> Der durchschnittliche Kohlenstoffanteil der über 2000 Stahlsorten, die in Deutschland erzeugt werden, liegt in der Regel deutlich unter 2%, wird statistisch jedoch nicht erfasst. In jedem Fall ist dieser nicht energetische Kohlenstoffaustrag im Vergleich zu den gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Primärstahlerzeugung sehr gering (<1,5 %). Da nur etwa 3% des in Deutschland erzeugten Roheisens nicht zu Oxygenstahl weiterverarbeitet werden, ist auch dieser nicht-energetische Kohlenstoffaustrag marginal (ca. 0,1%).

### Quellgruppenzuordnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Primärstahlerzeugung (einschließlich Gichtgasnutzung)

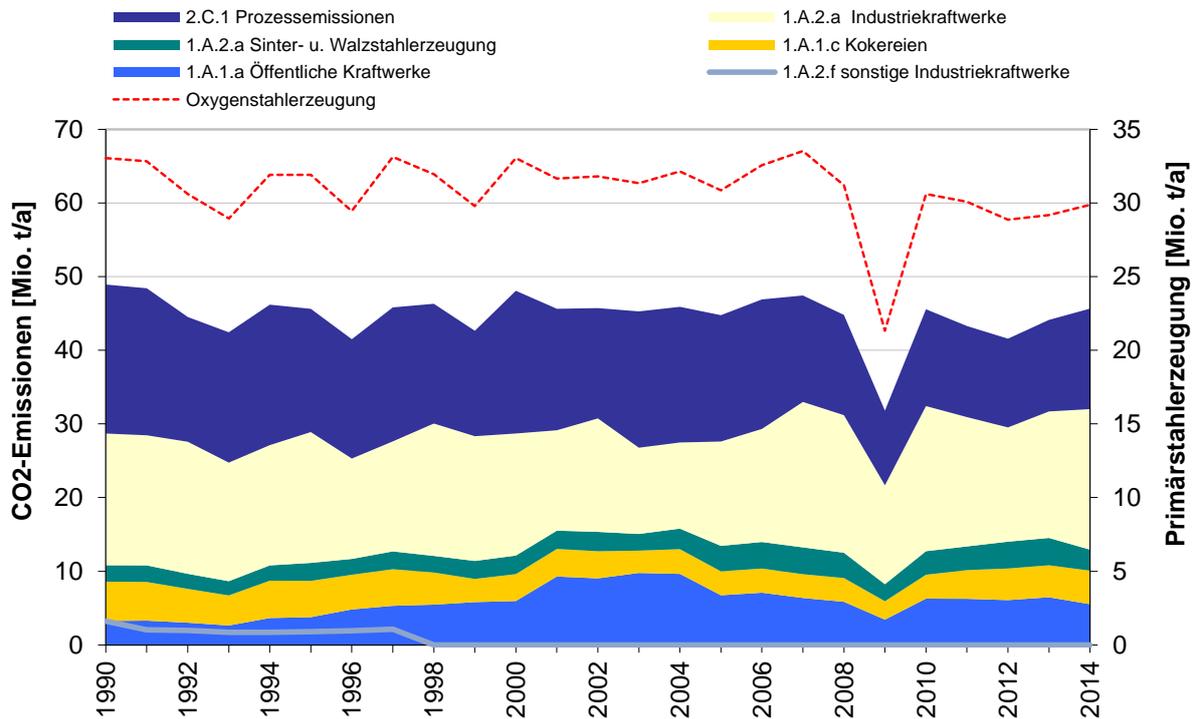


Abbildung 45: Zeitlicher Verlauf und Quellgruppenzuordnung der aus dem Reduktionsmitteleinsatz zur Primärstahlerzeugung bzw. Gichtgasaufkommen resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die Summe der dargestellten CO<sub>2</sub>-Emissionen zeigt eine gute Korrelation mit den berichteten Aktivitätsraten für die Primärstahlerzeugung (siehe gestrichelte rote Linie). Jährliche Schwankungen in den einzelnen Kategorien beruhen vermutlich auf wechselnden Zuordnungen einzelner Anlagen in der amtlichen Statistik. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Gesamtsumme der berichteten Emissionen.

Tabelle 191: CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Primärstahlerzeugung (einschließlich Gichtgasnutzung)

Mt CO <sub>2</sub>	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
1.A.1.a Öffentliche Kraftwerke	3,244	3,291	3,015	2,631	3,647	3,764	4,816	5,305	5,465	5,808
1.A.1.c Kokereien	5,340	5,251	4,590	4,083	5,066	4,924	4,707	4,969	4,362	3,145
1.A.2.a Sinter- u. Walzstahlerzeugung	2,228	2,256	2,046	1,936	2,081	2,445	2,151	2,419	2,255	2,444
1.A.2.a Industriekraftwerke	17,886	17,660	17,927	16,098	16,326	17,759	13,624	14,935	17,975	16,933
1.A.2.f Sonstige Industriekraftwerke	3,206	2,025	1,942	1,707	1,720	1,770	1,932	2,144	0,000	0,000
2.C.1 Prozessemissionen	20,228	19,961	16,942	17,693	19,074	16,736	16,204	18,194	16,215	14,317
Mt CO <sub>2</sub>	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1.A.1.a Öffentliche Kraftwerke	5,956	9,284	9,030	9,766	9,640	6,738	7,086	6,370	5,851	3,425
1.A.1.c Kokereien	3,652	3,741	3,684	3,029	3,356	3,247	3,281	3,226	3,226	2,500
1.A.2.a Sinter- u. Walzstahlerzeugung	2,520	2,487	2,629	2,265	2,788	3,461	3,603	3,642	3,437	2,315
1.A.2.a Industriekraftwerke	16,573	13,627	15,406	11,709	11,695	14,164	15,351	19,748	18,675	13,429
1.A.2.f Sonstige Industriekraftwerke	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2.C.1 Prozessemissionen	19,379	16,493	14,979	18,509	18,418	17,154	17,586	14,451	13,614	10,135
Mt CO <sub>2</sub>	2010	2011	2012	2013	2014					
1.A.1.a Öffentliche Kraftwerke	6,276	6,258	6,080	6,465	5,526					
1.A.1.c Kokereien	3,245	3,895	4,289	4,341	4,554					
1.A.2.a Sinter- u. Walzstahlerzeugung	3,198	3,217	3,646	3,715	2,856					
1.A.2.a Industriekraftwerke	19,705	17,553	15,512	17,173	19,075					
1.A.2.f Sonstige Industriekraftwerke	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000					
2.C.1 Prozessemissionen	13,144	12,367	12,046	12,429	13,641					

Sekundärbrennstoffe werden in der Eisen- und Stahlindustrie nur bei der Erzeugung von Roheisen im Hochofenprozess eingesetzt. Diese Materialien sind bisher in nationalen Statistiken und der Energiebilanz nicht enthalten. Als Datenquelle werden daher Angaben der Wirtschaftsvereinigung Stahl genutzt. Da die Sekundärbrennstoffe jedoch ausschließlich als Ersatzreduktionsmittel an Stelle von Koks eingesetzt werden, sind die aus ihrem Einsatz resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen ebenfalls in den über den Gichtgas- und Konvertergaseinsatz ermittelten CO<sub>2</sub>-Emissionen enthalten und müssen nicht gesondert berechnet werden.

### Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Kalksteineinsatz bei der Roheisenerzeugung

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Kalksteineinsatz werden nach Tier 1 bestimmt (UBA 2006, FKZ 20541217/02). Die Stahlindustrie setzt Kalkstein (CaCO<sub>3</sub>) in der Sinteranlage und bei der Roheisenerzeugung im Hochofen ein. In den Oxygenstahl- sowie den Elektrostahlwerken wird hingegen gebrannter Stahlwerkskalk (CaO) als Schlackenbildner eingesetzt, der in der Regel von Kalkindustrie zugekauft wird; die bei der Erzeugung dieses Branntkalks freigesetzten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden daher bereits unter 2.A.2 berichtet. Lediglich ein Stahlwerk deckt seinen Kalkbedarf mit Hilfe eigener Kalkbrennöfen, deren Produktionsmenge und damit verbundene CO<sub>2</sub>-Emissionen nicht in den unter 2.A.2 berichteten Daten enthalten sind. Die Produktionsmenge dieser Kalköfen wird auf Basis folgender Annahmen geschätzt:

1. Die Kalköfen erzeugen genau so viel Branntkalk, wie im eigenen Stahlwerk benötigt wird; es wird also weder Branntkalk in relevanten Mengen zugekauft, noch an andere Unternehmen abgegeben oder für eine spätere Verwendung zwischengelagert.
2. Der spezifische Kalkverbrauch im Stahlwerk wird basierend auf Angaben aus dem Emissionshandel auf 65 kg Kalk/t Rohstahl geschätzt; dies entspricht auch dem Verhältnis der Produktionskapazitäten von Kalköfen und Stahlwerk bei deren

Inbetriebnahme (1983/84), zudem liegt der Wert mitten in den Spannen, die dem BVT-Merkblatt für die Eisen- und Stahlerzeugung sowie der Internetseite des BV Kalk (siehe <http://www.kalk.de/rohstoff-kalk/einsatzgebiete/eisen-und-stahl>) zu entnehmen sind.

3. Für die Jahre ab 2005 wurde die Rohstahlerzeugung des Werks deren Internetseite entnommen<sup>55</sup>. Für die Jahre, in denen die Rohstahlerzeugung des Werks nicht öffentlich bekannt ist, wird angenommen, dass diese der konjunkturellen Entwicklung der gesamten Oxygenstahlproduktion in D folgt (in einem konstanten Verhältnis von 1:14,8).

Aus den so ermittelten AR (Menge des erzeugten Brantkalks) werden in 2.C.1 – analog zu 2.A.2 – nur die über einen stöchiometrischen EF berechneten rohstoffbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen berichtet (siehe Tabelle 192). Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Energieeinsatz in den stahlwerkseigenen Kalköfen, der in der Energiebilanz nicht gesondert ausgewiesen werden, sind in den unter 1.A.2.a berichteten Emissionen enthalten.

Die Kalksteineinsätze bei der Sinter- und Roheisenherstellung wurden bis 2004 in der Eisen- und Stahlstatistik veröffentlicht (*STATISTISCHES BUNDESAMT* Fachserie 4, Reihe 8.1), seitdem müssen sie aus den im Rahmen des BGS-Bogens berichteten Produktionsmengen von Sinter und Roheisen über spezifische Einsatzfaktoren (d. h. kg Kalkstein pro t Sinter oder Roheisen) berechnet werden. Die Aktivitätsraten des Kalksteineinsatzes werden mit dem stöchiometrischen Emissionsfaktor für Kalkstein multipliziert und ergeben dann die in Tabelle 192 angegebenen CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Tabelle 192: Kalksteineinsatz sowie Eigenerzeugung von Brantkalk in der Stahlindustrie und daraus resultierende CO<sub>2</sub>-Emissionen

Jahr	Kalksteineinsatz [t/a]		Eigenerzeugung Brantkalk [t/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen [t/a]		Summe
	Hochofen	Sinteranlage		Kalksteineinsatz	Kalkerzeugung	
1990	755.737	4.680.775	153.918	2.392.065	114.823	2.506.888
1991	757.000	4.532.000	147.439	2.327.160	109.990	2.437.150
1992	666.000	4.198.000	136.560	2.140.160	101.874	2.242.034
1993	627.000	3.891.000	129.458	1.987.920	96.575	2.084.495
1994	733.000	4.173.153	140.003	2.158.707	104.443	2.263.150
1995	751.000	4.600.000	139.973	2.354.440	104.420	2.458.860
1996	686.000	4.350.000	129.177	2.215.840	96.366	2.312.206
1997	629.000	4.471.000	145.351	2.244.000	108.432	2.352.432
1998	677.000	4.588.000	140.157	2.316.600	104.557	2.421.157
1999	817.000	4.144.000	130.704	2.182.840	97.505	2.280.345
2000	924.000	4.273.000	144.991	2.286.680	108.163	2.394.843
2001	866.000	4.136.000	138.859	2.200.880	103.588	2.304.468
2002	831.000	3.940.000	139.538	2.099.240	104.096	2.203.336
2003	832.525	4.046.711	137.468	2.146.864	102.551	2.249.415
2004	847.689	4.209.871	140.977	2.225.326	105.169	2.330.495
2005	787.724	4.306.067	134.550	2.241.268	100.374	2.341.642
2006	822.920	4.410.408	162.500	2.302.664	121.225	2.423.889
2007	840.868	4.608.067	149.500	2.397.531	111.527	2.509.058
2008	790.216	4.541.174	136.500	2.345.812	101.829	2.447.641
2009	547.680	3.496.405	97.500	1.779.397	72.735	1.852.132
2010	799.679	4.045.042	130.000	2.131.677	96.980	2.228.657
2011	782.420	3.457.145	123.500	1.865.408	92.131	1.957.539
2012	757.355	3.912.824	117.000	2.054.879	87.282	2.142.161
2013	760.932	3.926.706	130.000	2.062.561	96.980	2.159.541
2014	782.447	3.945.838	130.000	2.080.446	96.980	2.177.426

Quelle: bis 2004: Berechnung der Kalksteineinsätze im Projekt Kalksteinbilanz (UBA 2006, FKZ 20541217/02), ab 2005: Berechnung über die im o.g. Projekt ermittelten produktspezifischen Faktoren

<sup>55</sup> <http://www.arcelormittal-ehst.com/unternehmen/zahlen+%26+fakten?lang=de>

## Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Elektrodenabbrand bei der Elektrostahlherstellung

Bei der Elektrostahlherstellung entstehen direkte CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den Abbrand der Graphitelektroden, die ebenfalls den prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Stahlerzeugung zuzurechnen sind. Sie werden aus der Menge des produzierten Elektrostahls über einen in 2009 im Rahmen eines Forschungsvorhabens (UBA/BFI 2012) aktualisierten Emissionsfaktor (7,4 kg/t) berechnet, der auf dem spezifischen Elektrodenverbrauch pro t Elektrostahl (2,06 kg/t), dessen Kohlenstoffgehalt (98%) sowie dem stöchiometrischen Faktor (3,667 t CO<sub>2</sub>/t C) basiert. Der Beitrag des Elektrodenabbrands bei der Elektrostahlherstellung ist mit ca. 0,2% der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Eisen- und Stahlerzeugung unbedeutend.

## Ermittlung der insgesamt unter 2.C.1 zu berichtenden CO<sub>2</sub>-Emissionen der Eisen- und Stahlproduktion)

Die insgesamt unter 2.C.1 zu berichtenden prozessbedingten Emissionen setzen sich wie folgt zusammen:

1. die aus dem Reduktionsmitteleinsatz zur Primärstahlerzeugung resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen, soweit das Gicht- und Konvertergas nicht in anderen Kategorien eingesetzt und folglich dort als CO<sub>2</sub>-Emissionen berichtet wird
2. den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Kalksteineinsatz bei der Roheisenerzeugung sowie der Eigenerzeugung an Branntkalk und
3. den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Elektrodenabbrand bei der Elektrostahlherstellung

Die so ermittelten Emissionsmengen sind Tabelle 194 zu entnehmen.

Tabelle 193: Insgesamt unter 2.C.1 zu berichtende prozessbedingte Emissionen

Jahr	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Reduktionsmitteleinsatz, soweit nicht in anderen Kategorien berichtet [t/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Kalksteineinsatz sowie der Eigenerzeugung an Branntkalk [t/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Elektrodenabbrand [t/a]	2.C.1 gesamt [t/a]
1990	20.228.163	2.506.888	75.242	<b>22.810.293</b>
1991	19.960.553	2.437.150	68.464	<b>22.466.167</b>
1992	16.942.152	2.242.034	64.358	<b>19.248.544</b>
1993	17.692.711	2.084.495	59.840	<b>19.837.046</b>
1994	19.074.282	2.263.150	65.783	<b>21.403.215</b>
1995	16.736.415	2.458.860	74.794	<b>19.270.069</b>
1996	16.204.219	2.312.206	76.291	<b>18.592.716</b>
1997	18.193.667	2.352.432	87.552	<b>20.633.651</b>
1998	16.255.161	2.421.157	89.196	<b>18.765.514</b>
1999	14.316.677	2.280.345	90.457	<b>16.687.479</b>
2000	19.378.699	2.394.843	98.251	<b>21.871.793</b>
2001	16.493.071	2.304.468	96.961	<b>18.894.500</b>
2002	14.978.738	2.203.336	97.381	<b>17.279.455</b>
2003	18.508.674	2.249.415	99.048	<b>20.857.137</b>
2004	18.418.361	2.330.495	104.984	<b>20.853.840</b>
2005	17.153.961	2.341.642	100.780	<b>19.596.383</b>
2006	17.586.218	2.423.889	108.206	<b>20.118.313</b>
2007	14.451.531	2.509.058	110.721	<b>17.071.310</b>
2008	13.614.398	2.447.641	107.945	<b>16.169.984</b>
2009	10.134.642	1.852.132	83.587	<b>12.070.361</b>

Jahr	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Reduktionsmitteleinsatz, soweit nicht in anderen Kategorien berichtet [t/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus Kalksteineinsatz sowie der Eigenerzeugung an Branntkalk [t/a]	CO <sub>2</sub> -Emissionen aus dem Elektrodenabbrand [t/a]	2.C.1 gesamt [t/a]
2010	13.144.493	2.228.657	97.446	15.470.596
2011	12.367.111	2.239.194	104.741	14.711.046
2012	12.046.280	2.142.161	101.675	14.290.116
2013	12.428.654	2.159.541	99.245	14.687.440
2014	13.640.712	2.177.426	96.314	15.914.452

#### 4.4.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.1)

Die Zeitreihenkonsistenz ist gegeben, da die Aktivitätsraten bei allen Anlagen erhoben und die Emissionen für alle Jahre nach derselben Methode ermittelt wurden.

Bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Kalksteineinsatz gab es von 2004 zu 2005 einen Methodenbruch durch den Wegfall der bis 2004 verwendeten Datenquelle. Die Entwicklung der Zeitreihe erscheint jedoch trotz Methodenbruch plausibel. Aufgrund der notwendigen Berechnung beträgt die Unsicherheit der Aktivitätsrate hier  $\pm 10\%$ . Eine erhöhte Unsicherheit weist auch die auf Basis mehrerer Annahmen geschätzte Aktivitätsrate für die Eigenerzeugung an Branntkalk auf; die damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind allerdings ohnehin vergleichsweise unbedeutend.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für den Elektrodenabbrand beträgt  $\pm 3\%$ , bei den übrigen Daten liegt die Unsicherheit bei  $\pm 5\%$ . Die Unsicherheiten beruhen nur auf Mess- und Analyseungenauigkeiten.

#### 4.4.1.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.1)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die Emissionsermittlung in den Kategorien 1.A.2.a und 2.C.1 ist eine komplexe Aufgabe, da es zwischen der Energiebilanz, der Emissionsberichterstattung, dem Emissionshandel sowie den Verbandsstatistiken große methodische Unterschiede gibt. Zur Sicherung der Datenqualität werden regelmäßig Expertengespräche durchgeführt, in denen die Daten verglichen und bewertet werden. Aufgrund der methodischen Unterschiede ist eine Plausibilitätskontrolle der ermittelten Emissionsmengen mit den Daten der deutschen Emissionshandelsstelle nur auf einer hoch aggregierten Ebene möglich.

Eine Plausibilisierung der für diese Quellgruppe ermittelten Emissionen anhand der vom Klimasekretariat ermittelten implizierten Emissionsfaktoren (IEF) ist

1. aufgrund des von Land zu Land sehr unterschiedlichen Anteils der CO<sub>2</sub>-intensiven Primärstahlerzeugung an der gesamten Stahlerzeugung und
2. aufgrund der von Land zu Land unterschiedlichen Allokation der daraus resultierenden Emissionen auf die Quellgruppen 1.A.2.a, 2.C.1 sowie ggf. weitere Quellgruppen, in denen die bei der Eisen- und Stahlerzeugung anfallenden Prozessgase energetisch genutzt werden,

nicht möglich. Die genannten Faktoren führen zu einer extremen Streuung der ermittelten IEF für die genannten Quellgruppen, die keinen Rückschluss auf die „Richtigkeit“ der für einzelne Quellgruppen ermittelten Emissionen ermöglichen.

#### 4.4.1.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.1)

Die Aktualisierung statistischer Daten und das Ersetzen von Daten aus der vorläufigen Energiebilanz durch Daten der endgültigen Energiebilanz führt zu geringfügigen Rückrechnungen für das Jahr 2013.

#### 4.4.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.C.1)

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.4.2 Metallproduktion: Produktion von Ferrolegierungen (2.C.2)

#### 4.4.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.2)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.C.2. Ferroalloys Production	Ferroalloys	CO <sub>2</sub>	429,0	0,04%	6,2	0,00%	-98,6%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS	IS	CS
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>			NE

Die Kategorie *Produktion von Ferrolegierungen* ist keine Hauptkategorie. Ferrolegierungen sind Zuschlagsstoffe, mit denen Stahl legiert wird. In Deutschland existieren fünf Hersteller von Ferrolegierungen: Ferrochrom, Ferrosilizium und Siliziummetall werden jeweils nur von einem Unternehmen hergestellt; weitere Ferrolegierungen nur in sehr geringem Umfang. Nach den Daten des British Geological Survey wurden im Jahr 2013 56.283 t Ferrolegierungen in Deutschland produziert. Seit 1995 wird ausschließlich das Elektro-Lichtbogen-Verfahren verwandt, bei dem nur aus dem Elektrodenabbrand geringe Mengen an prozessbedingtem CO<sub>2</sub> freigesetzt werden.

Bis 1995 kam teilweise das Hochofenverfahren zum Einsatz, das mit vergleichsweise höheren CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden war.

#### 4.4.2.2 Methodische Aspekte (2.C.2)

Die verwendeten **Emissionsfaktoren** zu beiden genannten Verfahren (Hochofen- und Elektro-Lichtbogen-Verfahren) wurden in dem Forschungsvorhaben „NEU-CO<sub>2</sub>“ (FKZ 203 41 253/02) ermittelt.

Für die **Aktivitätsrate** wird seit 1995 auf Daten des British Geological Survey (BGS) zurückgegriffen. Die aktuell verfügbaren Daten stammen aus dem Jahr 2013. Für das Jahr 2014 ist die Aktivitätsrate fortgeschrieben worden.

#### 4.4.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.2)

Die Aktivitätsraten des British Geological Survey (BGS) beruhen teilweise auf Schätzungen und sind daher mit vergleichsweise hohen Unsicherheiten behaftet.

Die Daten des British Geological Survey (BGS) wurden zudem mit Daten des US Geological Survey (USGS) verglichen. Die Daten des USGS liegen zwar in derselben Größenordnung wie die Daten des BGS, weisen aber einen geringeren Detail- und höheren Aggregationsgrad auf. Aus diesem Grund werden die Daten des BGS bevorzugt.

Für die Jahre 2001 – 2006 liegen auch Daten des Statistischen Bundesamtes zum Absatz von Ferrolegierungen vor, welche aber um Faktor 0,7 unter den Produktionsdaten des BGS liegen. Aus Gründen der Zeitreihenkonsistenz werden daher auch für diese Jahre die Daten des BGS verwendet.

Die deutliche Abnahme des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors von 1994 zu 1995 bedeutet ebenfalls keine Inkonsistenz, sondern resultiert aus dem Wechsel des Produktionsverfahrens.

#### 4.4.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.2)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die verwendeten AR von BGS wurden mit Hilfe der Angaben des Statistischen Bundesamtes und des USGS verifiziert (siehe oben).

#### 4.4.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.2)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### 4.4.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.C.2)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.4.3 Metallproduktion: Aluminiumproduktion (2.C.3)

#### 4.4.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.3)

KC	Category	Activity	EM of	1990/1995 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990/1995- 2014
-/T	2.C.3. Aluminium Production		PFC's	1.800,7	0,15%	82,5	0,01%	-95,4%
-/-	2.C.3. Aluminium Production		CO <sub>2</sub>	1.011,9	0,08%	725,4	0,08%	-28,3%
-/-	2.C.3. Aluminium Production		SF <sub>6</sub>	11,4	0,00%	13,2	0,00%	16,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 3	AS	CS
CH <sub>4</sub>	-	-	NE
PFC	Tier 3	AS	CS
SF <sub>6</sub>	Tier 3	NS	C
NO <sub>x</sub>	-	-	NE
CO, SO <sub>2</sub>	-	AS	CS

### Primäraluminium - Nebenproduktemissionen

Die Kategorie *Primäraluminiumproduktion* ist nach der Einordnung der Kategorie 2.C.3 Aluminiumproduktion für PFC-Emissionen eine Hauptkategorie nach dem Trend.

In Deutschland wird in vier Hütten Aluminium in Elektrolyseöfen mit vorgebrannten Anoden erzeugt. Wesentliche Emissionsquellen sind die Abgase der Elektrolyseöfen und diffuse Emissionen über Hallendächern. An klimarelevanten Substanzen und Luftschadstoffen werden insbesondere CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CF<sub>4</sub> und C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> emittiert.

Die größte Quelle für FKW-Emissionen ist in Deutschland trotz erheblicher Reduktionen seit 1990 weiterhin die Produktion von Primäraluminium. Durch umfangreiche Modernisierungsmaßnahmen in deutschen Aluminiumhütten und der Stilllegung von Produktionskapazitäten sanken die absoluten Emissionen aus diesem Sektor seit 1995 um über 90 %. Hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der FKW-Emissionen ist eine Stagnation auf niedrigem Niveau zu erwarten.

### Sekundäraluminium – Verwendung von F-Gasen in Gießereien

Die Kategorie *Verwendung von SF<sub>6</sub> in der Sekundäraluminiumproduktion* (Alu-Gießereien) ist nach der Einordnung der Kategorie 2.C.3 Aluminiumproduktion für PFC-Emissionen eine Hauptkategorie nach dem Trend.

Zum Spülen von Sekundäraluminium-Schmelzen genügen in der Regel Inertgase ohne Additive. In einigen wenigen, meist kleineren Aluminium-Gießereien sowie in Labors kam in der Vergangenheit aber ein Reinigungssystem aus Inertgasen zum Einsatz, dem SF<sub>6</sub> in Konzentrationen von 1 oder 2,5 % zugesetzt war. Solche Reinigungssysteme wurden letztmalig im Jahr 1999 eingesetzt (seit dem Jahr 2000 findet kein Verkauf in Deutschland mehr statt). Von 1990 bis 1999 lag der SF<sub>6</sub>-Verbrauch relativ konstant bei 0,5 t/a.

Vereinzelt wird seit dem Jahr 1999 wieder reines SF<sub>6</sub> als Reinigungsgas eingesetzt.

#### 4.4.3.2 Methodische Aspekte (2.C.3)

### Primäraluminium - Nebenproduktemissionen

In Deutschland wurden im Jahr 2014 insgesamt 530.683 Tonnen Primäraluminium hergestellt. Die Aktivitätsraten werden dem Umweltbundesamt jährlich durch die Wirtschaftsvereinigung Metalle übermittelt. Der durchschnittliche Anodenverbrauch zur Produktion von Primäraluminium liegt bei 430 kg Petrolkoks je Tonne Aluminium. In der Tabelle 194 sind die prozessbedingten Emissionsfaktoren dargestellt.

Die bei der Erzeugung von Primäraluminium anfallende Gesamtabgasmenge je Tonne Aluminium wurde mit einem mittleren Konzentrationswert, der aus mehreren Einzelwerten verschiedener Anlagen mit entsprechender Gewichtung gebildet wurde, multipliziert. Die Emissionsfaktoren berücksichtigen auch diffuse Emissionsquellen, wie

Hallendachemissionen. Die verwendeten Emissionswerte für CO sind Ergebnisse aus Emissionsmessungen im Rahmen von Investitionsvorhaben.

Die SO<sub>2</sub>- und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren wurden aus dem spezifischen Anodenverbrauch errechnet. Die Anoden bestehen aus Petrolkoks; diese weisen spezifische Schwefelgehalte von ca. 1,2 % auf, woraus ein SO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 10,4 kg/t Al berechnet werden kann. Grundlage der Berechnung des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors ist der spezifische Kohlenstoffgehalt von Petrolkoks von 857 kg pro t. (vgl. Kapitel 18.7). Durch Multiplikation des durchschnittlichen Anodenverbrauchs mit dem mittleren Kohlenstoffgehalt und der stöchiometrischen Umsetzung zu CO<sub>2</sub> ergibt sich ein CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 1367 kg/t Aluminium. Der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor vermindert sich theoretisch um den Anteil, der sich aus einem CO-Anteil von 180 kg/t Al ergibt, da sich auch CO lediglich aus dem Verbrauch der Anoden bilden kann. Dies ist in dem unten genannten CO<sub>2</sub>- Faktor nicht berücksichtigt.

Die in Tabelle 194 genannten Emissionsfaktoren wurden mit den Emissionsangaben in BAT-Merkblättern<sup>56</sup> und anderen Quellen (z.B. der VDI Richtlinie 2286 Blatt 1) abgeglichen.

Tabelle 194: AR und prozessbedingte EF der Primäraluminiumproduktion im Jahr 2013

	AR		Emissionsfaktoren				
	Anzahl Hütten	Produktion [t]	CO <sub>2</sub> [kg/t]	NO <sub>x</sub> [kg/t]	SO <sub>2</sub> [kg/t]	C gesamt [kg/t]	CO [kg/t]
<b>Primäraluminium</b>	4	492.368	1367	k.A.	10,4	k.A.	180

Für die FKW-Emissionen aus Primäraluminiumhütten liegen aufgrund einer Selbstverpflichtung der Aluminiumindustrie Emissionsangaben vor. Seit 1997 berichtet die Aluminiumindustrie jährlich über die Entwicklung der FKW-Emissionen aus diesem Sektor. Die Messdaten werden nicht veröffentlicht, liegen dem Umweltbundesamt aber vor.

Basis für Berechnungen der CF<sub>4</sub> Emissionen sind die in den Jahren 1996 und 2001 in allen deutschen Hütten durchgeführten Messungen. Hierbei wurden je nach Technologie spezifische CF<sub>4</sub>- Emissionswerte pro Anodeneffekt<sup>57</sup> ermittelt. Die Zahl der Anodeneffekte wird in den Hütten erfasst und dokumentiert. Die CF<sub>4</sub>-Gesamtemission wurde durch Multiplikation der gesamten Anodeneffekte des Jahres mit der in 2001 ermittelten spezifischen CF<sub>4</sub>-Emission pro Anodeneffekt errechnet. Der Gesamtemissionsfaktor für CF<sub>4</sub> ergibt sich durch Addition der CF<sub>4</sub>-Emissionen der Hütten dividiert durch die Gesamtaluminiumproduktion der Hütten. C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> und CF<sub>4</sub> entstehen im festen Verhältnis von etwa 1:10. Die oben genannte Methode wurde auf die Zeitreihe bis 2010 angewendet, durch Rückrechnungen wurden die Emissionen für die Jahre 1990 bis 1996 ergänzt. Für den Emissionshandel hat die Aluminiumindustrie die Berechnung der PFC-Emissionen auf die IAI-Methode (entspricht UNFCC-Default Tier 2) umgestellt. Der dafür vorgesehene Default-Slope-Faktor wird auch von allen anderen europäischen Anlagen genutzt und ist im Rahmen des europäischen Emissionshandels anerkannt. Aus Konsistenzgründen hat die Aluminiumindustrie deshalb ab 2010 auch die Emissionsdaten für die Emissionsberichterstattung nach der IAI-Methode berichtet.

<sup>56</sup> siehe <http://www.bvt.umweltbundesamt.de/kurzue.htm>

<sup>57</sup> „...Zu organischen Fluoriden kommt es jedoch nur unter besonderen Bedingungen, wenngleich diese in Intervallen von Stunden bis zu mehreren Tagen am Ofen immer wieder eintreten. Diese Bedingungen werden als Anodeneffekt bezeichnet. ... Das Gas an der Anode ändert seine Zusammensetzung von CO<sub>2</sub> zu CO und zu 5 bis 20 % CF<sub>4</sub>...“ (ÖKO-RECHERCHE 1996)

## Sekundäraluminium – Verwendung von F-Gasen in Gießereien

Für die Aluminiumgießereien konnte durch anlagenspezifische Messungen im Jahr 2010 eine Konkretisierung des Emissionsfaktors und damit der Emissionen vorgenommen werden.

Für die Berichtsjahre 1990 bis 1994 wurden Berichte und archivierte Umfrageprotokolle aus dem Jahr 1996 zu Grunde gelegt.

### **Emissionsfaktor Sekundäraluminium**

Basierend auf von der Zulassungsbehörde anerkannten, vertraulichen Messprotokollen ist der Emissionsfaktor von SF<sub>6</sub> für die Aluminiumgiessereien für den Zeitraum von 1999 bis 2008 von 100 % auf 3 % reduziert worden. Durch Umbaumaßnahmen konnte eine weitere Reduzierung des Emissionsfaktors ab 2009 auf 1,5 % erreicht werden.

### **Aktivitätsdaten Sekundäraluminium**

Der SF<sub>6</sub>-Verbrauch wurde durch Befragung der Gasehändler ermittelt, wobei die Abfrage für das Berichtsjahr 2000 ergeben hat, dass die Gasemischung seit dem Jahr 2000 nicht mehr vermarktet wird.

Das seit 1999 wieder verwendete rein eingesetzte SF<sub>6</sub> wurde bei den Anwendern direkt erfragt und mit Daten der Gasehändler abgeglichen.

Seit dem Berichtsjahr 2007 werden die Daten vom *Statistischen Bundesamt* durch Abfrage der SF<sub>6</sub>-Verkaufszahlen des Gasehandels erhoben.

#### **4.4.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.3)**

### **Primäraluminium - Nebenproduktemissionen**

Die Emissionsangaben zu FKW, CO, CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> genügen dem Tier 3b Ansatz und werden entsprechend als sehr genau bewertet. Für CO, CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> besteht eine Zeitreihenkonsistenz.

Allerdings wurde die anlagenspezifische Anzahl der Anodeneffekte in den Jahren 1991, 1992, 1993 und 1995 im Rahmen der freiwilligen Selbstverpflichtung nicht erhoben und für diese Jahre keine Berechnung durchgeführt (siehe 4.4.3.6).

Außerdem waren die Jahre 1991 bis 1994 wegen des Verfalls der Weltmarktpreise für Primäraluminium tiefe Krisenjahre für die deutsche Aluminiumindustrie. Aus diesem Grund wurden einige Anlagen stillgelegt. Der Abbau betraf alle Ofentypen, aber am stärksten betroffen waren die kurz zuvor modernisierten Öfen mit Punktdosierungstechnik. Deren Kapazität sank um 43%, gemessen am Bestand 1990. Dies erklärt auch den kurzfristigen Anstieg bzw. die Stagnation des implizierten Emissionsfaktors für CF<sub>4</sub> in diesen Jahren. Absolut haben die Primärhütten 2007 nur 26 Tonnen CF<sub>4</sub> gegenüber 45 Tonnen in 2005 emittiert. Ursache hierfür ist ein Produktionsrückgang. Gegenüber dem Jahr 2006 ist jedoch eine geringe Produktionssteigerung zu verzeichnen, weil das teilweise Abschalten der Öfen im Werk Stade durch eine Produktionssteigerung am Produktionsstandort Hamburg mehr als ausgeglichen wurde. Im Jahr 2009 führte die Wirtschaftskrise u.a. zu drastischen Produktionseinbrüchen im Rheinwerk Neuss. Aufgrund der schwierigen ökonomischen Situation aller deutschen Primärhütten kam es in der Folgezeit immer wieder zu Prozessinstabilitäten durch häufige An- und Abfahrprozesse. Dies führte zu einer höheren

Anzahl von Anodeneffekten und damit zu höheren PFC-Emissionen. Im Jahr 2010 stabilisierte sich die ökonomische Lage merklich. Die Prozesse konnten wieder kontinuierlich und stabil gefahren werden. Dadurch verringerte sich die Anzahl der Anodeneffekte in einem solchem Maße, dass die absoluten PFC-Emissionen trotz der Produktionssteigerung im Vergleich zu 2009 sanken. Dieser Trend setzte sich auch in den Folgejahren fort.

### **Sekundäraluminium – Verwendung von F-Gasen in Gießereien**

Wie Untersuchungen belegen, wird ein Teil des SF<sub>6</sub> bei der Nutzung in der Aluminiumproduktion zersetzt. In der Aluminiumindustrie wurde der Emissionsfaktor auf die maximal gemessenen Emissionen gelegt und nach unten eine Unsicherheit von 50% angenommen, da die Messungen gezeigt haben, dass die Emissionen häufig auch deutlich geringer sind.

#### **4.4.3.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.3)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt - für SF<sub>6</sub> konnte die zugehörige Qualitätssicherung von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

Die Aktivitätsraten für die Primäraluminiumproduktion stützen sich auf Eigenerhebungen der Wirtschaftsvereinigung Metalle und werden dem Umweltbundesamt jährlich übermittelt. Die Zeitreihe erscheint plausibel und weist keine Inkonsistenzen auf. Es wird davon ausgegangen, dass diese Angaben qualitätsgesichert erhoben werden.

Die Ermittlung der spezifischen FKW-Emissionen während der Anodeneffekte erfolgte durch Messungen der Industrie in den Jahren 1996 und 2001 an allen Primäraluminium produzierenden Anlagen in Deutschland. Die Menge der entstehenden FKW hängt vor allem von der Dauer und Häufigkeit der Anodeneffekte ab. Durch computerbasierte Prozesssteuerung konnten die Dauer und die Häufigkeit der Anodeneffekte in den letzten Jahren deutlich reduziert werden. Der deutsche Emissionsfaktor für CF<sub>4</sub>, aufgrund von Anodeneffekten, lag 2010 bei 0,044 kg/t Aluminium. Er liegt somit in derselben Größenordnung wie der vom International Aluminium Institute (IAI) bekannt gegebene internationale Durchschnittsfaktor von 0,034 kg/t für Point Feeder-Anlagen. Der Emissionsfaktor ist somit verifiziert.

Für die Verbrauchsmengen in den Al-Gießereien erfolgte erstmalig für das Berichtsjahr 2002 ein Abgleich der Verkaufszahlen mit den Verwendungsmengen in der Industrie, der eine Lücke aufzeigte. Diese wurde korrigiert. Die für das Berichtsjahr 2004 verglichenen Verkaufszahlen und Verwendungsmengen in der Industrie zeigten gute Übereinstimmung.

#### **4.4.3.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.3)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.4.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.C.3)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### 4.4.4 Metallproduktion: Magnesiumproduktion (2.C.4)

##### 4.4.4.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.4)

KC	Category	Activity	EM of	1995 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1995-2014
-/-	2.C.4. Magnesium Foundries		SF <sub>6</sub>	176,6	0,01%	23,9	0,00%	-86,5%
-/-	2.C.4. Magnesium Foundries		HFC 134a	0,0	0,00%	52,3	0,01%	---

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
SF <sub>6</sub>	D	PS	D
HFC	D	PS	D

Die Kategorie *SF<sub>6</sub> und HFKW-134a in der Magnesiumproduktion* ist keine Hauptkategorie.

In Deutschland wird kein Primärmagnesium hergestellt. Es werden lediglich Gussteile aus Magnesiumlegierungen produziert.

Beim Gießen von Magnesium wird SF<sub>6</sub> seit Mitte der 70er Jahre als Schutzgas über der Schmelze eingesetzt, um ihre Oxidation und Entzündung zu verhindern. Die eingesetzte Menge an SF<sub>6</sub> pro Tonne Magnesium (spezifischer SF<sub>6</sub>-Koeffizient) hat sich seit 1995 stark reduziert, da es seit 2003 in zunehmendem Maße durch HFKW-134a ersetzt wird. SF<sub>6</sub> wird sowohl beim Sandgussverfahren zur Fertigung von Prototypen, Einzelteilen und kleinen Serien, als auch beim Druckgussverfahren als Schutzgas eingesetzt.

##### 4.4.4.2 Methodische Aspekte (2.C.4)

Der Einsatz von SF<sub>6</sub> als Reinigungs- und Schutzgas bei der Magnesiumherstellung ist eine offene Anwendung, d.h. die eingesetzte SF<sub>6</sub>-Menge emittiert vollständig beim Gebrauch in die Atmosphäre. Die Gleichsetzung von Verbrauch (AR) und Emission entspricht der Methode in den IPCC-Guidelines 2006 (Kapitel 4.5).

Beim Einsatz von HFKW-134a sind die Berechnungsmethode, der verwendete Emissionsfaktor und die Angaben über die Aktivitätsdaten in der Magnesiumproduktion identisch mit der Verwendung von SF<sub>6</sub> in der Magnesiumproduktion.

#### Emissionsfaktoren

Für die Magnesiumgießereien wird ein  $EF_{\text{Anwendung}} = 100\%$  angenommen, da genauere Daten zu Zersetzungsgraden noch fehlen.

#### Aktivitätsdaten Magnesiumproduktion

Im Jahr 1996 wurde im Auftrag des Umweltbundesamtes eine Mengenbefragung bei allen inländischen Magnesiumgießereien mit SF<sub>6</sub>-Einsatz durchgeführt. Hierbei wurden die Verbrauchsmengen für die Jahre 1990 bis 1995 ermittelt.

Bis zum Berichtsjahr 2007 wurden die verwendeten Mengen direkt bei den Anwendern erfragt. Seit dem Berichtsjahr 2006 werden die Daten durch Abfrage der SF<sub>6</sub>-Verkaufszahlen des Gasehandels erhoben. Im Berichtsjahr 2006 erfolgte ein Vergleich beider Methoden.

Seit dem Berichtsjahr 2007 werden die Daten des *Statistischen Bundesamtes* verwendet.

#### 4.4.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.4)

Wie Untersuchungen belegen wird ein Teil des SF<sub>6</sub> bei der Nutzung in der Magnesiumproduktion zersetzt. Daher werden die Emissionen durch die Annahme einer 100 %-igen Emission der verwendeten Menge bei der Magnesiumproduktion wahrscheinlich deutlich überzeichnet. Solange keine genaueren Messungen für die Magnesiumproduktion vorliegen, welche die Angabe eines durchschnittlichen Zersetzungsgrads im Prozess ermöglichen, ist eine Quantifizierung der Unsicherheiten für die Emissionsfaktoren nicht möglich.

#### 4.4.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.4)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

Die Qualitätssicherung/-kontrolle erfolgte für die Verbrauchsmengen in den Mg-Gießereien durch einen einmaligen Abgleich der Abfrageergebnisse aus den Gießereien mit den Hersteller-Verkaufszahlen für SF<sub>6</sub> insgesamt und mit den Angaben des Gasehandels. Für das Berichtsjahr 2007 wurden zusätzlich Erkenntnisse aus einem Fachgespräch im Dezember 2007 berücksichtigt.

#### 4.4.4.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.4)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### 4.4.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.C.4)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.4.5 Metallproduktion: Blei (2.C.5)

#### 4.4.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.5)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.C.5. Lead Production	0	CO <sub>2</sub>	151,5	0,01%	83,5	0,01%	-44,9%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1	AS	D/CS

Die Kategorie *Metallproduktion: Blei* ist keine Hauptkategorie.

Die Bleiproduktion erfolgt in Deutschland aus primären Bleikonzentraten und sekundären Vorstoffen wie bleihaltigen Schrotten oder Blei-Säure-Batterien.

Die Primärbleiproduktion erfolgt in Deutschland ausschließlich durch das Direktschmelzverfahren (DS) im Badschmelzofen (Isasmelt-Ausmelt) oder im QSL-Reaktor. Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emission entstehen maßgeblich durch die Zugabe von kohlenstoffhaltigen Reduktionsmitteln (z.B. Kohlenstaub). Das Imperial Smelting Verfahren (ISF) wird in Deutschland nicht mehr angewendet.

Die Sekundärbleiproduktion in Deutschland wird maßgeblich durch die Aufbereitung von Blei-Säure-Batterien bestimmt. Dabei kommt entweder der Kurtrommelofen- oder der Schachtofenprozess zum Einsatz. Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emission entstehen maßgeblich durch die Zugabe von kohlenstoffhaltigen Reduktionsmitteln (z.B. Koks).

In Deutschland wurden im Jahr 2014 insgesamt 379.604 Tonnen Blei hergestellt. Die Aktivitätsraten werden dem Umweltbundesamt jährlich durch die Wirtschaftsvereinigung Metalle übermittelt.

#### 4.4.5.2 Methodische Aspekte (2.C.5)

Die verwendeten **Emissionsfaktoren** entstammen den 2006er IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Werte aus Table 4.21). In Deutschland existiert nur das Direktschmelzverfahren (DS) zur Primärbleiproduktion sowie das Sekundärproduktionsverfahren (S). Das Produktionsmengenverhältnis von DS/S liegt in Deutschland relativ konstant bei ca. 1/ 1,5. Mit diesem Verhältnis wurde aus den Werten aus Table 4.21 der Emissionsfaktor von 220 kg CO<sub>2</sub>/ t Blei ermittelt:

$$EF_{Blei} = \frac{DS \cdot EF_{DS} + S \cdot EF_S}{DS + S} = \frac{1 \cdot 0,25 \frac{t CO_2}{t Blei} + 1,5 \cdot 0,2 \frac{t CO_2}{t Blei}}{2,5} = 0,22 \frac{t CO_2}{t Blei}$$

DS: Produktionsmenge der Primärbleiproduktion nach dem Direktschmelzverfahren

S: Produktionsmenge der Sekundärbleiproduktion

DS/S: Produktionsmengenverhältnis in Deutschland relativ konstant bei 1/1,5

EF<sub>Blei</sub>: CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionsfaktor für Blei

EF<sub>DS</sub>: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für das Direktschmelzverfahren zur Primärbleiproduktion 0,25 t CO<sub>2</sub>/ Blei (nach Table 4.21)

EF<sub>S</sub>: CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für die Sekundärbleiproduktion 0,20 t CO<sub>2</sub>/ Blei (nach Table 4.21)

#### 4.4.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.5)

Es werden Default-Unsicherheiten der 2006er IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories verwendet.

#### 4.4.5.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.5)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### 4.4.5.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.5)

Die Aktivitätsraten stützen sich auf vertrauliche Eigenerhebungen der Wirtschaftsvereinigung Metalle und werden dem Umweltbundesamt jährlich übermittelt. Die Zeitreihe erscheint

plausibel und weist keine Inkonsistenzen auf. Es wird davon ausgegangen, dass diese Angaben qualitätsgesichert erhoben werden.

#### 4.4.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.C.5)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.4.6 Metallproduktion: Zink (2.C.6)

#### 4.4.6.1 Beschreibung der Kategorie (2.C.6)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.C.6. Zinc Production		CO <sub>2</sub>	670,8	0,06%	288,1	0,03%	-57,1%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1	AS	D

Die Kategorie *Metallproduktion: Zink* ist keine Hauptkategorie.

Die Zinkproduktion erfolgt in Deutschland aus primären Zinkkonzentraten und sekundären Vorstoffen wie zinkhaltigen Schrotten oder Stahlwerksstäuben.

Die Primärzinkproduktion erfolgt in Deutschland ausschließlich durch das hydrometallurgische Verfahren. Das pyrometallurgische Imperial Smelting Verfahren (ISF) wird nicht angewendet.

Prozessbedingte Treibhausgasemissionen entstehen in Deutschland vorrangig bei der Sekundärzinkproduktion. Durch die Nutzung von Koks als Reduktionsmittel entstehen vor allem bei der Aufbereitung von zinkhaltigen Sekundärmaterialien im Wälzofen prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen.

In Deutschland wurden im Jahr 2014 insgesamt 167.480 Tonnen Zink hergestellt. Die Aktivitätsraten werden dem Umweltbundesamt jährlich durch die Wirtschaftsvereinigung Metalle übermittelt.

#### 4.4.6.2 Methodische Aspekte (2.C.6)

Die verwendeten **Emissionsfaktoren** entstammen den 2006er IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Default-Faktor), da derzeit keine besseren Zahlen zur Verfügung stehen.

#### 4.4.6.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.6)

Es werden Default-Unsicherheiten der 2006er IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories verwendet. Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.6)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.4.6.4      Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.6)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die Aktivitätsraten stützen sich auf vertrauliche Eigenerhebungen der Wirtschaftsvereinigung Metalle und werden dem Umweltbundesamt jährlich übermittelt. Die Zeitreihe erscheint plausibel und weist keine Inkonsistenzen auf. Es wird davon ausgegangen, dass diese Angaben qualitätsgesichert erhoben werden.

#### **4.4.6.5      Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.C.6)**

In den nächsten Berichterstattungsrounden sollten spezifische Daten zur Bestimmung der Emissionsfaktoren ermittelt werden.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### **4.4.7      *Metallproduktion: Sonstige* (2.C.7)**

In Kategorie 2.C.7 werden keine Emissionen berichtet.

##### **4.4.7.1      Beschreibung der Kategorie (2.C.7)**

Unter diese Kategorie fällt in Deutschland vor allem die Produktion von Kupfer. Der Hauptteil der Treibhausgasemissionen aus dieser Industrie stammt aus Prozessfeuerungen und wird unter 1.A.2.b berichtet. Die nicht aus Prozessfeuerungen stammenden Treibhausgasemissionen sind vergleichsweise sehr gering.

##### **4.4.7.2      Methodische Aspekte (2.C.7)**

Es sind keine Emissionsfaktoren vorhanden. Auch die 2006er IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories geben keinen Default-Faktor an.

##### **4.4.7.3      Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.C.7)**

Keine Angaben.

##### **4.4.7.4      Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.C.7)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.4.7.5      Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.C.7)**

Die Aktivitätsraten stützen sich auf vertrauliche Eigenerhebungen der Wirtschaftsvereinigung Metalle und werden dem Umweltbundesamt jährlich übermittelt. Die Zeitreihe erscheint plausibel und weist keine Inkonsistenzen auf. Es wird davon ausgegangen, dass diese Angaben qualitätsgesichert erhoben werden.

#### 4.4.7.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.C.7)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.5 Verwendung von nichtenergetischen Produkten aus Brennstoffen und von Lösemitteln (2.D)

#### 4.5.1 Anwendung von Schmiermitteln (2.D.1)

##### 4.5.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.1)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.D.1. Lubricant use	0	CO <sub>2</sub>	521,8	0,04%	615,6	0,07%	18,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1	NS	D

Die Kategorie *Anwendung von Schmiermitteln* ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen keine Hauptkategorie.

Schmiermittel sollen die Reibung und Beanspruchung bei sich bewegenden Maschinenteile vermindern. Dabei können sie auch zur Kraft- oder Wärmeübertragung genutzt werden. Auch das Dichten, das Vermeiden von Ablagerungen und der Korrosionsschutz können Anforderungen an Schmiermittel sein. Darum gibt es für viele Anwendungen spezielle Schmiermittel. Der Verbrauch an Schmiermitteln in Deutschland ist seit 1990 relativ konstant geblieben mit einem konjunkturell bedingten Einbruch im Jahr 2009.

##### 4.5.1.2 Methodische Aspekte (2.D.1)

Aufgrund unterschiedlicher Berechnungsmethoden erfolgt eine Unterteilung des Schmiermitteleinsatzes in Kraftfahrzeugen einschließlich anderer mobiler Quellen und in der Industrie.

Innerhalb des deutschen Treibhausgas-Inventars werden für sämtliche mobilen Quellen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Schmierstoff-Mitverbrennung erfasst. Gemäß den Anforderungen an die Emissionsberichterstattung werden dabei auf Zweitakt-Ottomotoren entfallende Emissionen direkt der jeweiligen Emissionsquelle zugeordnet, da hier der Schmierstoff als Teil des Kraftstoffes (Zweitakter-Gemisch) betrachtet wird. Alle nicht von Zweitaktern verursachten Mitverbrennungs-Emissionen werden dagegen als Produktanwendung betrachtet und zusammen mit den Emissionen aus der Schmiermittelanwendung im industriellen Bereich hier berichtet. Die Beschreibung der jeweiligen Berechnungsmethode erfolgt hier und in 19.1.4.

#### Aktivitätsraten – Schmiermitteleinsatz in der Industrie

Für den Schmiermitteleinsatz in der Industrie werden als Aktivitätsraten die Inlandsablieferungen aus der Statistik „Amtliche Mineralöl-daten für die Bundesrepublik Deutschland“ des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle verwendet (Tabelle 10j).

## Emissionsfaktoren – Schmiermitteleinsatz in der Industrie

Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen erfolgt nach einer Tier 1 Methode. Zur Herleitung des Emissionsfaktors, der auf die gesamte Zeitreihe angewendet wird, wurde auf Standardwerte der 2006 IPCC-Richtlinien zurückgegriffen (IPCC, 2006: Vol. 3 Ch. 5 einschließlich Tabelle 5.2). Es resultiert ein Emissionsfaktor von 0,5896 t CO<sub>2</sub>/t Schmiermittel.

### 4.5.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.1)

Da eine Tier 1 Methode mit Standardwerten der 2006 IPCC Guidelines angewendet wird, gelten auch die entsprechenden Unsicherheiten für die Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren (2006 IPCC Guidelines: Vol. 3, Ch. 5).

### 4.5.1.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.1)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

### 4.5.1.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.1)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, wurden durch die Nationale Koordinierungsstelle durchgeführt.

Die Ergebnisse der Emissionsberechnung können aber nicht mit anderen Datenquellen für Deutschland verglichen werden, weil keine Daten bezüglich Emissionsfaktoren und Emissionen zugänglich sind. Die Verbrauchsmengen werden noch überprüft.

Ein Vergleich des Emissionsfaktors für Kohlendioxid mit den Emissionsfaktoren anderer Länder ist bisher nur mit Dänemark möglich. Der Emissionsfaktor stimmt mit dem dänischen Emissionsfaktor von 0,6176 t CO<sub>2</sub>/t Schmiermittel gut überein.

### 4.5.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.D.1)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 4.5.2 Anwendung von Paraffinwachsen (2.D.2)

### 4.5.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.2)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.D.2. Paraffin wax use		CO <sub>2</sub>	248,4	0,02%	624,2	0,07%	151,3%
-/-	2.D.2. Paraffin wax use		N <sub>2</sub> O	0,6	0,00%	1,5	0,00%	151,3%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1	NS	D
N <sub>2</sub> O	Tier 1	NS	D

Die Kategorie *Anwendung von Paraffinwachsen* ist für CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O-Emissionen keine Hauptkategorie.

Deutschland stellt einen bedeutenden Markt für Kerzen innerhalb der Europäischen Union dar. 2013 belief sich der Marktanteil auf 35 % (Quelle: Verbrauch von Kerzen in der Europäischen Union (EU 28) der European Candle Association ASBL) Im Gegensatz zum europäischen Trend wuchs der Bedarf in Deutschland von 1990 bis 2013 stetig. Die Produktion ist gleich geblieben, der zunehmende Bedarf wird durch Importe gedeckt.

#### **4.5.2.2 Methodische Aspekte (2.D.2)**

Dem Berechnungsmodell liegen die Annahmen zugrunde, dass alle Kerzen innerhalb eines Jahres verbraucht und vollständig verbrannt werden.

Die Berechnungen der CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O-Emissionen erfolgen nach einer Tier 1 Methode.

#### **Aktivitätsraten**

Die Produktionsmengen sowie die Import- und Exportmengen an Kerzen für die Jahre 1996 bis 2013 entstammen dem Statistischen Bundesamt (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4, Reihe 3.1, Produzierendes Gewerbe, Produktion im Produzierenden Gewerbe sowie der Außenhandelsstatistik).

Die Berechnung der Verbrauchsmenge erfolgt gemäß Produktion + Import – Export.

Für die Jahre 1990 bis 1995 erfolgt die Berechnung der Verbrauchsmenge über den ProKopf-Verbrauch, der aus den Jahren 1996 bis 2013 abgeleitet wird. Dabei wird davon ausgegangen, dass auch in diesen Jahren der Verbrauch linear gestiegen ist.

#### **Emissionsfaktoren**

Der Emissionsfaktor für CO<sub>2</sub> beträgt 2,9467 t/t Produkt und für N<sub>2</sub>O 0,024 kg/t Produkt.

Zur Herleitung der Emissionsfaktoren wurde auf Standardwerte zurückgegriffen (IPCC-GL2006, Vol. 2 Chapter 1 table 1.2 und IPCC, 2006: Vol. 2, Ch. 2 Tab. 2.4)

#### **4.5.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.2)**

Da eine Tier 1 Methode mit Standardwerten der 2006 IPCC Guidelines angewendet wird, gelten auch die entsprechenden Unsicherheiten für Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren (2006 IPCC Guidelines: Vol. 3, Ch- 5).

#### **4.5.2.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.2)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.5.2.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.2)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, wurden durch die Nationale Koordinierungsstelle durchgeführt.

Für eine Überprüfung der Import-, Export- und Produktionsmengen als Grundlage zur Verifikation der Verbrauchsmengen stehen außer den von Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellten Daten keine weiteren Quellen zur Verfügung. So greift z.B. auch der europäische Kerzenverband ECA (european candle association) auf die Daten von EUROSTAT zurück. Ein Vergleich mit den Daten von EUROSTAT wurde durchgeführt. Die

Zahlen zeigen gute Übereinstimmung mit den vom Statistischen Bundesamt an EUROSTAT übermittelten Zahlen.

Ein Vergleich der Emissionsfaktoren für Kohlendioxid und Lachgas mit den Emissionsfaktoren anderer Länder ist bisher nur mit Dänemark möglich. Die Emissionsfaktoren in beiden Treibhausgasinventaren stimmen sehr gut überein.

#### 4.5.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.D.2)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.5.3 Sonstige: Lösemittel - NMVOC (2.D.3 Lösemittel)

#### 4.5.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.3 Lösemittel)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.D.3. Other		CO2	2.552,0	0,21%	1.211,7	0,14%	-52,5%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	D	NS	D
NMVOC	Tier 2	NS	CS

Die Kategorie indirektes CO<sub>2</sub> aus NMVOC-Emissionen aus dem Bereich *Lösemittel und andere Produktverwendung* (CRF 2.D.3) ist aufgrund der Einordnung der übergeordneten Kategorie 2.D.3 - *Weitere* keine Hauptkategorie.

Die aus dem Gebrauch von Lösemitteln oder aus der Anwendung lösemittelhaltiger Produkte freigesetzten NMVOC-Emissionen entstammen allen Subgruppierungen dieser Quellgruppe.

Um der sehr heterogenen Struktur dieser Kategorie bei der Datenermittlung besser gerecht zu werden, werden für die Berechnung der Inventardaten die UNECE/EMEP Substrukturen verwendet, die auf der CORINAIR97 (CORINAIR: COOrdination d' INformation Environmentale; Teilprojekt AIR) SNAP-Systematik<sup>58</sup> basieren.

Für die Kategorien 2.D.3.a, d, e, f, g, h, i ( werden folgende Anwendungen bzw. Aktivitäten einbezogen:

#### 2.D.3.a: Häusliche Verwendung von Lösemitteln inklusive Fungizide

##### i) Häusliche Verwendung von Lösemitteln

- **Seifen**
- **Waschmittel, Spülmittel und Reiniger** (Weichspüler; Universalwaschmittel; Waschmittel; Waschhilfsstoffe; Geschirrspülmittel; Reinigungsmittel für Fußbodenbeläge und Teppiche; Autowaschmittel; Fensterputzmittel; WC-Reinigungsmittel);
- **Schuhcreme, Schuh- und Lederpflegemittel, Möbel- und Bohnerwachs; Lackpflegemittel für Autos**

<sup>58</sup> hier in der Detaillierung des sogenannten SNAP Level 3

- **Zubereitungen zum Polieren von Metall**
- **Duftstoffe** (für Räume, Parfüme, Toilettenwässer, Aftershaves)
- **Kosmetika und Schminkmittel** (Make-up; Zubereitungen zur Hand-, Nagel- und Fußpflege; Gesichtspflegemittel; Körperpflegemittel; Sonnenschutzmittel und andere Zubereitungen)
- **Haarwaschmittel und Haarpflegeprodukte** (Shampoos; Dauerwell- und Entkrausungsmittel; Haarsprays; Haarcremes und Brillantine; Tönungsshampoo, Haarfärbemittel, Haarbleichmittel und andere Pflegeprodukte)
- **Andere persönliche Pflegeprodukte** (Rasiercremes; Körperdesodorierungs- und Antitranspirationsmittel; Badeessenzen; Zubereitungen zur Körperintimpflege, Haarentfernungsmittel, Schönheitsmittel und anderes)
- **Kfz-Frostschutz**

## ii) Häusliche Verwendung von pharmazeutischen Produkten

### 2.D.3.d: Anwendung von Farben und Lacken

#### i) Industrielle Beschichtungen

- **Kfz-Reparatur**
- **Professionelle Anwendungen von Farben und Lacken in Konstruktionen und Gebäuden** (Dispersionsfarben innen; Fassadenfarben / Silikat; Kunstharzputze / Silikat; Bautenlacke / Lasuren; Grundierungen / Überzüge; andere Anwendungen)
- **Do-it-yourself Anwendungen von Farben und Lacken in Konstruktionen und Gebäuden** (Dispersionsfarben innen; Fassadenfarben / Silikat; Kunstharzputze / Silikat; Bautenlacke / Lasuren; Grundierungen / Überzüge; andere Anwendungen)
- **Holzbeschichtungen** (Holzinnenausbau; Schreinerarbeiten)

#### ii) Industrielle Beschichtungen

- **Kfz-Herstellung** (Grundierung, Füller, Deck- und Klarlacke)
- **Kfz-Reparatur von Nutzfahrzeugen und sonstigen Fahrzeugen**
- **Spulenbeschichtung**
- **Beschichtungen im Schiffbau**
- **Holzbeschichtungen** (Möbel)
- **Andere industrielle Beschichtungen** (Lackspray (ohne Treibgas); Elektro / Haushalt; Maschinenbau; Autozubehör / Metall; Metallwaren, Blechemballagen; Drahtlacke; Tränk- und Gießmittel; Bauelemente ohne Bandbeschichtung; Kunststoffe; Papier / Folie; Übrige Verarbeitung)

iii) **Andere nichtindustrielle Farbbeschichtungen** (Markierungsfarben; Korrosionsschutz; Anderes)

### 2.D.3.e Entfettung

- **Metallentfettung**
- **Herstellung von Elektronikkomponenten**
- **Andere industrielle Reinigung** (Feinmechanik, Optik, Herstellung von Uhren)

### 2.D.3.f Chemische Reinigung

- **Chemische Reinigung**

**2.D.3.g Herstellung und Verarbeitung von chemischen Produkten**

- **Verarbeitung von Polyester**
- **Verarbeitung von Polyvinylchlorid**
- **Verarbeitung von Polyurethan**
- **Verarbeitung von Polystyrolschaum**
- **Gummi-Verarbeitung** (Reifenherstellung)
- **Herstellung von pharmazeutischen Produkten**
- **Herstellung von Farben und Lacken**
- **Herstellung von Druckfarben und Tinten**
- **Herstellung von Klebstoffen**
- **Asphalt blasen**
- **Herstellung von Haftmaterialien, Magnetbändern, Filmen und Fotografien**
- **Herstellung von lösemittelhaltigen Produkten**
  - Herstellung von Holzschutzmitteln
  - Herstellung von Baustoffadditiven
  - Herstellung lösemittelhaltiger Konsumgüter
  - Herstellung von Oberflächenreinigungsmitteln
  - Herstellung von Frostschutz- und Enteisungsmitteln
  - Herstellung von Be- und Entwachungsmitteln
  - Herstellung von Abbeizmitteln

**2.D.3.h Druckindustrie-Druckanwendungen**

- Coldset-Offsetdruck (Zeitungsdruck)
- Bogenoffsetdruck (konventionell, UV-basiert)
- Heatset-Offsetdruck
- Endlos-Offsetdruck
- Buchdruck
- Verpackungs-Flexodruck (lösemittelbasiert, wasserbasiert)
- Verpackungs-Tiefdruck (lösemittelbasiert, wasserbasiert)
- Illustrationstiefdruck
- Siebdruck
- Andere Druckanwendungen
- Farben für Kunstmaler in Zusammenstellungen
- Farben für Kunstmaler, nicht in Zusammenstellungen
- Tinte und Tusche zum Schreiben oder Zeichnen u. ä., auch konzentriert oder in fester Form (ohne Druckfarben)

**2.D.3.i: Andere Anwendungen**

- **Behandlung von Glas- und Mineralwolle**
- **Extraktion von Ölen und Fetten**
- **Anwendung von Klebstoffen und Haftmaterialien** (Papier und Verpackung; Bau, Holz; Transport; Schuhe; Heimwerkeranwendungen; anderes)
- **Anwendung von Holzschutzmitteln**
- **Anwendung von Unterbodenschutz und Fahrzeugkonservierung**
- **Entwachsen von Fahrzeugen**
- Sonstige
  - Verwendung von Pflanzenschutzmitteln

- Abbeizen mit Dichlormethan
- Entlackung (fehlbeschichtete Aluminiumteile, Stahlteile und Stahlgehänge)
- Betonzusatzmittel
- Enteisung (Flugzeuge; Betriebsflächen; Sonstiges)
- Wissenschaftliche Laboratorien
- Kühlschmierstoffe

Für die Definition von „NMVOC“ wird auf die VOC-Definition der EG-Lösemittelrichtlinie zurückgegriffen<sup>59</sup>. Zur Konkretisierung des Begriffes „Lösemittelanwendung“ (solvent use) wird für die Lösemitteldefinition ebenfalls auf die EG-Lösemittelrichtlinie zurückgegriffen<sup>60</sup>.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass einige dieser flüchtigen organischen Verbindungen sowohl als Lösemittel als auch als chemische Reaktionskomponente eingesetzt werden, z. B. Toluol - als Lösemittel in Lacken und Klebstoffen und als Reaktionskomponente bei der Herstellung von Toluoldiisocyanat (TDI) - oder Methylethylketon (Butanon) - als Lösemittel in Druckfarben und als Ausgangsmaterial bei der Synthese von Methylethylketonperoxid. VOC (genauer Stoffe oder Mengenteile von Stoffen oder Produkten), die als chemische Reaktionskomponente eingesetzt werden, werden dementsprechend in dieser Kategorie nicht betrachtet.

Durch die skizzierte Abgrenzung der Kategorie wird ein sehr heterogenes Feld von emissionsverursachenden Vorgängen einbezogen. Dies gilt für:

- den Anteil und die Flüchtigkeit der eingesetzten VOC.  
(Die Spannbreite reicht von der Verwendung von leichtflüchtigen Einzelstoffen als Lösemittel z.B. bei Reinigungsvorgängen über den Einsatz von Produkten mit Lösemittelgemischen z.B. in Farben & Lacken bis zu Anwendungen, in denen nur kleine Teile der Zubereitung (auch) Lösemittelleigenschaft haben, wie dies z.B. bei der Polystyrolschaumherstellung der Fall ist.)
- die sehr unterschiedlichen Emissionsbedingungen.

Lösemittelleinsätze können umweltoffen (wie bei der Verwendung von Kosmetika) bis weitgehend geschlossen (wie bei der Extraktion von nativen Ölen oder in Anlagen zur chemischen Reinigung) sein.

#### 4.5.3.2 Methodische Aspekte (2.D.3 Lösemittel)

Die Berechnung der NMVOC-Emissionen erfolgt auf der Basis eines produktverbrauchsorientierten Ansatzes. Dabei werden die NMVOC-Einsatzmengen, die über Lösemittel oder lösemittelhaltige Produkte zu diesen Quellkategorien zugeordnet werden, ermittelt und daraus über (für jede Quellkategorie) spezifische Emissionsfaktoren die NMVOC-Emissionen berechnet. Diese Methodik ist unter der Bezeichnung „consumption-based

---

<sup>59</sup> Demnach sind flüchtige organische Verbindungen (VOC) alle organischen Verbindungen, die bei 293,15 K einen Dampfdruck von mindestens 0,01 kPa oder unter den entsprechenden Gebrauchsbedingungen eine entsprechende Flüchtigkeit haben.

<sup>60</sup> Demnach ist ein organisches Lösemittel eine flüchtige organische Verbindung, die, ohne sich chemisch zu verändern, alleine oder in Kombination mit anderen Stoffen Rohstoffe, Produkte oder Abfallstoffe auflöst oder als Reinigungsmittel zur Auflösung von Verschmutzungen, als Lösungsmittel, als Dispersionsmittel oder als Mittel zur Einstellung der Viskosität oder der Oberflächenspannung oder als Weichmacher oder Konservierungsmittel verwendet wird.

emissions estimating“ explizit als eine von zwei für die Emissionsberechnung dieser Kategorie anzuwendenden Methoden aufgeführt.

Die Methodik erfordert - differenziert nach den Quellkategorien - belastbare Informationen über die folgenden Eingangsgrößen:

- die im Berichtsjahr eingesetzten Mengen an VOC-haltigen (Vor-) Produkten und Hilfsmitteln,
- den VOC-Gehalt dieser Produkte (Stoffe und Zubereitungen),
- die jeweiligen Anwendungs- und Emissionsbedingungen (bzw. den daraus resultierenden spezifischen Emissionsfaktor).

Um der sehr heterogenen Struktur innerhalb der Kategorie gerecht zu werden, werden die Eingangsgrößen nach 37 differenzierten Verursacherprozessen (wie oben aufgeführt, analog zu CORINAIR SNAP Level 3) bestimmt und die errechneten NMVOC-Emissionen anschließend aggregiert. Die eingesetzten Produkt-/Stoffmengen werden auf der Ebene von Produktgruppen unter Verwendung der Produktions- und der Außenhandelsstatistik ermittelt. Wo möglich, werden die so ermittelten Inlandsverbrauchsmengen durch den Abgleich mit Branchenstatistiken weiter verifiziert.

Für die durchschnittlichen VOC-Gehalte der Einsatzstoffe sowie die Emissionsfaktoren werden Werte angesetzt, die auf Expertenschätzungen (Fachgutachten und Branchendialoge) für die einzelnen Kategorien oder Kategorienbereiche basieren. Für die Berechnung der NMVOC-Emissionen des jeweils aktuellsten Jahres liegen die benötigten statistischen Basisangaben noch nicht abschließend vor, so dass für die aktuelle Berichterstattung zunächst die für das Vorjahr ermittelten Daten als Grundlage für eine Prognose verwendet werden. Die Prognose der NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelverwendung für das aktuellste Jahr wird auf der Grundlage der spezifischen Aktivitätsentwicklungen errechnet. Sobald die statistischen Basisdaten für das jeweils aktuellste Jahr in der endgültigen Fassung vorliegen, werden damit die Inventardaten der NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelverwendung neu berechnet.

Seit 1990 sind die NMVOC-Emissionen aus der Verwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten insgesamt um über 50% zurückgegangen.

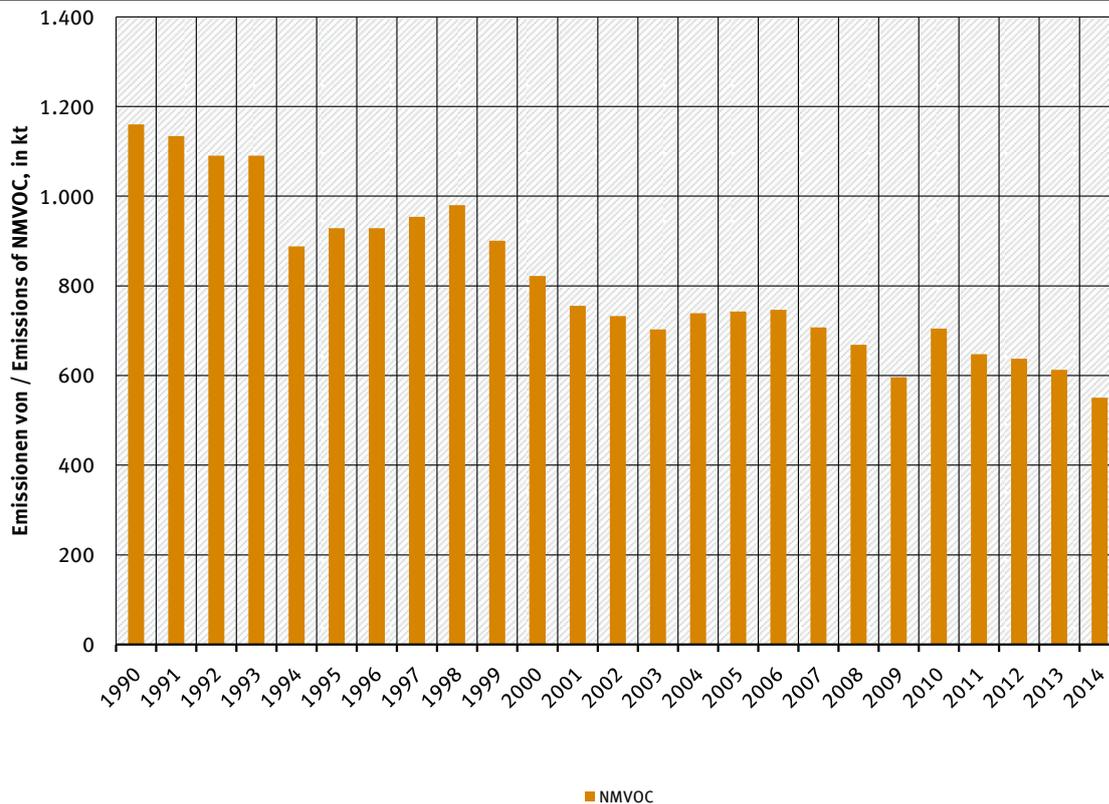


Abbildung 46: NMVOC-Gesamtemissionen aus lösemittelbasierten Produkten und Anwendungen (2.D.3.a,d-i)

Der Schwerpunkt der Emissionsminderung lag in den Jahren seit 1999. Zu diesem Minderungserfolg trugen insbesondere ordnungsrechtliche Regelungen wie die *Chemikalienrechtliche Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) durch Beschränkung des Inverkehrbringens lösemittelhaltiger Farben und Lacke (Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung - ChemVOCFarbV)*, die 31. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (*Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen – 31. BImSchV*) und die 2. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (*Verordnung über Emissionsbegrenzung von leichtflüchtigen halogenierten organischen Verbindungen – 2. BImSchV*) sowie die TA Luft bei. Aber auch das deutsche Umweltzeichen „Blauer Engel“, in dessen Rahmen unter anderem lösemittelarme Lacke, Wandfarben oder Klebstoffe ausgezeichnet werden, hat daran einen wichtigen Anteil.

Obwohl in einzelnen Bereichen teilweise für mehrere Jahre sogar erhöhte Produkteinsatzmengen zu verzeichnen waren, die sich dort entsprechend emissionssteigernd auswirkten, konnte durch die oben beschriebenen Maßnahmen diese Entwicklung weitgehend ausgeglichen werden. Diese Erfolge gelangen insbesondere in den letzten Jahren und spiegeln sich in den aktualisierten Emissionsberechnungen wieder, die im Rahmen der Methodenoptimierung weiter differenzierte VOC-Gehalte und Emissionsfaktoren berücksichtigen konnten.

Seit der Berichterstattung 2009 werden die indirekten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus NMVOC berechnet.

Da der methodische Hintergrund für die Umrechnung der NMVOC-Emissionen in indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen vor allem die Kompatibilität zur Emissionsberichterstattung der EU ist, haben wir für die Berichterstattung den in Vol 3, *Chapter 7 Precursors and Indirect Emissions* der 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories vorgeschlagenen Referenzansatz verwendet:

$$EM_{\text{indirektes CO}_2} = EM_{\text{NMVOC}} * \text{Molmasse CO}_2 / \text{Molmasse C} * 60 \%$$

Im Rahmen eines Expertengutachtens und von Fachgesprächen mit den betroffenen Branchen im Jahr 2013 konnten die Lösemittelgehalte von verschiedenen Lacken und Beschichtungsstoffen dem aktuellen Stand der Technik angepasst und damit verringert werden.

Eine ausführlichere Darlegung der Methodik und Analyse der Trends von NMVOC-Emissionen aus lösemittelhaltigen Produkten und Anwendungen liegt im Informative Inventory Report (IIR) 2015 vor (<http://iir-de.wikidot.com/>)

#### **4.5.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.3 Lösemittel)**

Für die NMVOC-Emissionen liegt zum Berichtszeitpunkt eine Fehlerbetrachtung auf der Basis von Expertenschätzungen für alle Eingangsgrößen (in allen 37 differenzierten Quellbereichen) nach der Methode der Fehler-Fortpflanzung vor. Die bestehenden Unsicherheiten liegen derzeit vor allem in der mangelnden Trennschärfe der Basis-Statistiken (Produktions- und Außenhandelsstatistik) in Hinblick auf die Unterteilung in VOC-haltige und VOC-freie Produkte sowie in Bezug auf die Verwendung in verschiedenen Quellbereichen mit sehr unterschiedlichen Emissionsbedingungen.

#### **4.5.3.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.3 Lösemittel)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

#### **4.5.3.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.3 Lösemittel)**

Die im Emissionsinventar verwendeten Daten für die NMVOC-Emissionen des vorangehenden Jahres werden routinemäßig einer quellenspezifischen Rückrechnung unterzogen. Diese Vorgehensweise ist in der Methodik des produktverbrauchsorientierten Ansatzes begründet und notwendig, da die endgültigen Daten der Außenhandelsstatistik erst nach Abschluss der Berichterstattung im betreffenden Berichtsjahr vorliegen. Für die NMVOC-Emissionen des Jahres 2013 waren Korrekturen notwendig, da sich Anpassungen der Außenhandelsstatistik ergaben.

#### **4.5.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.D.3 Lösemittel)**

Derzeit wird die Aktualität der Datenerhebung für 2.D.3.h (Druckindustrie / Druckanwendungen) geprüft.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### 4.5.4 Sonstige: Verwendung von Bitumen zur Dachdeckung (2.D.3 Bitumen)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
NMVOC	Tier 1	AS	CS
CO <sub>2</sub>	NE	NE	NE

Die Kategorie *Verwendung von Bitumen zur Dachdeckung* weist nach derzeitigem Kenntnisstand keine Emissionen an Treibhausgasen auf<sup>61</sup> und ist somit keine Hauptkategorie.

##### 4.5.4.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.3 Bitumen )

Die Verwendung von Bitumen umfasst die Herstellung und Verlegung von Dach- und Dichtungsbahnen.

Die Menge an in Deutschland produzierten und verwendeten Mengen an Dach- und Dichtungsbahnen ist aus Tabelle 195 zu entnehmen, wobei die Abweichung zwischen beiden Angaben vom Exportüberschuss abhängt. Bei der Herstellung wird flüssiges Bitumen bei Temperaturen von 150°C bis 220°C als Tränk- oder Deckmasse verarbeitet. Der Prozess ist mit Emissionen an organischen Stoffen verbunden (hier als NMVOC zusammen gefasst).

Die Verlegung von Dach- und Dichtungsbahnen erfolgt in Heiß- und Kaltverfahren. Beim Heißverfahren, dem Bahnschweißen, treten relevante Emissionen an organischen Stoffen auf. Die Emissionsentwicklung wird hauptsächlich von der Entwicklung der Produktionsmenge an Polymerbitumenbahnen bestimmt. Die Verwendung von lösemittelhaltigen Voranstrichen wird hier nicht berücksichtigt, sondern erfolgt im Lösemittelmodell, siehe Kapitel 4.5.1.

Die Emissionen aus der Herstellung der Dach- und Dichtungsbahnen gehen bei sinkenden Produktionsmengen leicht zurück. Die Emissionen aus der Verlegung der Dach- und Dichtungsbahnen bleiben bei sinkenden Verwendungsmengen etwa gleich.

Andere Substanzen als NMVOC haben nur eine untergeordnete Emissionsrelevanz (siehe Fußnote <sup>61</sup>).

##### 4.5.4.2 Methodische Aspekte (2.D.3 Bitumen)

Die Daten zur Produktionsmenge und Anwendungsmenge (**Aktivitätsrate**) an Dach- und Dichtungsbahnen stellt auf Basis einer Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2009 der Verband der Dachbahnenindustrie zur Verfügung (VDD, 2015). Momentan finden keine Datenergänzungen oder Hochrechnungen statt. Für eine international vergleichbare Angabe werden jedoch die Produktionsmengen in die Menge an eingesetztem Bitumen umgerechnet (je nach Bahnenart zwischen 1,3 und 3,3 Bitumen kg/m<sup>2</sup>).

Es werden wegen der dominierenden Emissionsrelevanz nur die Emissionen an NMVOC betrachtet und im Emissionsinventar berücksichtigt und dabei zwischen Emissionen aus der Herstellung und Emissionen aus der Verlegung von Dach- und Dichtungsbahnen unterschieden.

<sup>61</sup> siehe Diskussion um indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen unter methodische Aspekte

Der **Emissionsfaktor** für die Herstellung der Dach- und Dichtungsbahnen stammt aus einer Berechnung auf Basis des Standes der Technik deutscher Hersteller (VDD, 2009). Der Emissionsfaktor für die Verlegung von Polymerbitumenbahnen ist einer Ökobilanz entnommen (IKP, 1996). Für Bahnen, die überwiegend mit Heißbitumen verklebt werden, wurde dieser Emissionsfaktor in Analogie übernommen. Dünne Bahnen werden nicht verklebt, sondern genagelt und weisen keine Emissionen auf. Wegen der zunehmenden Bedeutung der Polymerbitumenbahnen steigt der implizite Emissionsfaktor für die Kategorie leicht an.

Die Berechnung der NMVOC-Emissionen entspricht einer Tier-1-Methode, da keine detaillierten Daten vorliegen.

Tabelle 195: Herstellung und Verlegung von Dach- und Dichtungsbahnen mit Bitumen und dazugehörige AR und EF

	Produzierte oder verarbeitete Fläche in 2014 [Mio. m <sup>2</sup> ]	EF/ IEF [kg/ m <sup>2</sup> ]
<b>Herstellung von Dach- und Dichtungsbahnen mit Bitumen</b>	168	NMVOC 0,000358
<b>Verlegung von Dach- und Dichtungsbahnen mit Bitumen</b>	143	NMVOC 0,000027 – 0,000040

Die Emissionen von Kohlendioxid, die sich aus der Multiplikation der NMVOC-Emissionen mit einem Faktor für den Kohlenstoffgehalt in Höhe von 80% und einer Umrechnung auf CO<sub>2</sub> ergeben würden liegen vernachlässigbar niedrig. Diese werden deshalb nicht ausgewiesen, sondern in den CRF-Tabellen mit ‚NE‘ gekennzeichnet.

#### 4.5.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.3 Bitumen )

Angaben zur Unsicherheit der Daten des vdd wurden zwischen vdd und Umweltbundesamt abgestimmt. Die Gesamtunsicherheit der Aktivitätsdaten von Herstellung und Verlegung wird auf einen Wert von circa +/-1 % geschätzt. Daraus ergibt sich für den errechneten Bitumenverbrauch der Gesamtproduktion eine höhere Unsicherheit von circa +/-2,5 %.

Die kumulierten Emissionsfaktoren werden für die Produktion und Verlegung der Dach- und Dichtungsbahnen auf circa +/-5 % geschätzt.

#### 4.5.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.3 Bitumen)

Aufgrund begrenzter Ressourcen und minimaler Relevanz wird für die Berichterstattung von Precursoren keine QK/QS durchgeführt. Im Rahmen der Verbandsvereinbarung mit dem VDD wurde eine Checkliste zur QK/QS ausgefüllt und bestätigt.

Die Ermittlung der Aktivitätsraten wird als plausibel eingeschätzt. Die Emissionsfaktoren stehen im Einklang mit Erkenntnissen aus Forschungsprojekten des UBA und sind plausibel. Vor allem wird die Gültigkeit der Emissionsfaktoren damit begründet, dass hier keine Emissionen aus dem Einsatz lösemittelhaltiger Anstriche zu berücksichtigen sind (erfolgt im Lösemittelmodell, siehe oben).

#### 4.5.4.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.3 Bitumen)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### 4.5.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.D.3 Bitumen)

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### 4.5.5 Sonstige: Straßenasphaltierung (2.D.3 Asphalt)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
NO <sub>x</sub> , NMVOC, SO <sub>2</sub>	Tier 1	AS	CS
CO <sub>2</sub>	NE	NE	NE

Die Kategorie Straßenasphaltierung weist nach derzeitigem Kenntnisstand keine Emissionen an Treibhausgasen auf<sup>62</sup> und ist somit keine Hauptkategorie.

##### 4.5.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.D.3 Asphalt)

Aktuell werden in den Berichtstabellen Produktionsmengen von Asphaltmischgut und die Emissionen an NMVOC, NO<sub>x</sub> und SO<sub>2</sub> berichtet (bezüglich CO<sub>2</sub> siehe Fußnote 62).

Im Jahr 2014 wurden in Deutschland ca. 39 Mio. t Asphalt (DAV, 2015) in ca. 660 Asphaltmischanlagen produziert. Das Produkt wird vornehmlich im Straßenbau eingesetzt und steht in direkter Konkurrenz zu hydraulisch gebundenen Betonstraßen. Nach einem deutlichen Anstieg der Produktion im Jahr 1991 nahm die produzierte Menge seit 2000 ab.

Die Emissionsentwicklung wird hauptsächlich von der Entwicklung der Produktionsmenge bestimmt. Die Produktionsmenge sinkt weiterhin wegen ausbleibender Investitionen im Straßennetz.

##### 4.5.5.2 Methodische Aspekte (2.D.3 Asphalt)

Für den Brennstoffeinsatz existiert in der Kategorie 1.A.2 kein gesondertes Berechnungsverfahren. Die eingesetzten Brennstoffe sind aber über die Auswertung der Energiebilanz berücksichtigt und mit entsprechenden Emissionsfaktoren gekoppelt.

Die Produktionsmenge (**Aktivitätsrate**) an Asphaltmischgut wurde den Mitteilungen vom Deutschen Asphaltverband (DAV) entnommen.

Die Ermittlung der **Emissionsfaktoren** erfolgte länderspezifisch nach Tier 2. Zur Bestimmung der Emissionsfaktoren anderer Substanzen als CO<sub>2</sub> wurde auf Emissionsmessdaten von über 400 Asphaltmischanlagen im Messzeitraum 1989 bis 2000 zurückgegriffen. Der größte Teil der Emissionen entsteht beim Trocknen der Mineralstoffe. NMVOC-Emissionen stammen nahezu vollständig aus den organischen Rohstoffen und werden v.a. im Paralleltrommelbetrieb und sowie aus dem Mischer und im Verladebereich freigesetzt. NO<sub>x</sub> und SO<sub>2</sub> stammen durchschnittlich zu etwa 50 % aus den mineralischen Einsatzstoffen (anteilige Prozessemission). CO entsteht überwiegend bei unvollständigen Verbrennungsvorgängen. Die Emissionen an CO werden ausschließlich beim Brennstoffeinsatz berechnet.

<sup>62</sup> siehe Diskussion um indirekte CO<sub>2</sub>-Emissionen unter methodische Aspekte

Tabelle 196: Emissionsfaktoren bei der Herstellung Asphaltmischgut

	NO <sub>x</sub>	NM VOC	SO <sub>2</sub>
EF [kg/ t]	0,015	0,030	0,030

Es werden nur die Emissionen bei der Herstellung von Asphalt berichtet. Angaben über die Emissionen beim Einbau des Asphalts sind noch nicht ausreichend geprüft.

Die Emissionen von Kohlendioxid, die sich aus der Multiplikation der NMVOC-Emissionen mit einem Faktor für den Kohlenstoffgehalt in Höhe von 80 % und einer Umrechnung auf CO<sub>2</sub> ergeben würden liegen vernachlässigbar niedrig. Diese werden deshalb nicht ausgewiesen, sondern in den CRF-Tabellen mit ‚NE‘ gekennzeichnet.

#### 4.5.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.D.3 Asphalt)

Wie die umfangreichen Messdaten zeigen, liegen die Emissionen in einem vergleichsweise engen Bereich. Aufgrund der Anzahl der Messdaten lassen sich sehr verlässliche Mittelwerte bilden. Lediglich die Aufteilung der Emissionsmengen in brennstoff- und prozessbedingte Emissionen ist mit größeren Unsicherheiten behaftet.

Die Ermittlung der Produktionsmengen kann als sehr genau betrachtet werden, da es sich um ein verkaufsfertiges Produkt handelt und die Mengen von den Betreibern an den DAV übermittelt werden.

#### 4.5.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.D.3 Asphalt)

Aufgrund begrenzter Ressourcen und minimaler Relevanz wird für die Berichterstattung von Precursoren keine QK/QS durchgeführt.

#### 4.5.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.D.3 Asphalt)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### 4.5.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.D.3 Asphalt)

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 4.6 Elektronik-Industrie (2.E)

KC	Category	Activity	EM of	1995 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1995-2014
-/-	2.E. Electronics industry		PFC's	265,1	0,02%	142,5	0,02%	-46,3%
-/-	2.E. Electronics industry		SF <sub>6</sub>	47,3	0,00%	37,2	0,00%	-21,4%
-/-	2.E. Electronics industry		HFC's	17,1	0,00%	15,9	0,00%	-6,8%
-/-	2.E. Electronics industry		NF <sub>3</sub>	5,3	0,00%	20,3	0,00%	283,4%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
HFC	Tier 3	AS, NS	PS
PFC	D, Tier 3	AS, NS	CS, PS
SF <sub>6</sub>	D, Tier 3	AS, NS	CS, PS
NF <sub>3</sub>	D, Tier 3	AS, NS	CS, PS

Die Kategorie *Elektronik-Industrie* ist keine Hauptkategorie.

#### **4.6.1 Halbleiter- und Platinenproduktion (2.E.1)**

##### **4.6.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.E.1)**

In der Halbleiterindustrie emittieren gegenwärtig FKW ( $\text{CF}_4$ ,  $\text{C}_2\text{F}_6$ ,  $\text{C}_3\text{F}_8$ ,  $\text{c-C}_4\text{F}_8$ ), HFKW ( $\text{CHF}_3$ ), Stickstofftrifluorid ( $\text{NF}_3$ ) und  $\text{SF}_6$  aus dem Fertigungsprozess. Diese Gase werden zum Strukturätzen dünner Schichten und zum Reinigen der Reaktionskammern nach dem CVD-Prozess (Chemical Vapour Deposition) eingesetzt. Einige der in die Plasmakammern eingebrachten FKW werden im Produktionsprozess teilweise zu  $\text{CF}_4$  umgewandelt.

Die Emissionen aus der Halbleiterindustrie hängen zum einen von der Häufigkeit des Einsatzes von Abgasreinigungstechniken ab. Zum anderen hat die jährlich produzierte Menge an Halbleitern direkten Einfluss auf die Emissionen. Daraus resultieren relativ starke jährliche Schwankungen in den Emissionen.

##### **4.6.1.2 Methodische Aspekte (2.E.1)**

###### **Emissionsfaktoren**

Während des Ätzprozesses setzen sich nur etwa 15 % des zugeführten  $\text{CF}_4$  chemisch um. Der Emissionsfaktor als inverse Umsetzungsrate beträgt also 85 % des  $\text{CF}_4$ -Verbrauchs.

Die Emissionen können allerdings nicht allein anhand der eingesetzten Mengen (Verkäufe des Gasehandels) ermittelt werden, weil die Differenz zwischen Verbrauch und Emission von verschiedenen Faktoren abhängig ist, nämlich neben der nur partiellen chemischen Umsetzung im Plasmareaktor vor allem auch von der Wirkung nachgeschalteter Abgasreinigungsanlagen. Sie werden daher anlagenspezifisch vom Industrieverband aggregiert und gemeldet.

###### **Aktivitätsdaten**

Gesicherte Emissionsdaten liegen für 1990 und 1995 vor. Für die Jahre 1991 bis 1994 wurde eine lineare Interpolation durchgeführt.

Bis zum Berichtsjahr 2000 basierten die Emissionsangaben auf Befragungen durch EECA-ESIA (European Electronic Component Manufacturers Association – European Semiconductor Industry Association). Die nationalen Hersteller wurden zu Produktionskapazitäten, eingesetzten Stoffmengen und Abgasbehandlungstechniken befragt.

Seit dem Jahr 2001 liegen aufgrund einer freiwilligen Zusage der Halbleiterindustrie Emissionsangaben für diese Teilgruppe für alle Einzelstoffe vor. Die Emissionsdaten werden nach einer einheitlichen Berechnungsformel (Tier 3-Ansatz) aus dem jährlichen Verbrauch für jede Produktionsstätte berechnet, aggregiert und vom ZVEI (Fachverband Bauelemente) an das Umweltbundesamt gemeldet.

##### **4.6.1.3 Unsicherheiten & Zeitreihenkonsistenz (2.E.1)**

Die Unsicherheiten wurden vollständig erfasst.

##### **4.6.1.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.E.1)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.6.1.5      Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.E.1)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

Die Daten haben einen verbandsinternen Prozess der Qualitätssicherung /-kontrolle durchlaufen.

Eine Qualitätskontrolle (nach Tier 1) und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, wurden durchgeführt.

#### **4.6.1.6      Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.E.1)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### **4.6.2      TFT (2.E.2)**

Es findet keine Herstellung von TFT Flachbildschirmen in Deutschland statt.

#### **4.6.3      Photovoltaik (2.E.3)**

##### **4.6.3.1      Beschreibung der Kategorie (2.E.3)**

SF<sub>6</sub> und andere Fluorverbindungen wurden in Deutschland bei der Herstellung von Wafern zum Strukturätzen und zur Reinigung der Reaktionskammern im Fertigungsprozess eingesetzt. Da die Reinheit des Prozessgases niedriger ist als im analogen Produktionsprozess der Halbleiterindustrie, wird die Anwendung *Photovoltaik* gesondert berichtet. In Deutschland begann die Verwendung von SF<sub>6</sub> in der Solartechnik im Jahr 2002.

Die Zeitreihe zeigt zwischen 2002 und 2006 einen kontinuierlichen Anstieg der Emissionen, der auf steigende Produktionsmengen zurückzuführen ist. 2007 und 2008 ist ein sprunghafter Anstieg zu verzeichnen, da die Zahl der produzierten Wafer und damit auch der Anwendungsmengen von SF<sub>6</sub> stark stiegen. Im Jahr 2009 gab es den gegenteiligen Effekt.

NF<sub>3</sub> ersetzte seit 2008 SF<sub>6</sub> in allen neu gebauten Produktionslinien zur Herstellung von Si-Dünnschichtzellen. Die Produktion wurde 2014 weitestgehend eingestellt.

Außerdem wurde der Kohlenwasserstoff CF<sub>4</sub> in den Jahren 2002/2003 zum so genannten Kantenisolieren kristalliner Solarzellen eingeführt. Er wurde aber bald durch ein leichter handhabbares Verfahren ersetzt. Der Verbrauch von CF<sub>4</sub>, der seinen Spitzenwert im Jahr 2004 erreichte, ging seitdem stark zurück. Die Produktion wurde 2014 eingestellt.

##### **4.6.3.2      Methodische Aspekte (2.E.3)**

Wie auch in der Halbleiterindustrie treten die Emissionen in der Photovoltaik während der Produktion auf. Die Fertigungsemissionen können nicht allein anhand der eingesetzten

Mengen (Verkäufe des Gasehandels) ermittelt werden. Die Differenzen zwischen Verbrauch und Emission resultieren aus der partiellen chemischen Umsetzung im Plasmareaktor und der Wirkung nachgeschalteter Abgasreinigungsanlagen.

### **Emissionsfaktoren**

In Deutschland gab es im Jahr 2009 nur noch einen Hersteller ohne Abgasreinigungsanlage. Daher wird der IPCC Emissionsfaktor von 40 % nur für das erste Einsatzjahr 2003 angenommen. Danach sinkt der Emissionsfaktor mit steigendem Anteil der Wafer-Produktion mit nachgeschalteter Abgasreinigungsanlage. Im Jahr 2010 lag er bei knapp 6 % und ist seitdem bis auf 4 % gesunken.

### **Aktivitätsdaten**

Die jährlichen Verbrauchsmengen werden vom Statistischen Bundesamt durch Abfragen der Inlandsabsätze der Gaslieferanten ermittelt. Zusätzlich wurden die Daten in einer gesonderten Studie mit dem Titel: „SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub> in der deutschen Photovoltaik-Industrie“ (ÖKO-RECHERCHE, 2009: FKZ 360 16 027) nachrecherchiert.

#### **4.6.3.3 Unsicherheiten & Zeitreihenkonsistenz (2.E.3)**

Die Unsicherheiten wurden vollständig erhoben.

#### **4.6.3.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.E.3)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.6.3.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.E.3)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

#### **4.6.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.E.3)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **4.6.4 Wärmeüberträger (2.E.4)**

#### **4.6.4.1 Beschreibung der Quellgruppe (2.E.4)**

Der FKW C<sub>6</sub>F<sub>14</sub> findet als Wärmeüberträger in der Halbleiterindustrie und in ausgewählten ICE-Triebköpfen Anwendung. Der Stoff wird seit 2001 jedoch nicht mehr eingesetzt. Emissionen entstehen daher nur noch aus dem Bestand und bei der Entsorgung. Aufgrund der Vertraulichkeit wird dieser Stoff unter 2.H.3 mit berichtet.

#### 4.6.4.2 Methodische Aspekte (2.E.4)

Wegen der Datenvertraulichkeit werden Verbrauch und Emissionen der Wärmeüberträger unter CRF 2.H.3 berichtet. Die Emissionsfaktoren werden mit 1 % für die Befüllung, 3 bzw. 4 % für die Emissionen aus dem Bestand und mit 10 % für die Entsorgung angenommen.

#### 4.6.4.3 Unsicherheiten & Zeitreihenkonsistenz (2.E.4)

Die Unsicherheiten wurden vollständig erhoben.

#### 4.6.4.4 Quellenspezifische Rückrechnungen (2.E.4)

Es wurden keine Rekalkulationen durchgeführt.

#### 4.6.4.5 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.E.4)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

#### 4.6.4.6 Geplante Verbesserungen, quellenspezifisch (2.E.4)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.7 Anwendungen als ODS-Ersatzstoff (2.F)

KC	Category	Activity	EM of	1995 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1995-2014
L/T	2.F. Product uses as substitutes for ODS		HFC's	2.589,0	0,21%	10.673,3	1,21%	312,3%
-/-	2.F. Product uses as substitutes for ODS		PFC's	19,9	0,00%	9,3	0,00%	-53,5%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
HFC, PFC, SF <sub>6</sub>	s. Tabelle 197/Tabelle 198	s. Tabelle 197/Tabelle 198	s. Tabelle 197/Tabelle 198

Die Kategorie Anwendungen als ODS Ersatzstoff ist für HFKW-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend.

Zu der Kategorie 2.F gehören Kälte- und Klimaanlage (2.F.1), die Schaumherstellung (2.F.2), Feuerlöschmittel (2.F.3), Aerosole (2.F.4), Lösemittel (2.F.5) und andere Anwendungen, die ODS-Ersatzstoffe verwenden (2.F.6). Zwecks genauerer Datenerhebung erfolgt eine weitere Unterteilung dieser Unterkategorien, die in den folgenden Unterkapiteln beschrieben wird.

Die Verwendung als Kältemittel in der stationären und mobilen Kühlung ist mit über drei Vierteln der Emissionsmenge die größte Quelle der HFKW-Emissionen dieser Quellgruppe. Die verbleibenden Emissionen verteilen sich auf Schäume und Aerosole, sowie in geringen Mengen auf Feuerlöschmittel und Lösemittel.

Die FKW-Emissionen stammen aus dem Einsatz sogenannter Kältemittelblends in Kälte- und Klimaanlage.

Tabelle 197: Überblick über Methoden und verwendete Emissionsfaktoren für das aktuelle Berichtsjahr in der Kategorie 2.F.1 – Kälte- und Klimaanlage.

	QG	Methode	Schadstoff		Lebensdauer [Jahre]	Herstellung Emissionsfaktor (dimensionslos)	Anwendung Emissionsfaktor (dimensionslos)	Entsorgung	
			HFKW	FKW				Restfüllstand (dimensionslos)	Rückgewinnungsrate (dimensionslos)
<b>Kälte- und Klimaanlage</b>	<b>2.F.1</b>								
Gewerbekälte	2.F.1a								
- Steckerfertige Geräte		Tier 2a	HFKW		10 (D)	0,005 (D)	0,01 - 0,014 (D)	0,90 (CS)	0,326 - 0,48 (D)
- Verflüssigungssätze					12 (D)	0,01 (D)	0,062 - 0,097 (CS)	0,85 (D)	0,475 - 0,68 (D)
- Zentralanlagen				FKW	10 - 14 (D)	0,01 (D)	0,101 - 0,195 (D)	0,875 (D)	0,429 - 0,764 (D, CS)
Haushaltskälte	2.F.1b	Tier 2a	HFKW		15 (D)	NO	0,003 (D)	0,955 (CS)	0,733 (CS)
Industriekälte	2.F.1c								
- Steckerfertige Geräte		Tier 2a	HFKW		10 (CS)	0,005 (D)	0,01 - 0,014 (CS)	0,9 (D)	0,337 - 0,48(D)
- Großkälteanlagen				FKW	10 - 30 (CS, D)	0,01 (D)	0,057 - 0,088 (CS, D)	0,85 (D)	0,45 - 0,77(D)
Transportkälte	2.F.1d								
- Kühlfahrzeuge		Tier 2a	HFKW	FKW	10 (CS)	5 g/Anlage (CS, D)	0,15 - 0,3 (D)	0,875 (CS)	0,657 (D)
- Kühlcontainer					14 (CS)	NO	0,1 (CS)	0,875 (CS)	0,657 (D)
Mobile Klimaanlage	2.F.1e								
- Lkw		Tier 2a	HFKW		15 (D)	5 g/Anlage (CS, D)	0,15 (D)	0,34 (D)	0,38 - 0,42 (D)
- PKW					15 (D)	3 g/Anlage (CS, D)	0,1 (D)	0,34 (D)	0,38 - 0,42(D)
- Busse					15 (D)	50 g/Anlage (D)	0,15 (D)	0,34 (D)	0,38 (D)
- Schiffe					25 (CS)	0,01 (CS)	0,1 - 0,3 (CS)	NO	NO
- Schienenfahrzeuge					25 (CS)	0,005 (D)	0,06 (CS)	NO	NO
- Landmaschinen					10 (CS)	5 g/Anlage (CS)	0,15 - 0,25 (CS)	0,34 (CS)	0,117 (CS)
- Flugzeuge					-	-	0,05 (CS)	NO	NO
Stationäre Klimaanlage	2.F.1f								
- Großklimaanlagen		Tier 2a	HFKW		15 - 25 (D)	0,005 (D)	0,035 - 0,06 (D)	0,9 (D)	0,658 - 0,77 (D)
- Wärmepumpen					15 (D)	0,005 (D)	0,02 - 0,025 (D)	0,75 (D)	0,5 - 0,56 (D)
- Wärmepumpentrockner					15 (CS)	0,005 (CS)	0,003 (CS)	NO	NO
- mob. Raumklimageräte					10 (D)	NO	0,025 - 0,034 (D)	0,75 (D)	0,242 - 0,31 (D)
- Single-Split Geräte					10 (D)	5 g/Anlage (CS)	0,05 - 0,069 (D)	0,875 (CS)	0,379 - 0,48 (D)
- Multi-Split Geräte					13 (D)	20 g/Anlage (D)	0,053 - 0,079 (D)	0,875 (CS)	0,62 - 0,68 (D)
- VRF Geräte					13 (D)	45 g/Anlage (D)	0,062 - 0,081 (D)	NO	NO

Tabelle 198: Überblick über Methoden und verwendete Emissionsfaktoren für das aktuelle Berichtsjahr in den Kategorien 2.F.2 (Schaumherstellung), 2.F.3 (Feuerlöschmittel), 2.F.4 (Aerosole), 2.F.5 (Lösemittel) und 2.F.6 (Andere Anwendungen, die ODS-Ersatzstoffe verwenden)

	QG	Methode	Schadstoff		Lebensdauer [Jahre]	Emissionsfaktor (dimensionslos)		
			HFKW	FKW		Herstellung	Anwendung	Entsorgung
<b>Schaumherstellung</b>	<b>2.F.2</b>							
geschlossenzellig	2.F.2a							
- PU-Hartschaum mit 134a		Tier 2a	HFKW		50 (D)	0,1 (D)	0,005 (D)	NO
- PU-Hartschaum mit 227ea/245fa/365mfc					50 (D)	0,15 (D)	0,01 (D)	NO
- XPS-Schaum mit 134a/1234ze					50 (D)	C	0,0066 (CS)	NO
offenzellig	2.F.2b							
- XPS-Schaum mit 152a		Tier 2a	HFKW		-	1 (CS)	NO	NO
- PU-Integralschaum mit 134a, 227ea, 245fa, 365mfc		Tier 2a			-	1 (CS)	NO	NO
- PU-Montageschaum (134a)		Tier 2a			-	0,5 g/Dose (CS)	1 (CS)	NO
- PU-Montageschaum (152a)					-	0,5 g/Dose (CS)	1 (CS)	NO
<b>Feuerlöschmittel</b>	<b>2.F.3</b>	CS			HFKW			0,01 – 0,08 (CS) 0,04 (D)
<b>Aerosole</b>	<b>2.F.4</b>							
Dosieraerosole	2.F.4a	Tier 2a	HFKW		-	0,01 (CS)	1 (CS)	NO
Sonstige Aerosole/Novelties	2.F.4b/c	Tier 2a			-	0,015 (CS)	1 (CS)	NO
<b>Lösemittel</b>	<b>2.F.5</b>	Tier 2	HFKW		-	NO	1 (D)	NO
<b>Andere Anwendungen, die ODS Ersatzstoffe verwenden</b>	<b>2.F.6</b>					NO	NO	NO

Halogenierte Kohlenwasserstoffe werden in verschiedenen Anwendungen eingesetzt. Während die eingesetzten Stoffe in einigen, so genannten offenen Anwendungen vollständig und noch im selben Jahr emittieren, kommt es in anderen Anwendungen zu großen Speichermengen (stocks). Aus diesen „stocks“ emittieren sie ganz oder teilweise über die gesamte Nutzungsphase und bei der Entsorgung. Die verwendeten EF sind länderspezifisch (CS) oder IPCC Default (D).

Die in einem Berichtsjahr langsam aus dem „stock“ entweichenden, sowie bei der Herstellung und Entsorgung emittierenden Mengen an HFKW und FKW stellen die Emissionen dar, wie sie in den Inventartabellen angegeben sind.

Die für die einzelnen Produktgruppen erhobenen Emissionsdaten setzen sich im Allgemeinen aus Herstellungs-, Anwendungs- und Entsorgungsemissionen zusammen. Sofern nicht bei den jeweiligen Methoden etwas anderes angegeben ist, werden sie folgendermaßen berechnet:

1. Herstellungsemissionen werden über den Inlands-Neuverbrauch als Aktivitätsrate bestimmt:

Gleichung 1:

$$EM_{\text{Herstellung}} = \text{Inlands-Neuverbrauch} * EF_{\text{Herstellung}}$$

2. Anwendungsemissionen basieren auf dem Endbestand an Schadstoff als Aktivitätsrate und werden mit folgender Formel berechnet:

Gleichung 2:

$$EM_{\text{Anwendung}} = \text{Endbestand} * EF_{\text{Anwendung}}$$

Der Endbestand des aktuellen Jahres wird durch Summation der jährlichen Neuzugänge vom ersten bis zum aktuellen Berichtsjahr errechnet. Der Neuzugang eines Jahres ist der Inlands-Neuverbrauch, von dem Herstellungsemissionen und durch Abgänge verursachte Verluste subtrahiert werden. Hier muss auch noch der Außenhandel mit berücksichtigt werden.

3. Entsorgungsemissionen beziehen sich auf den Neuzugang des Jahres, das x Jahre (entsprechend der Produktlebensdauer) vor dem aktuellen Berichtsjahr n liegt:

Gleichung 3:

$$EM_{\text{Entsorgung}} = \text{Neuzugang}(n-x) * EF_{\text{Entsorgung}}$$

4. Bei Kälte- und Klimaanlageanlagen werden die Entsorgungsemissionen entsprechend Vol. 3, Gleichung 7.14 der 2006 IPCC Guidelines berechnet:

Gleichung 4:

$$EM_{\text{Entsorgung}} = \text{Neuzugang}(n-x) * \text{Restfüllstand} * (1-\text{Rückgewinnungsfaktor})$$

In diesem Kapitel werden die Abschnitte *Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz*, *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung*, *Kategoriespezifische Rückrechnungen* und *Geplante Verbesserungen* zum Teil auf die gesamte Quellgruppe, die Unterkategorie oder auch nur auf eine Teilgruppe bezogen. Der Bezug ist aus der Angabe der CRF-Nummer in der Abschnittsüberschrift ersichtlich.

#### **4.7.1 Kälte- und Klimaanlageanlagen (2.F.1)**

##### **4.7.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.F.1)**

Dieser Bereich wird in die Teilgruppen Gewerbekälte, Haushaltskälte, Industriekälte, Transportkälte, mobile Klimaanlageanlagen und stationäre Klimaanlageanlagen (siehe Tabelle 197) gegliedert.

Die mit Abstand wichtigsten HFKW-Kältemittel sind in Deutschland der HFKW-134a und die Gemische R404A, R407C, R410A, R422D und R507A.

Für die Berechnung der HFKW-Emissionen aus den Untergruppen der Kälte- und Klimaanlageanlagen werden je nach Gruppe Einzeldaten erhoben oder Kältemittel-Modelle genutzt und bei der jeweiligen Methode beschrieben.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenbefragungen. Entsorgungsemissionen in dieser Kategorie treten erstmals im Jahr 2000 auf, in den Unterkategorien 2.F.1.a (Gewerbekälte) und 2.F.1.e (mobile Klimaanlageanlagen).

#### 4.7.1.2 Methodische Aspekte (2.F.1)

##### 4.7.1.2.1 Gewerbekälte (2.F.1.a)

Die Gewerbekälte ist die größte und zugleich heterogenste Anwendung von (H)FKW. Es erfolgt eine Unterteilung in steckerfertige Geräte, Verflüssigungssätze und Zentralanlagen. Bei Zentralanlagen resultiert die Vielfalt in Bezug auf Bauart, Größe, Kältemitteltyp und Emissionsdichtheit aus der überwiegenden Konzeption individuell angepasster Lösungen. Bei steckerfertigen Geräten und Verflüssigungssätzen ist dies weniger ausgeprägt.

Der Einsatz der (H)FKW als Kältemittel begann nur zögerlich. So wurde der HFKW-134a erst Mitte 1993 in nennenswertem Umfang eingesetzt. Das Kältemittelgemisch R404A kam ebenfalls erst ab 1993 zum Einsatz, das Kältemittelgemisch R407C wird seit 1996 und die verschiedenen R422-Gemische, die als drop-in Kältemittel bei der Umrüstung von HFCKW-22-Anlagen eingesetzt werden, erst ab 2009 verwendet. Daneben kommen seit 1993 in geringem Umfang auch FKW-haltige Kältemittelmischungen wie R403A/B, R413A, Isceon 89 und R508A/B als drop-in Kältemittel zum Einsatz.

Heute ist das wichtigste HFKW-Kältemittel für stationäre Kälteanlagen die Mischung R404A, noch vor dem HFKW-134a. Auch die Mischungen R407C und R422D spielen inzwischen eine nicht zu vernachlässigende Rolle.

Aufgrund der außerordentlich großen Zahl an Kältefachbetrieben ist eine detaillierte statistische Erfassung der Kältemittel-Bestände nicht praktikabel, so dass eine andere Berechnungsmethode angewendet wird.

Zur Berechnung der Emissionen von *Zentralanlagen* der Gewerbekälte, die im Lebensmitteleinzelhandel zum Einsatz kommen, wird das folgende Kältemodell verwendet (s. SCHWARZ et al., o.J.):

- Der Außenhandel mit vor Ort errichteten Kälteanlagen ist vernachlässigbar, so dass der jährliche HFKW-Verbrauch für Neuanlagen gleich dem HFKW-Zugang in Neuanlagen ist.
- Ausgangspunkt für die Berechnungen ist nicht die Zahl der Betriebe oder die installierte Kälteleistung, sondern die Verkaufsfläche der Lebensmitteleinzelhandelsgeschäfte, da diese jährlich statistisch erfasst wird. Für Discountmärkte, deren Verkaufsflächen in Deutschland relativ konstant bei 800 m<sup>2</sup> liegen, wird angenommen, dass der Kältebedarf und damit die Kältemittelmenge für alle Märkte gleich groß sind. Daher ist hier die Anzahl der Discountmärkte Ausgangspunkt für weitere Berechnungen. Auch die Anzahl der Discounter wird jährlich statistisch erfasst.
- Von einem typischen Supermarkt mittlerer Größe wird auf Basis einer Studie des EPEE<sup>63</sup> (SKM Enviro, 2010) der Koeffizient „Kilogramm pro Quadratmeter Verkaufsfläche“ abgeleitet. Dieser beträgt 0,23 kg/m<sup>2</sup>. Für Discounter wird der Koeffizient „Kilogramm pro Discount-Markt“ bestimmt. Er hat eine Größe von 80 kg/Markt. Mit Hilfe dieser Koeffizienten wird der jährliche Kältemittelbestand für die sechs Marktformate SB-Warenhaus (SB = Selbstbedienung), großer Verbrauchermarkt, kleiner Verbrauchermarkt, Supermarkt, Cash&Carry-Markt und Discount-Markt berechnet.

---

<sup>63</sup> EPEE: The European Partnership for Energy and the Environment.

- Die nach Kältemitteltypen untergliederten Kältemittelbestände der verschiedenen Marktformate werden mit Hilfe von prozentualen Kältemittelzusammensetzungen bestimmt. Die Kältemittelzusammensetzungen werden in statistischen Rechenmodellen abgeleitet, die auf Expertenschätzungen beruhen. Hierbei wird zwischen großen Märkten (Cash-und-Carry-Märkte, große Verbrauchermärkte und SB-Warenhäuser), kleinen Märkten (Supermärkte, kleine Verbrauchermärkte) und Discount-Märkten unterschieden.
- Die Division der Kältemittelbestände durch die durchschnittliche Lebensdauer der Anlagen (10 Jahre für Discount-Märkte, 14 Jahre für alle anderen Marktformate) führt zum HFKW-Zugang in Neuanlagen.
- Herstellungsemissionen und Bestandsemissionen werden durch Gleichung 1 und Gleichung 2 errechnet. Die Herstellung erfolgt i.d.R. vor Ort.
- Der Austausch von FCKW und HFCKW in Altanlagen wird gesondert berücksichtigt.
- Entsorgungsemissionen treten bei Zentralanlagen erstmalig im Jahr 2000 auf. Der Abgang von Kältemittel wird mit Hilfe der durchschnittlichen Lebensdauer, bei Zentralanlagen in Discount-Märkten 10 Jahre, bei Zentralanlagen aller anderen Marktformate 14 Jahre, errechnet. Die nominale Entsorgungsmenge entspricht dabei dem Neuzugang, den eine Anlage bei Inbetriebnahme enthielt. In der Praxis enthalten die Anlagen zum Zeitpunkt der Entsorgung jedoch weniger Kältemittel als die nominale Füllmenge, da in der Zeit vor der Außerbetriebnahme in der Regel nicht nachgefüllt wird. Daher wird der bei der Entsorgung vorliegende aktuelle Füllstand, die „effektive“ Entsorgungsmenge, mit Hilfe von prozentualen Restfüllständen ermittelt. In die Bestimmung der Restfüllstände fließt als wichtigster Faktor der Kältemittelverlust ein, bei dem eine Anlage nachgefüllt werden muss, um ihre Funktionsfähigkeit aufrecht zu erhalten. Der effektive Füllstand am Lebensende ist um die Hälfte der Differenz zwischen technischem Mindestfüllstand und Nominalfüllmenge größer als der technische Mindestfüllstand. Er beträgt für Zentralanlagen 87,5 % der Nominalfüllmenge.
- Die Entsorgungsemissionen werden durch Multiplikation der so bestimmten „effektiven“ Entsorgungsmenge mit dem umgekehrten Rückgewinnungsfaktor mit Gleichung 4 berechnet.

Auch bei *Verflüssigungssätzen* der Gewerbekälte ist der Kältemittelbestand zentraler Bezugspunkt des Kältemittelmodells zur Berechnung der Emissionen:

- Ausgangspunkt für die Berechnungen ist die Anzahl von Betrieben in den zahlreichen Anwendungssektoren von Verflüssigungssätzen, deren Auswahl auf einer Studie des VDMA (2011) beruht. Dazu zählen Getränkeabholmärkte, Tankstellenshops, Gärtnereien, Blumengeschäfte, Blumengroßhandel, Kantinen, Caterer, Krankenhäuser, Pflegeheime, Gaststätten- und Beherbergungsgewerbe, Fleischerfachbetriebe und -filialen, Bäckereihandwerk und -filialen, Discount-Märkte, kleine Lebensmitteleinzelhandelsgeschäfte und der Facheinzelhandel mit Nahrungsmitteln. Die Anzahl der Betriebe wird aus öffentlich zugänglichen Statistiken jährlich aktualisiert.

- Der Kältemittelbestand für die einzelnen Sektoren berechnet sich als Produkt aus der jeweiligen Anzahl der Betriebe, den sektorspezifischen Füllmengen, die durch Literaturrecherche und Expertenbefragungen ermittelt wurden, und den prozentualen Kältemittelzusammensetzungen. Die Kältemittelzusammensetzung wird in einem statischen Rechenmodell abgeleitet (s. SCHWARZ et al., o.J.).
- Die Division des Gesamtkältemittelbestands durch die durchschnittliche Lebensdauer von Verflüssigungssätzen (12 Jahre) führt zum HFKW-Zugang in Neuanlagen.
- Herstellungsemissionen und Bestandsemissionen werden durch Gleichung 1 und Gleichung 2 errechnet.
- Durch Gleichung 4 werden die Entsorgungsemissionen berechnet. Die nominale Entsorgungsmenge ist sowohl quantitativ als auch von der Kältemittelzusammensetzung her mit der Erstbefüllung vor 12 Jahren identisch. Der effektive Füllstand am Lebensende beträgt für Verflüssigungssätze 85 % der Nominalfüllmenge.

Die Anwendungssektoren für hermetische *steckerfertige Systeme* decken sich überwiegend mit denen für Verflüssigungssätze. Die Berechnung der Emissionen entspricht dem unter Verflüssigungssätzen beschriebenen Kältemittelmodell. Die durchschnittliche Lebensdauer der Geräte beträgt 10 Jahre, der Restfüllstand bei Entsorgung 90 % der Nominalfüllmenge.

### Emissionsfaktoren

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenbefragungen und Literaturlauswertungen.

Die Befüllungsemissionen sind bei kältetechnischen Anlagen im Allgemeinen gering. Die 2006 IPCC Guidelines geben für „initial emission“ in Vol. 3, Tabelle 7.9 Werte von 0,5 bis 3 Prozent der Erstbefüllung für steckerfertige Geräte sowie mittelgroße und große Gewerbekälteanlagen an. Der länderspezifische  $EF_{\text{Herstellung}}$  liegt mit 0,5 % für steckerfertige Geräte sowie 1 % für Zentralanlagen und Verflüssigungssätze innerhalb dieses Bereichs.

Die laufenden (H)FKW-Emissionen aus stationären Kälteanlagen der *Gewerbekälte* differieren nach der Anlagenbauart stark voneinander. So reicht der Kältemittelverlust von 1 bis 1,4 % für steckerfertige Einzelgeräte über 6,2 bis 9,7 % für Verflüssigungssätze bis zu 10,1 bis 19,5 % für Zentralanlagen. Die Emissionsfaktoren der Anwendung sinken für alle Anlagen und Geräte der Gewerbekälte von 1993 an kontinuierlich ab (siehe Tabelle 197), um dem Umstand des zunehmend sorgsameren Umgangs mit Kältemitteln Rechnung zu tragen. Die verwendeten Emissionsfaktoren liegen verglichen mit den in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Werten von 1 bis 15 % für Einzelgeräte und 10 bis 35 % für mittelgroße und große gewerbliche Kälteanlagen im unteren Bereich (Einzelgeräte und Zentralanlagen) bzw. darunter (Verflüssigungssätze).

Die Entsorgung setzt nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 (Einzelgeräte, Zentralanlagen in Discount-Märkten), 12 (Verflüssigungssätze) bzw. 14 Jahren (Zentralanlagen in allen Marktformaten außer Discount-Märkten) ein. Die verwendeten Lebensdauern liegen damit innerhalb der in den 2006 IPCC Guidelines angegebenen Werte von 10 bis 15 (Einzelgeräte) bzw. 7 bis 15 Jahren (mittelgroße und große gewerbliche Kälteanlagen).

Der in den Geräten und Anlagen enthaltene Restfüllstand beträgt bezogen auf die Erstfüllmenge 90 % (Einzelgeräte), 85 % (Verflüssigungssätze) bzw. 87,5 % (Zentralanlagen).

In den 2006 IPCC Guidelines sind Werte von 0 - 80 % (Einzelgeräte) und 50 – 100 % (mittelgroße und große gewerbliche Kälteanlagen) angegeben. Die verwendeten Werte sind somit alle Default-Werte.

Die Rückgewinnungsfaktoren entwickeln sich kontinuierlich nach oben, so dass die bei der Entsorgung auftretenden Verluste bezogen auf die Erstfüllmenge bzw. Restfüllmenge über die Jahre kleiner werden. Für steckerfertige Einzelgeräte beträgt der Rückgewinnungsfaktor im Jahr 2003 32,6 %, im Jahr 2014 48 %, bei Verflüssigungssätzen beträgt der Rückgewinnungsfaktor im Jahr 2005 47,5 % und im Jahr 2014 bereits 68 %, bei Zentralanlagen steigt der Rückgewinnungsfaktor von 42,9 % im Jahr 2000 auf 76,4 % im Jahr 2014. Damit liegen die meisten verwendeten Rückgewinnungsfaktoren innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 0 bis 70 %, lediglich die für Zentralanlagen ab dem Jahr 2009 genutzten Rückgewinnungsfaktoren liegen über den IPCC Werten.

### **Aktivitätsdaten**

Die Verkaufsflächen der Lebensmitteleinzelhandelsgeschäfte werden jährlich statistisch durch zwei Marktforschungsinstitute<sup>64</sup> erfasst. Das EHI erhebt ebenfalls die Anzahl der Discounter. Auch die Anzahl der Gewerbebetriebe wird jährlich aus verschiedenen, öffentlich verfügbaren Statistiken aktualisiert (s. SCHWARZ et al., o.J.).

Die typische kältetechnische Ausstattung von Gewerbebetrieben beruht auf Literatursauswertung und Expertenschätzung. Der Koeffizient „Kilogramm pro Quadratmeter Verkaufsfläche“ bzw. „Kilogramm pro Discounter“ ist von Experten mit Hilfe von Fachliteratur (SKM ENVIROS, 2010, CLODIC et al., 2011 und 2012) semiempirisch bestimmt worden. Die Füllmengen von Verflüssigungssätzen und steckerfertigen Geräten sind durch Fachgespräche mit deutschen Kälteanlagenbauern und Literaturrecherche bestimmt worden.

#### **4.7.1.2.2     *Haushaltskälte (2.F.1.b)***

1994 stellten inländische Produzenten von Haushaltskühl- und Gefriergeräten von FCKW-12 auf HFKW-134a um, kurze Zeit später erfolgte in Deutschland die Umstellung auf Isobutan. Ein geringer Anteil von Geräten mit HFKW-134a wird aber seit 1993 importiert.

Herstellungsverluste und der Neuverbrauch fürs Inland brauchen nicht bestimmt zu werden, da Befüllungen mit HFKW nur im Ausland erfolgen.

Mit Gleichung 2 werden die jährlichen HFKW-Emissionen auf Basis des Endbestands berechnet. Dazu ermittelt und aggregiert man den jährlichen HFKW-Neuzugang seit 1993 und subtrahiert die aggregierten jährlichen Abgänge durch Entsorgung.

Entsorgungsemissionen, die bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 15 Jahren ab dem Jahr 2008 auftreten, werden mit Gleichung 4 berechnet.

### **Emissionsfaktoren**

Die laufenden HFKW-Emissionen aus Haushaltskühl- und Gefriergeräten werden auf 0,3 % geschätzt und liegen damit innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 0,1 bis 0,5 %.

---

<sup>64</sup> EHI – EuroHandelsinstitut, Köln, The Nielsen Company GmbH, Frankfurt am Main.

Die Entsorgung setzt nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von 15 Jahren ein. Die verwendete Lebensdauer liegt damit innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines angegebenen Wertebereichs von 12 bis 20 Jahren.

Der in den Geräten enthaltene Restfüllstand beträgt bezogen auf die Erstfüllmenge 95,5 %. In den 2006 IPCC Guidelines sind Werte von 0 - 80 % angegeben. Der verwendete Wert liegt somit oberhalb des in den 2006 IPCC Guidelines angegebenen Bereichs. Der Grund dafür sind die geringen Kältemittelverluste während der Nutzungsphase (0,3 % pro Jahr, 4,5 % über die gesamte Nutzungsphase), die keinen kleineren Restfüllstand rechtfertigen.

Der Rückgewinnungsfaktor beträgt 73,3 % und liegt damit leicht oberhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 0 bis 70 %. Der höhere Rückgewinnungsfaktor ist auf die laut Elektroggesetz gesetzlich geregelte Entsorgung von Haushaltsgeräten zurückzuführen.

### **Aktivitätsdaten**

Der jährliche Neuzugang von 1 % der Neugeräte ist eine Schätzung führender Kühlgerätehersteller.

#### **4.7.1.2.3 Industriekälte (2.F.1.c)**

Die in diesem Sektor zusammengefasste Kälte im Industriebetrieb dient der Erzeugung von Produkten, in der Regel von Nahrungsmitteln, die gekühlt oder gefroren werden. Wie in der *Gewerbekälte* ist die kältetechnische Ausstattung in der Regel nicht serienmäßig, sondern individuell angepasst, so dass für die Berechnung der Emissionen ein Kältemodell verwendet werden muss.

Fluorhaltige Kältemittel sind in der Industrie, besonders in der Lebensmittelindustrie kein allgemeiner Standard und natürliche Kältemittel, hauptsächlich Ammoniak, werden viel häufiger eingesetzt als in anderen Sektoren. Als fluorhaltige Kältemittel werden in der Industriekälte R404A, HFKW-134a, R407C, R507A und R422D als Ersatzkältemittel für umgerüstete HFCKW-22-Anlagen eingesetzt. Daneben spielen HFKW-23 und FKW-116 bei Tieftemperaturanlagen, sowie das Kältemittel HFKW-227ea zur Kranklimatisierung und für Hochtemperaturwärmepumpen eine Rolle.

Der Einsatz fluorhaltiger Kältemittel beginnt in Deutschland 1993. Entsorgungsemissionen treten erstmalig 2002 aus umgerüsteten FCKW-12 und HFCKW-22-Anlagen auf.

Für die *Industriekälte* wird folgendes Kältemittel-Modell genutzt:

- Der Kältemittelbestand ist zentraler Bezugspunkt des Modells. Er gliedert sich in die zwölf großen Sektoren der Industriekälte: Bierbrauereien, Weinerzeugung, Fleischproduktion, Molkereien, Kühlhäuser, Schokoladeproduktion, Tiefkühlkost- und Fruchtsafterzeugung, Eisbahnen, Milchkühlung in der Landwirtschaft, sonstige Industrie (80 % Chemische Industrie) und hermetisch geschlossene Geräte der verarbeitenden Industrie. Die Berechnungsbasis zur Bestimmung des Kältemittelbestands sind die Produktionsmengen von Gütern, die über öffentlich zugängliche Waren-Statistiken jährlich aktualisiert werden.
- In den drei kleineren Sektoren der Industriekälte Kranklimatisierung, Hochtemperaturwärmepumpen und Tieftemperaturkühlung mit HFKW-23 (vornehmlich in der Kunststoffindustrie) und R508A/B, wird der jährliche Neuzugang als Ausgangsgröße zur Berechnung des Bestands und aller Emissionen verwendet.

- Basierend auf diesen Produktionsmengen erfolgt die Umrechnung in die für die Kühlung der Güter in den zwölf großen Sektoren installierte Kälteleistung. Die dafür benötigten Kennziffern „installierte Kälteleistung pro jährliche Güterproduktion“ wurden basierend auf Fachliteratur empirisch ermittelt.
- Die Abschätzung der Kältemittelmenge für diese Kälteleistungen erfolgt auf Basis von Kältemittelraten für Plus- und Minuskühlung sowie direkter und indirekter Kühlung. Die verwendeten Kältemittelraten wurden ebenfalls durch Literaturrecherche, u.a. CLODIC et al. 2011 & 2012, ermittelt. Sie liegen zwischen 2 kg/kW für indirekte Plus-Kühlung und 8,8 kg/kW für direkte Minus-Kühlung. Aus der Kombination dieser Werte mit jeweiliger sektorspezifischer Wichtung der vier Kühlungsformen errechnen sich die typischen Füllmengen pro installierte Kälteleistung für die zwölf Sektoren.
- Der Außenhandel mit vor Ort errichteten Kälteanlagen ist vernachlässigbar, so dass der jährliche HFKW-Verbrauch für Neuanlagen gleich dem HFKW-Zugang in Neuanlagen ist.
- Der Kältemittelbestand ist auch Berechnungsgrundlage für die Entsorgungsmenge. Sie wird in jedem Sektor durch Division des Bestands durch die Anlagenlebensdauer errechnet. Diese liegt für die meisten Sektoren bei 30 Jahren, für Milchviehbetriebe und Eisbahnen bei 20 Jahren, für steckerfertige Geräte, Krankklimaanlagen, Hochtemperaturwärmepumpen und Tieftemperaturanwendungen bei 10 Jahren.
- Die Kältemittelzusammensetzung, die sich zeitlich für Bestand, Neuzugang und Entsorgungsmenge ändert, wird für jeden Sektor in einem statischen Rechenmodell abgeleitet (s. SCHWARZ et al., o.J.).
- Der Austausch von FCKW und HFCKW in Altanlagen wird gesondert berücksichtigt.
- Herstellungsemissionen und Bestandsemissionen werden durch Gleichung 1 und Gleichung 2 errechnet.
- Entsorgungsemissionen werden durch Gleichung 4 berechnet. Die nominale Entsorgungsmenge ist mit der Erstbefüllung identisch. Der effektive Füllstand am Lebensende beträgt für alle Sektoren 85 % der Nominalfüllmenge, nur bei steckerfertigen Geräten ist er mit 90 % höher.

## Emissionsfaktoren

Die den Emissionsdaten zugrunde liegenden Emissionsfaktoren sind in Tabelle 197 wiedergegeben.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenbefragungen und Literaturlauswertungen.

Die Befüllungsemissionen sind bei Industriekälteanlagen im Allgemeinen gering. Die 2006 IPCC Guidelines geben in Vol. 3, Tabelle 7.9 für „initial emission“ 0,5 bis 3 Prozent der Erstbefüllung an, der länderspezifische  $EF_{\text{Herstellung}}$  liegt mit 1 %, für die sektoralen Anwendungsbereiche bzw. mit 0,5 % für steckerfertige Geräte im unteren Bereich dieser Vorgaben.

Die laufenden HFKW-Emissionen aus Industriekälteanlagen gehen in allen Sektoren außer hermetischen Geräten kontinuierlich von 8,8 % im Jahr 1993 auf 5,7 % im Jahr 2014 zurück, da die Kälteanlagen bedingt durch nationale und europäische gesetzliche Regelungen zunehmend dichter werden. Sie liegen im unteren Bereich bzw. unterhalb der in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Werte von 7 bis 25 Prozent. Bei

steckerfertigen Geräten geht der entsprechende Rückgang wie in der Gewerbekälte auch von 1,4 % im Jahr 1994 auf 1 % im Jahr 2014.

Die Entsorgung setzt nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren (steckerfertige Einzelgeräte, Krankklimaanlagen, Hochtemperaturwärmepumpen, Tieftemperaturanwendungen und Kunststoffindustrie), 20 Jahren (Milchviehbetriebe, Eisbahnen) bzw. 30 Jahren (Lebensmittelindustrie, Kühlhäuser, chemische Industrie) ein. Die verwendeten Lebensdauern liegen damit mit Ausnahme der Anwendungsbereiche mit 10 Jahren Lebensdauer innerhalb der in den 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, table 7.9) angegebenen Werte von 15 bis 30 Jahren.

Der in den Geräten und Anlagen enthaltene Restfüllstand beträgt bezogen auf die Erstfüllmenge 90 % (Einzelgeräte) bzw. 85 % (sektorale Anwendungsbereiche). In den 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, table 7.9) sind Werte von 50 bis 100 % für Industriekälteanlagen angegeben. Die verwendeten Werte sind somit alle Default-Werte.

Die Rückgewinnungsfaktoren entwickeln sich kontinuierlich nach oben, so dass die bei der Entsorgung auftretenden Verluste bezogen auf die Erstfüllmenge bzw. Restfüllmenge über die Jahre kleiner werden. Für steckerfertige Einzelgeräte beträgt der Rückgewinnungsfaktor im Jahr 2004 33,7 %, im Jahr 2014 48 %, bei den Kälteanlagen der sektoralen Anwendungsbereiche beträgt der Rückgewinnungsfaktor im Jahr 2002 45 % und im Jahr 2014 77 %. Damit liegen die verwendeten Rückgewinnungsfaktoren innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 0 bis 90 %.

### **Aktivitätsdaten**

Zahlreiche Zeitreihen für die Produktionsmengen von Nahrungsmitteln finden sich in den Statistiken des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV). Zudem sind Daten von Industrieverbänden wie dem Verband Deutscher Kühlhäuser und Kühllogistikunternehmen e.V. (VDKL) oder dem Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie (BDSI) sowie spezialisierten Instituten, z.B. dem Deutschen Weininstitut, verfügbar.

Die Stückzahlen der steckerfertigen Geräte stammen aus einer Studie des VDMA (2011) und Aussagen von Branchenexperten.

Der jährliche Neuzugang von HFKW-227ea und HFKW-23 (Kranklimatisierung, Hochtemperaturwärmepumpen und Tieftemperaturkühlung) wird der jährlichen nationalen Erhebung nach Umweltstatistikgesetz entnommen.

Die Kennziffern „installierte Kälteleistung pro jährliche Güterproduktion“ und die Kältemittelraten für Plus- und Minuskühlung sowie direkte und indirekte Kühlung wurden basierend auf Fachliteratur ermittelt.

#### **4.7.1.2.4 Transportkälte (Kühlfahrzeuge und –container) (2.F.1.d)**

HFKW werden in *Kühlfahrzeugen* seit 1993 als Kältemittel eingesetzt. Heute kommen überwiegend der HFKW-134a und die Kältemittelgemische R404A und R410A zum Einsatz. Dem Ladevolumen der Kühlfahrzeuge entsprechend variieren Größe und Kältemittelfüllung der Kälteaggregate.

*Kühlcontainer* werden vor allem für den Transport verderblicher Waren auf Seeschiffen eingesetzt. Da die Emissionen vorzugsweise in internationalen Gewässern erfolgen, werden

die Kältemittlemissionen entsprechend dem Anteil eines Landes am Welthandel aufgeteilt. Deutschland werden 10% der weltweiten Emissionen aus dem Bestand von Kühlcontainern zugerechnet. Bevorzugtes Kältemittel ist seit 1993 der HFKW-134a. Seit 1997 wird auch R404A eingesetzt.

Es wird folgendes Kältemodell für *Kühlfahrzeuge* angewendet:

- Die Kühlfahrzeuge werden entsprechend ihres Gewichts in vier Größenklassen eingeteilt: 2-5 t, 5-9 t, 9-22 t und > 22 t zulässiges Gesamtgewicht.
- Den Größenklassen werden Kältemittel (Typ) und spezifische Kältemittel-Füllmengen zugeordnet und jedem Kältemittel ein prozentualer Anteil an der Größenklasse zugeteilt. Seit dem Berichtsjahr 2006 wird in der Hälfte der kleinen Anlagen bis 5 t zulässigem Gesamtgewicht das Kältemittel R404A eingefüllt, in der anderen Hälfte HFKW-134a. Von 1993 bis 2005 wurde ausschließlich HFKW-134a eingesetzt. In der Größenklasse 5-9 t zulässigem Gesamtgewicht werden seit 1993 jeweils 50 % HFKW-134a und R404A eingefüllt, in der Größenklasse 9-22 t und > 22 t kommen HFKW-134a, R404A und R410A zum Einsatz. Dabei dominiert R404A in diesen Größenklassen mit 80 bzw. 85 %.
- Die Anzahl der neu zugelassenen Kühlfahrzeuge und der im Inland befüllten Kühlfahrzeuge (nach Kältemittel) wird für jedes Jahr ermittelt.
- Herstellungsemissionen werden mit Gleichung 1 über den Neuverbrauch zur Befüllung der im Inland produzierten Kühlfahrzeuge berechnet.
- Aus der Anzahl neu zugelassener Kühlfahrzeuge und den o.g. Annahmen ergibt sich der jährliche Neuzugang an Kältemitteln.
- Zwischen 1996 und 1999 wurden in einer gewissen Zahl von Altanlagen FCKW-12 durch HFKW ausgetauscht. Diese Mengen sind dem jährlichen Neuzugang zuzuschlagen.
- Der Jahresendbestand wird durch Aggregation der jährlichen HFKW-Neuzugänge seit 1993 und Subtraktion der Abgänge durch Entsorgung ermittelt.
- Mit Gleichung 2 werden die jährlichen HFKW-Emissionen auf Basis des Endbestands berechnet.
- Entsorgungsemissionen treten bei Kühlfahrzeugen erstmalig im Jahr 2003 auf. Diese werden durch Gleichung 4 errechnet. Die nominale Entsorgungsmenge ist mit dem Neuzugang vor 10 Jahren (bzw. 7 Jahren bei umgerüsteten FCKW-12 Anlagen) identisch. Der effektive Füllstand am Lebensende beträgt 87,5 % der Nominalfüllmenge.

Für *Kühlcontainer* wird folgendes Kältemittel-Modell angewendet:

- Die Anzahl der weltweit produzierten Kühlcontainer wird für jedes Jahr ermittelt.
- Der weltweite HFKW-Neuzugang für Kühlcontainer wird mit Hilfe der jährlichen Stückzahlen aus der Weltproduktion in Kombination mit den Füllmengen und den Kältemittelanteilen ermittelt.
- Der HFKW-Neuzugang Deutschlands wird aus dem weltweiten Neuzugang entsprechend seinem Anteil am Welthandel, der bei 10 % liegt, berechnet.
- Da Kühlcontainer nur außerhalb Deutschlands produziert werden, fallen im Inland keine Emissionen aus der Befüllung an.
- Der Jahresendbestand wird durch Aggregation der jährlichen HFKW-Neuzugänge seit 1993 und Subtraktion der Abgänge durch Entsorgung ermittelt.
- Bestandsemissionen werden mit Gleichung 2 berechnet.

- Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von 14 Jahren, treten Entsorgungsemissionen bei Kühlcontainern erstmals im Jahr 2007 auf. Diese werden durch Gleichung 4 errechnet.

### Emissionsfaktoren

Die den Emissionsdaten zugrunde liegenden EF sind in Tabelle 197 wiedergegeben.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenbefragungen und Literaturlauswertungen.

Die Befüllungsemissionen sind bei Kühlfahrzeugen im Allgemeinen gering. Die Kältemittelverluste beim Befüllen werden auf 5 Gramm pro Anlage geschätzt, unabhängig von deren Größe. Dies ist ein Standardwert für Schlauchverluste bei Vor-Ort-Befüllungen. Werden die Befüllungsemissionen rechnerisch auf den Neuverbrauch bezogen, so ergeben sich Emissionsfaktoren zwischen 0,06 und 0,25 %. Die 2006 IPCC Guidelines geben in Vol. 3, Tabelle 7.9 für „initial emission“ in der Transportkälte 0,2 bis 1 Prozent der Erstbefüllung an. Damit liegen die verwendeten Werte zum größten Teil unter dem in den IPCC Guidelines vorgeschlagenen Wertebereich.

Da es keine Inlandsproduktion von Kühlcontainern gibt, fallen keine Befüllungsemissionen an.

Die laufenden HFKW-Emissionen aus Kälteaggregaten von Kühlfahrzeugen werden für Neuanlagen von 5-22 t zulässigem Gesamtgewicht auf 15 % geschätzt. Für Anlagen bis zu 5 t zulässigem Gesamtgewicht beträgt der Emissionsfaktor 30 %. Für Kühlfahrzeug-Altanlagen (umgerüstete FCKW-12-Anlagen) wird der Emissionsfaktor des Bestands über alle Anlagengrößen auf durchschnittlich 25 % geschätzt. Die Emissionsfaktoren von Kühlfahrzeugen liegen damit an der unteren Grenze des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 15 bis 50 %.

Der Bestandsemissionsfaktor für Kälteaggregate von Kühlcontainern beträgt 10 % und liegt damit unterhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 15 bis 50 %.

Die Lebensdauer von Kühlfahrzeug-Altanlagen beträgt 7 Jahre, die von Kühlfahrzeug-Neuanlagen 10 Jahre. Die Entsorgung von Kühlcontainern setzt nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von 14 Jahren ein. Die verwendeten Lebensdauern liegen damit, mit Ausnahme von Kühlfahrzeug-Altanlagen, über der in den 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, table 7.9) angegebenen Größenordnung von 6 bis 9 Jahren.

Der in Kühlfahrzeugen und Kühlcontainern enthaltene Restfüllstand beträgt bezogen auf die Erstfüllmenge 87,5 %. In den 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, table 7.9) sind Werte von 0 bis 50 % für Transportkälteanlagen angegeben. Die verwendeten Werte sind alle größer als in den Guidelines angegeben, da davon ausgegangen werden muss, dass Transportkälteanlagen, die nur noch über 50 % der Erstfüllmenge verfügen, nicht mehr einwandfrei funktionieren und so eine lückenlose Kühlkette gefährden. Dies ist mit deutschem Recht nicht vereinbar.

Die Rückgewinnungsfaktoren betragen für Kühlfahrzeuge und Kühlcontainer 65,7 %. Damit liegen die verwendeten Rückgewinnungsfaktoren innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 0 bis 70 % und sind Default-Werte.

## Aktivitätsdaten

Die Zulassungszahlen von Kühlfahrzeugen nach Gewichtsklassen stammen bis 2008 und ab 2011 aus den statistischen Mitteilungen des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA). Da das Kraftfahrt-Bundesamt 2009 und 2010 keine gesonderten Erhebungen für Kühlfahrzeuge durchführte, wird die Anzahl neuer Kühlfahrzeuge für diese beiden Jahre durch Extrapolation der vom KBA ermittelten Zulassungszahlen von Nutzfahrzeugen bestimmt. Die Füllmengen der Kälteaggregate, verwendete Kältemittel und Details zum FCKW-12-Ersatz stammen von Experten der wichtigsten Anbieter von Kühlfahrzeug-Kälteanlagen.

Der Kältemittel-Neuzugang bei Kühlcontainern wird anhand eines Kältemittelmodells, ausgehend von der Anzahl der weltweit produzierten Kühlcontainer, die dem Branchen-Informationsdienst "World Cargo News" entnommen wird, ermittelt. Ein Anteil von 10 % wird Deutschland zugerechnet.

### 4.7.1.2.5 *Mobile Klimaanlage (2.F.1.e)*

Mobile Klimaanlage sind Fahrzeugklimaanlagen in Personenkraftwagen (Pkw), Lastkraftwagen bzw. Nutzfahrzeugen (Nfz), Bussen, Landmaschinen (Ackerschleppern, Mähdreschern, Feldhäckslern), Schienenfahrzeugen, auf Schiffen, in Flugzeugen und Hubschraubern. Teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) werden seit 1991 in mobilen Klimaanlage eingesetzt. Als HFKW-Kältemittel wird HFKW-134a verwendet. Seit dem Jahr 2012 kommt in Pkw-Klimaanlagen auch HFKW-1234yf zum Einsatz.

Die Zeitreihen zeigen einen signifikanten Anstieg der Emissionen seit 1995, was in direktem Zusammenhang mit dem vermehrten Einsatz von Klimaanlage in Fahrzeugen steht, trotz rückläufiger Füllmengen.

Für *Pkw* wird folgendes Kältemodell angewendet:

- Die Stückzahlen deutscher Pkw-Produktion sind aus öffentlich zugänglichen Statistiken des Verbands der Automobilindustrie (VDA) jährlich verfügbar. Sie bilden die Datenbasis zur Berechnung der Verbrauchsmengen für die Befüllung.
- Die Jahrgangs-Klimaanlagenquote wird direkt über umfangreiche Herstellerbefragungen erhoben, da keine amtlichen oder öffentlich verfügbaren Statistiken verfügbar sind. Dies gilt auch für die durchschnittlichen Kältemittelfüllmengen, die aus den Angaben für jeden Fahrzeugtyp und den Aussagen von Branchenexperten bestimmt werden.
- Durch Multiplikation der produzierten Stückzahlen mit der Jahrgangs-Klimaanlagenquote und den durchschnittlichen Kältemittelfüllmengen wird die Verbrauchsmenge für die Befüllung berechnet.
- Herstellungsemissionen werden nach Gleichung 1 errechnet.
- Für die Ermittlung des jährlichen Neuzugangs und des Kältemittelbestands in Pkw-Klimaanlagen werden nicht die jährlichen Fahrzeug-Neuzulassungen des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) herangezogen, da der vorzeitige, vor Erreichen der durchschnittlichen Lebensdauer auftretende Fahrzeugschwund aus den Zulassungsjahrgängen, die den Bestand bilden, nicht quantitativ abgeschätzt werden kann.

- Der Kältemittelbestand wird vielmehr aus den zugelassenen Fahrzeugbeständen nach Alter seit Erstzulassung bestimmt. Diese amtlichen Zahlen sind in der Statistischen Mitteilung des KBA<sup>65</sup> für alle benötigten Jahre, d.h. ab 1991, verfügbar und ermöglichen die Bestimmung eines kontinuierlichen und chronologischen Fahrzeugbestands nach Zulassungsjahrgängen in Stückzahlen.
- Auch die Bestimmung der Jahrgangs-Klimaanlagenquote für die zugelassenen Fahrzeuge erfolgt direkt über umfangreiche Herstellerbefragungen. Sie ist nicht identisch mit der Klimaquote für die in Deutschland produzierten Pkw, da auch im Ausland produzierte Pkw berücksichtigt werden müssen. Zu ihrer Bestimmung werden deshalb auch ausländische Unternehmen befragt. Dies gilt ebenso für die Bestimmung der durchschnittlichen Kältemittelfüllmengen der zugelassenen Fahrzeuge.
- Für die Berechnung des Kältemittelbestands eines Zulassungsjahrgangs wird die jahrgangsspezifische Füllmenge mit der Stückzahl klimatisierter Pkw multipliziert. Der Gesamtbestand entspricht der Summe der Kältemittelbestände aller Zulassungsjahrgänge seit 1991.
- Bestandsemissionen werden gemäß Gleichung 2 berechnet.
- Der Austausch von FCKW in Altanlagen und die Klimaanlagennachrüstung werden gesondert berücksichtigt.
- Für die Bestimmung der Entsorgungsmenge werden nur die Altfahrzeuge berücksichtigt, die jährlich in deutschen Demontagebetrieben behandelt werden. Deren Anzahl wird amtlichen Daten für das Altfahrzeugaufkommen<sup>66</sup> (s. auch UBA/BMUB, 2014) entnommen. Gebrauchtwagen- und Altfahrzeugexporte bleiben im Kältemittel-Modell unberücksichtigt, da die bei der Entsorgung auftretenden Emissionen in den Zielländern berichtet werden müssen und eine Doppelnennung vermieden werden soll.
- Für die demontierten Altfahrzeuge wird eine durchschnittliche Lebensdauer von 15 Jahren angenommen. Durch Multiplikation der Stückzahlen demontierter Fahrzeuge mit der Klimaanlagenquote und der durchschnittlichen Kältemittelfüllmenge des Neuzulassungsjahrgangs vor 15 Jahren, kann nun die Kältemittelentsorgungsmenge ermittelt werden.
- Entsorgungsemissionen traten erstmals im Jahr 2002 auf und werden mit Gleichung 4 berechnet.
- Emissionen des nichtberichtspflichtigen HFKW-1234yf berichtet Deutschland gemäß den Empfehlungen der UNFCCC Reporting Guidelines 2014 (FCCC/CP/2013/10/Add.3, Decision 24/CP.19) freiwillig unter „additional greenhouse gases“. Die HFKW-1234yf-Emissionen werden mit anderen nicht berichtspflichtigen Emissionen zusammen gefasst und in Kapitel 4.9.3 unter CRF 2.H.3 berichtet.

Die Kältemittelmodelle für *Nutzfahrzeuge* und *Busse* sind ähnlich aufgebaut wie das Modell für Pkw. Eine ausführliche Beschreibung der Modelle findet sich in SCHWARZ et al., o.J.

Das für *Landmaschinen*, *Schiffe* und *Schienenfahrzeuge* genutzte Kältemittelmodell sieht folgendermaßen aus:

---

<sup>65</sup> KBA "Fahrzeugzulassungen Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Fahrzeugalter 1. Januar 2013".

<sup>66</sup> Statistisches Bundesamt, Fachserie 19 / Reihe 1, Umwelt Abfallentsorgung.

- Für Schiffe und Schienenfahrzeuge werden die Kältemittlemissionen auf Basis der jährlichen Neuinstallationen von Klimaanlageanlagen in Schiffen (Ausgangsdaten: Schiffsneubauten für die deutsche Flotte) und in Schienenfahrzeugen (Ausgangsdaten: Neubeschaffungen der deutschen Bahn und privater Unternehmen) und deren Füllmengen bestimmt.
- Das Kältemittelmodell für Klimaanlageanlagen in Landmaschinen beruht auf der Ermittlung der Anzahl der jährlichen Fahrzeug-Neuzulassungen, der durchschnittlichen Klimaanlageanlagenquote und der durchschnittlichen Füllmenge.
- Der jährliche Neuzugang sowie der Endbestand an HFKW-134a für jeden Bereich wird aus den Angaben zuvor ermittelt.
- Bestandsemissionen werden gemäß Gleichung 2 durch Multiplikation des Endbestandes für jeden Bereich mit dem jeweiligen  $EF_{\text{Anwendung}}$  errechnet.
- Der inländische Verbrauch an HFKW-134a zur Herstellung von mobilen Klimaanlageanlagen wird aufbauend auf Produktionsstückzahlen ermittelt. Die Herstellungsemissionen werden nach Gleichung 1 errechnet.
- Entsorgungsemissionen bei Landmaschinen treten erstmalig im Jahr 2004, nach Ablauf einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren, auf. Diese werden durch Gleichung 4 errechnet. Klimaanlageanlagen in Schiffen und Schienenfahrzeugen werden, bedingt durch ihre lange Lebensdauer von 25 Jahren, noch nicht entsorgt.

Für *Flugzeuge und Hubschrauber* wird folgendes Kältemittelmodell angewendet:

- Für die Ermittlung des Kältemittelbestands in Klimaanlageanlagen mittelgroßer, mehrmotoriger Flugzeuge (Kennzeichenklasse I) und Hubschrauber (Kennzeichenklasse H) sowie in der Bordkühlung von Passagierflugzeugen der Kennzeichenklassen A, B und C wird die jeweilige Anzahl der in Deutschland zugelassenen Flugzeuge bzw. Hubschrauber herangezogen. Diese amtlichen Zahlen sind in den jährlich veröffentlichten Statistiken des Luftfahrt-Bundesamtes<sup>67</sup> für alle benötigten Jahre, d.h. ab 1993, verfügbar.
- In Passagierflugzeugen der Kennzeichenklassen A, B und C werden bei Flügen von über vier Stunden durchschnittlich drei HFKW-134a-Chiller mit einer Füllmenge von jeweils 500g für die Bordkühlung eingesetzt.
- In Flugzeugen der Kennzeichenklasse I und Hubschraubern kommen laut Herstellerangaben pro Flugzeug durchschnittlich 2 kg HFKW-134a zur Instrumentenkühlung und Klimatisierung zum Einsatz.
- Für die Berechnung des Kältemittelbestands wird die flugzeugspezifische Füllmenge mit der Stückzahl der zugelassenen klimatisierten bzw. gekühlten Flugzeuge multipliziert.
- Bestandsemissionen werden gemäß Gleichung 2 berechnet.
- Entsorgungsemissionen treten aufgrund der langen Lebensdauer der Flugzeuge bisher nicht auf.

## Emissionsfaktoren

Die den Emissionsdaten zugrunde liegenden EF sind in Tabelle 197 wiedergegeben.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Literaturlauswertungen (z.B. ÖKO-RECHERCHE / ECOFYS 2003; SIEGL et. al., 2002; CLODIC et al., 2011 und 2012;

---

<sup>67</sup> [http://www.lba.de/DE/Presse\\_POE/Statistiken/Statistik\\_Luftfahrzeuge.html?nn=700678](http://www.lba.de/DE/Presse_POE/Statistiken/Statistik_Luftfahrzeuge.html?nn=700678).

SCHWARZ et al., o.J.), Messungen (Pkw), Auswertungen von Werkstatt dokumentationen und umfangreichen Expertenbefragungen sowie Umfragen bei Pkw-Werkstätten und Demontagebetrieben. Zu den regulären Emissionen während des Betriebs kommen hier noch Emissionen durch Unfälle und andere äußere Einflüsse hinzu.

Die Befüllungsemissionen sind bei mobilen Klimaanlageanlagen im Allgemeinen gering. Die Kältemittelverluste beim Befüllen werden bei Pkw auf 3 Gramm pro Anlage geschätzt, bei Nfz und Landmaschinen auf 5 Gramm pro Anlage und bei Bussen auf 50 Gramm pro Anlage. Dabei handelt es sich um Standardwerte für Schlauchverluste bei Vor-Ort-Befüllungen. Werden die Befüllungsemissionen rechnerisch auf den Neuverbrauch bezogen, so ergeben sich in Abhängigkeit von jährlich sich ändernder Erstfüllmengen Emissionsfaktoren zwischen 0,25 - 0,63 % (Pkw), 0,42 - 0,66 % (Nfz), 0,28 - 0,35 % (Landmaschinen) und 0,42 - 0,45 % (Busse). Bei Schienenfahrzeugen beträgt der Emissionsfaktor der Befüllung 0,5 % und bei Schiffen 1 %. Die 2006 IPCC Guidelines geben in Vol. 3, Tabelle 7.9 für „initial emission“ bei mobilen Klimaanlageanlagen (Pkw, Nfz, Busse und Schienenfahrzeuge) 0,2 bis 0,5 Prozent der Erstbefüllung an. Die Guidelines geben keine Werte für Landmaschinen, Schiffe und Flugzeuge vor. Die verwendeten Werte für die in den Guidelines beschriebenen Fahrzeuge liegen somit zum größten Teil innerhalb des in den IPCC Guidelines vorgeschlagenen Wertebereichs.

Die laufenden HFKW-Emissionen werden für Pkw auf 10 % geschätzt, für Nutzfahrzeuge und Busse auf 15 %, für Schienenfahrzeuge auf 6 %, für Landmaschinen auf 15 % (Ackerschlepper) bzw. 25 % (Mähdrescher, Feldhäcksler), für Schiffe auf 10 % (Binnenpersonenschiffe), 20 % (Seepersonenschiffe) bzw. 30 % (Seegüterschiffe) und für Flugzeuge auf 5 %. Die verwendeten  $EF_{Anwendung}$  liegen damit größtenteils im Bereich des in Vol. 3, Tabelle 7.9 der 2006 IPCC Guidelines gegebenen Vorschlags von 10 bis 20 % für Klimaanlageanlagen in Pkw, Nfz, Bussen und Schienenfahrzeugen. Für Landmaschinen, Schiffe und Flugzeuge werden keine Vorschläge unterbreitet.

Die Entsorgung setzt nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von 15 Jahren (Pkw, Nfz, Busse), 10 Jahren (Landmaschinen) bzw. 25 Jahren (Schienenfahrzeuge, Schiffe) ein. Bei Schienenfahrzeugen setzt die Entsorgung erst im Jahr 2017, bei Schiffen erst im Jahr 2022 ein. Mit Ausnahme von Schienenfahrzeugen und Schiffen liegen die verwendeten Lebensdauern innerhalb der in den 2006 IPCC Guidelines für Pkw, Nfz, Busse und Schienenfahrzeuge angegebenen Werte von 9 bis 16 Jahren.

Der in den Klimaanlageanlagen enthaltene Restfüllstand beträgt bezogen auf die Erstfüllmenge 34 % (Pkw, Nfz, Busse, Landmaschinen). In den 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, table 7.9) sind Werte von 0 - 50 % angegeben. Die verwendeten Werte sind somit alle Default-Werte.

Wegen der seit dem Jahr 2002 in der Altfahrzeugverordnung geforderten geregelten Entsorgung und Verwertung von Altfahrzeugen entwickeln sich die Rückgewinnungsfaktoren bei Pkw und Nfz kontinuierlich nach oben, so dass die bei der Entsorgung auftretenden Verluste bezogen auf die Erstfüllmenge bzw. Restfüllmenge über die Jahre kleiner werden. Sie liegen für Pkw und Nfz im Jahr 2000 bei 38 %, im Jahr 2014 bei 42 %. Der Rückgewinnungsfaktor wird bei Bussen auf 38 % und bei Landmaschinen auf 11,7 % geschätzt. Damit liegen die verwendeten Rückgewinnungsfaktoren für Pkw, Nfz und Busse innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 0 bis 50 %. Für Landmaschinen werden keine Vorschläge gemacht.

## Aktivitätsdaten

Zugelassene Fahrzeugbestände von Pkw, Nfz und Bussen sowie Neuzulassungen von landwirtschaftlichen Zugmaschinen werden vom Kraftfahrtbundesamt gemeldet. Die Anzahl der zugelassenen Flugzeuge stammt vom Luftfahrt-Bundesamt. Produktionszahlen stammen vom Verband der Automobilindustrie (VDA), vom Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA), sind anderen Statistiken entnommen oder basieren auf Herstellerbefragungen.

Bei den Pkw-Klimaanlagen werden Füllmengen und Jahrgangs-Klimaanlagenquoten durch Direktbefragung von Automobilunternehmen ermittelt, bei den anderen Fahrzeugtypen durch eine Kombination aus amtlichen Statistiken, gezielter Herstellerbefragung und Expertenschätzung.

### 4.7.1.2.6 Stationäre Klimaanlagen (2.F.1.f)

Zu den stationären Klimaanlagen zählen Raumklimageräte, Kaltwassersätze zur Gebäudeklimatisierung und industriellen Flüssigkeitskühlung, sowie Wärmepumpenanlagen und Wärmepumpen-Wäschetrockner.

#### 4.7.1.2.6.1 Raumklimageräte

Raumklimageräte dienen der Temperierung der Innenraumluft einzelner Räume, ganzer Stockwerke oder kleinerer bis mittelgroßer Gebäude und liegen von der Leistung her unter der von Großklimaanlagen. Als Kältemittel kommen seit 1998 das HFKW-Gemisch R407C und ab 2001 auch das Gemisch R410A zum Einsatz.

Eine inländische Produktion von Raumklimageräten gibt es nicht. Raumklimageräte werden in der Regel befüllt importiert. Bei der Installation von fabrikmäßig hergestellten Single-Split-, Multi-Split- und VRF-Multi-Split-Geräten erfolgt jedoch eine Auffüllung der vor Ort verlegten Kältemittelleitungen. Dies ist bei mobilen, steckerfertigen Raumklimageräten nicht erforderlich.

Folgendes Kältemodell wird für Raumklimageräte angewendet:

- Die *Raumklimageräte* werden in vier Kategorien eingeteilt, deren jeweilige Stückzahl von Neuanlagen jedes Jahr durch Anbieterbefragung und die in internationalen Publikationen veröffentlichten Zahlen ermittelt wird: kleine mobile Geräte, Single-Split-Geräte, Multi-Split-Geräte mit konstantem Volumenstrom des Kältemittels und VRF-Multi-Split-Systeme mit variablem Volumenstrom.
- Für jede Kategorie werden Füllmenge und Kältemittelzusammensetzung entsprechend der jährlich verkauften Neuanlagen festgelegt. Aus der Absatzmenge und den o.g. Annahmen ergibt sich der jährliche Neuverbrauch, der identisch ist mit dem Neuzugang an Kältemitteln. Der Jahresendbestand wird durch Aggregation der jährlichen HFKW-Neuzugänge und Subtraktion der Abgänge durch Entsorgung ermittelt.
- Herstellungsemissionen treten nicht auf. Befüllungsverluste treten aber bei der Installation der ortsfesten Single-Split-Geräte, Multi-Split-Geräte und VRF-Multisplit-Systeme auf. Auf der Grundlage von Expertenbefragungen kommt es hierbei zu Installationsverlusten von 5 g pro Gerät (10 % der Auffüllmenge) bei Single-Split-Geräten, 20 g pro Gerät (1 % der Auffüllmenge) bei Multi-Split-Geräten und 45 g pro Gerät (1 % der Auffüllmenge) bei VRF-Multisplit-Systemen.
- Bestandsemissionen werden nach Gleichung 2 berechnet.

- Entsorgungsemissionen traten erstmals im Jahr 2008 nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren für mobile Geräte und Single-Split-Geräte bzw. 13 Jahren für Multi-Split- und VRF-Multi-Split-Geräte auf und werden mit Gleichung 4 berechnet.

### Emissionsfaktoren

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenbefragungen und Literaturlauswertung und sind in Tabelle 197 wiedergegeben.

Der länderspezifische  $EF_{\text{Herstellung}} = 1 \%$  für Multi-Split- und VRF-Multi-Split-Geräte liegt innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 vorgeschlagenen Wertebereichs von 0,2 bis 1 %. Bei Single-Split-Geräten beträgt der Emissionsfaktor 10 %, was einem Verlust von 5 g Kältemittel bei 50 g Auffüllung entspricht, und liegt über den in den Guidelines angegebenen Werten.

Die Emissionsfaktoren der Anwendung sinken für alle Geräte innerhalb der Zeitreihe ab dem ersten Jahr der Anwendung kontinuierlich ab (siehe Tabelle 197). Sie liegen für mobile Raumklimageräte zwischen 3,4 % (1999) und 2,5 % (2014), für Single-Split-Geräte zwischen 6,9 % (1998) und 5 % (2014), für Multi-Split-Geräte zwischen 7,9 % (1998) und 5,3 % (2014) und für VRF-Multi-Split-Geräte zwischen 8,1 % (2003) und 6,2 % (2014).

Die Anwendungs-Emissionsfaktoren liegen somit innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 vorgeschlagenen Wertebereichs von 1 bis 10 %.

Die Anwendungs-Emissionsfaktoren liegen somit innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 vorgeschlagenen Wertebereichs von 1 bis 10 %.

Die geschätzte Lebensdauer liegt mit 10 Jahren (mobile Raumklimageräte, Single-Split-Geräte) bzw. 13 Jahren (Multi-Split-Geräte, VRF-Multi-Split-Geräte) innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 vorgeschlagenen Wertebereichs von 10 bis 20 Jahren. Bei VRF-Multi-Split-Geräten setzt die Entsorgung bei einer Lebensdauer von 13 Jahren erst im Jahr 2016 ein.

Der Restfüllstand bei Entsorgung beträgt 75 % bei mobilen Raumklimageräten und 87,5 % bei allen anderen Typen. Die 2006 IPCC Guidelines schlagen in Vol.3, Tabelle 7.9 Werte von 0 bis 80 % vor. Der für mobile Raumklimageräte verwendete Restfüllstand ist somit ein Default-Wert, die für Single-Split-Geräte und Multi-Split-Geräte verwendeten Werte liegen oberhalb des angegebenen Bereichs.

Die Rückgewinnungsfaktoren entwickeln sich kontinuierlich nach oben, so dass die bei der Entsorgung auftretenden Verluste bezogen auf die Erstfüllmenge bzw. Restfüllmenge über die Jahre kleiner werden. Bei mobilen Raumklimageräten beträgt der Rückgewinnungsfaktor im Jahr 2009 24,2 %, im Jahr 2014 31 %, bei Single-Split-Geräten beträgt er im Jahr 2008 37,9 % und im Jahr 2014 48 %, bei Multi-Split-Geräten liegt er im Jahr 2011 bei 62 % und im Jahr 2014 bei 68 %. Damit liegen die verwendeten Rückgewinnungsfaktoren innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 0 bis 80 %.

## Aktivitätsdaten

Die in Deutschland verkauften Stückzahlen der verschiedenen Gerätetypen sind über Fachpublikationen<sup>68</sup> und durch Anbieterbefragung jährlich verfügbar.

### 4.7.1.2.6.2 Kaltwassersätze (Chiller)

Kaltwassersätze zur Gebäudeklimatisierung und industriellen Flüssigkeitskühlung werden in drei Kategorien unterteilt: Chiller mit einer Kälteleistung unter 100 kW, Chiller mit einer Kälteleistung über 100 kW und Turboverdichteranlagen (Kälteleistung über 1500 kW). Die in Leistungsklassen eingeteilten Chiller verwenden Kolben-, Scroll- oder Schraubenverdichter.

In Turboverdichteranlagen kommt seit 1993 ausschließlich der HFKW-134a zum Einsatz. HFKW-134a wurde auch für die Umrüstungen von FCKW-12-Turboverdichteranlagen in den Jahren 1995 bis 1999 genutzt. Die wichtigsten in Chillern eingesetzten Kältemittel sind HFKW-134a (Einsatz ab 1993), ab 1998 R407C und seit 2004 auch R410A. Seit 2013 wird auch der HFKW-1234ze verwendet.

Es wird folgendes Kältemodell für *Kaltwassersätze* angewendet:

- Kaltwassersätze werden in drei Kategorien eingeteilt, deren Anzahl an Neuanlagen jedes Jahr durch Expertenbefragung und internationale Absatzstatistiken ermittelt wird: Chiller <100 kW Kälteleistung, Chiller >100 kW Kälteleistung und Turboverdichteranlagen im Leistungsbereich über 1500 kW.
- Für jede Kategorie wird eine durchschnittliche Füllmenge und Kältemittelzusammensetzung ermittelt. Die Füllmengen liegen bei 10 kg für Chiller <100 kW, 95 kg für Chiller >100 kW und 630 kg für Turboverdichteranlagen.
- Aus der Anzahl der Neuanlagen und den o.g. Annahmen ergibt sich der jährliche HFKW-Zugang zum inländischen Bestand. Hier muss auch noch der Verbrauch für den FCKW-Ersatz in Altanlagen berücksichtigt werden.
- Durch Kenntnis des Vorjahresbestands, des Neuzugangs und des Abgangs kann der Jahresendbestand an Kältemitteln errechnet werden.
- Herstellungsemissionen werden durch Multiplikation der Verbrauchsmengen für die Befüllung mit dem  $EF_{\text{Herstellung}}$  gemäß Gleichung 1 errechnet.
- Bestandsemissionen werden gemäß Gleichung 2 errechnet.
- Entsorgungsemissionen traten erstmals im Jahr 2003 auf (FCKW-Umrüstanlagen) und werden mit Gleichung 4 berechnet.
- Emissionen des nichtberichtspflichtigen HFKW-1234ze werden gemäß den Empfehlungen der UNFCCC Reporting Guidelines 2014 (FCCC/CP/2013/10/Add.3, Decision 24/CP.19) freiwillig als „additional greenhouse gases“ berichtet. Die Emissionen sind aggregiert mit anderen nicht berichtspflichtigen Emissionen in Kapitel 4.9.3 unter CRF 2.H.3 aufgeführt.

## Emissionsfaktoren

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenbefragungen. Sie sind in Tabelle 197 aufgeführt.

---

<sup>68</sup> Fachzeitschrift JARN – Japan Air Conditioning, Heating & Refrigeration News, Tokyo 107-0052, Special Edition “World Air Conditioner Market”.

Der Befüllungsverlust liegt mit 0,5 % innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol.3, Tabelle 7.9 vorgeschlagenen Wertebereichs von 0,2 bis 1 %. Um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass eine große Menge der Kaltwassersätze vorgefüllt importiert wird, wird nicht der eigentliche  $EF_{\text{Herstellung}} = 1 \%$  verwendet.

Die laufenden HFKW-Emissionen werden für alle Kälteleistungsklassen bzw. Verdichterbauarten, Altersstufen und Kältemittel-Typen bis zum Jahr 2000 auf 6 % geschätzt. Danach nimmt der  $EF_{\text{Anwendung}}$  kontinuierlich auf 3,5 % (2014) ab. Alle verwendeten Werte liegen damit im unteren Bereich des Vorschlags von 2 bis 15 Prozent der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, table 7.9).

Die Lebensdauer von Kaltwassersätzen wird in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 mit 15 bis 30 Jahren angegeben. Die verwendeten Werte liegen in diesem Rahmen: 15 Jahre für Chiller kleiner und größer 100 kW Kälteleistung und 25 Jahre für Turboverdichteranlagen.

Der Restfüllstand bei Entsorgung beträgt 90 % für alle Typen von Kaltwassersätzen. Die 2006 IPCC Guidelines schlagen in Vol. 3, Tabelle 7.9 Werte von 80 bis 100 % vor. Die verwendeten Restfüllstände sind somit Default-Werte.

Die Rückgewinnungsfaktoren entwickeln sich bedingt durch technischen Fortschritt und zunehmende Sorgsamkeit im Umgang mit Kältemitteln kontinuierlich nach oben, so dass die bei der Entsorgung auftretenden Verluste bezogen auf die Erstfüllmenge bzw. Restfüllmenge über die Jahre kleiner werden. Bei Chillern kleiner und größer 100 kW Kälteleistung beträgt der Rückgewinnungsfaktor im Jahr 2003 65,8 %, im Jahr 2014 77 %, bei Turboverdichteranlagen beträgt er im Jahr 2003 69,5 % und im Jahr 2014 77 %. Die verwendeten Rückgewinnungsfaktoren liegen alle innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 0 bis 95 %.

### Aktivitätsdaten

Die Anzahl an Neuanlagen wird jährlich durch Expertenbefragung und internationale Absatzstatistiken ermittelt. Die Statistiken werden von zwei Marktforschungsinstituten<sup>69</sup> erstellt.

Die durchschnittlichen Füllmengen und Kältemittelzusammensetzungen wurden in Expertentreffen mit Industrievertretern ermittelt.

#### 4.7.1.2.6.3 Wärmepumpenanlagen

Mit einer Wärmepumpenanlage wird mittels eines Kältemittelkreislaufs aus der Umgebungswärme in Luft, Erdreich oder Grundwasser Nutzwärme zur Heizung oder Klimatisierung von Innenräumen sowie für die Bereitstellung von Warmwasser erzeugt. Geräte, die die Umweltwärme der Außenwärme zur direkten Innenluftherwärmung nutzen, fallen unter die Kategorie der Raumklimageräte. Als Kältemittel kommen in Wärmepumpen seit 1995 der HFKW-134a und die HFKW-Gemische R404A und R407C zum Einsatz, seit 2001 auch R410A.

---

<sup>69</sup> BSRIA, Großbritannien und die europäische Industrie-Assoziation EUROVENT, Brüssel. Beide Unternehmen gliedern den Markt für Kaltwassersätze sowohl nach Kompressortyp als auch nach Kälteleistung.

Methodisch ist das Kältemittel-Modell für *Wärmepumpen* wie das für Raumklimageräte aufgebaut:

- Es wird zwischen drei Kategorien von Heizwärmepumpen unterschieden: Luft - Wasser, Erdreich (Grundwasser) - Wasser, Erdreich (Sole) - Wasser. Daneben gibt es als vierte Kategorie Brauchwarmwasser-Wärmepumpen.
- Ausgangs- und Bezugspunkt für die Berechnungen sind die jährlichen Stückzahlen neu installierter Wärmepumpen aller vier Kategorien, die jährlich vom Bundesverband Wärmepumpe (BWP) veröffentlicht werden. Die Stückzahlen der neu installierten Brauchwarmwasser-Wärmepumpen werden auch als Produktionszahlen genutzt. Die Produktionszahlen von Heizungswärmepumpen sind um den Faktor 2 größer als die Installationszahlen. Den verschiedenen Wärmepumpentypen werden basierend auf den Werten des Neuzugangs mittlere HFKW-Füllmengen und prozentuale Anteile der HFKW-Typen zugeordnet. Das Modell enthält außerdem die Lebensdauern und Emissionsraten.
- Herstellungsemissionen werden durch Multiplikation der Verbrauchsmengen für die Befüllung mit dem  $EF_{\text{Herstellung}}$  gemäß Gleichung 1 errechnet, Bestandsemissionen gemäß Gleichung 2.
- Wärmepumpen mit HFKW werden seit 1995 hergestellt und vertrieben. Bei einer Lebensdauer von durchschnittlich 15 Jahren treten Entsorgungsemissionen ab dem Jahr 2010 auf. Sie werden mit Gleichung 4 berechnet.

### Emissionsfaktoren

Die den Emissionsdaten zugrunde liegenden Emissionsfaktoren (EF) sind in Tabelle 197 wiedergegeben.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenbefragungen.

Der Befüllverlust beträgt 0,5 %. Damit ist der  $EF_{\text{Herstellung}}$  innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 vorgeschlagenen Wertebereichs von 0,2 bis 1 %.

Die jährlichen HFKW-Emissionen werden für Heizungs-Wärmepumpen auf 2,5 % geschätzt, für Warmwasser-Wärmepumpen auf 2 %. Die verwendeten  $EF_{\text{Anwendung}}$  liegen damit im Bereich des Vorschlags der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, table 7.9) von 1 bis 10 %.

Die Entsorgung setzt nach einer durchschnittlichen Lebensdauer von 15 Jahren ein. Die verwendete Lebensdauer liegt damit innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 10 bis 20 Jahren.

Der in den Wärmepumpen enthaltene Restfüllstand beträgt bezogen auf die Erstfüllmenge 75 %. In den 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, table 7.9) sind Werte von 0 - 80 % angegeben. Der verwendete Wert ist somit ein Default-Wert.

Der Rückgewinnungsfaktor für Wärmepumpen entwickelt sich, bedingt durch einen zunehmend sorgsameren Umgang mit Kältemitteln, kontinuierlich nach oben, so dass die bei der Entsorgung auftretenden Verluste bezogen auf die Erstfüllmenge bzw. Restfüllmenge über die Jahre kleiner werden. Der Rückgewinnungsfaktor beträgt im Jahr 2010 50 %, im Jahr 2014 56 %, Damit liegen alle verwendeten Rückgewinnungsfaktoren innerhalb des in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.9 angegebenen Wertebereichs von 0 bis 80 %.

## Aktivitätsdaten

Der Bundesverband Wärmepumpe (BWP) veröffentlicht jährlich die Zahl der inländischen Neuinstallationen von Wärmepumpen, die die Grundlage für die Emissionsberechnung bilden.

Das Verhältnis von Produktions- und Installationszahlen basiert auf Aussagen von Wärmepumpenproduzenten.

### 4.7.1.2.6.4 Wärmepumpen-Wäschetrockner

Wärmepumpen-Wäschetrockner mit HFKW-Kältemitteln werden seit dem Jahr 2008 auf dem deutschen Markt vertrieben. Diese Haushaltsgeräte verwenden HFKW-134a oder das Kältemittelgemisch R407C als Kältemittel. Die Füllmenge in den hermetischen Geräten liegt zwischen 220 g und 485 g.

Von 2008 bis 2012 produzierte ein Unternehmen Wärmepumpen-Wäschetrockner mit dem Kältemittel HFKW-134a. Die Produktion wurde Ende 2012 ins Ausland verlagert.

Das Kältemittelmodell für *Wärmepumpen-Wäschetrockner* ist ähnlich aufgebaut wie das Modell für Raumklimageräte:

- Die wichtigsten Ausgangswerte sind die Stückzahlen für den Inlandsabsatz und die inländische Produktion sowie die Untergliederung in die beiden verwendeten Kältemittel, die den Werten des Inlandsabsatzes folgen. Der Gerätebestand wird aus der Summe der Neuzugänge errechnet.
- Herstellungsemissionen werden durch Multiplikation der Verbrauchsmengen für die Befüllung mit dem  $EF_{\text{Herstellung}}$  gemäß Gleichung 1 errechnet, Bestandsemissionen gemäß Gleichung 2.
- Wärmepumpen-Wäschetrockner mit HFKW werden seit 2008 hergestellt und vertrieben. Bei einer Lebensdauer von durchschnittlich 15 Jahren treten Entsorgungsemissionen erst ab dem Jahr 2023 auf.

## Emissionsfaktoren

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenaussagen. Sie sind in Tabelle 197 wiedergegeben.

Der Befüllverlust beträgt 0,5 %. Der  $EF_{\text{Herstellung}}$  ist länderspezifisch, da die IPCC Guidelines diese Geräte nicht erfassen.

Die laufenden HFKW-Emissionen dieser hermetischen Geräte werden auf 0,3 % geschätzt. Auch hierfür gibt es keine Vorgaben in den IPCC Guidelines.

## Aktivitätsdaten

Wärmepumpen-Wäschetrockner sind ein relativ neues Produkt, über das erst wenige statistische Daten und technische Informationen vorliegen. Das Kältemittelmodell basiert daher fast ausschließlich auf Aussagen von Herstellerunternehmen (s. SCHWARZ et al., o.J.).

### 4.7.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.1 alle)

Die Emissionsfaktoren sind mit größeren Unsicherheiten behaftet. Die in der Literatur (s. Kältemodelle) zu findende breite Streuung von Emissionsfaktoren für identische Anwendungen ist nur teilweise Folge technischer Veränderung, der Anlagendichtheit oder

Ausdruck nationaler Unterschiede. In großem Maße resultiert sie aus realer Unsicherheit, da es noch zu wenig solide empirische Erforschungen ihrer Größen gibt (ÖKO-RECHERCHE, 2007).

Aufgrund der genannten Unsicherheit bei den Emissionsfaktoren, aber auch aufgrund der Vielzahl von Einzelanwendungen (Anlagen) wird für die Emissionsdaten noch Präzisionsbedarf gesehen. Zur Verbesserung der Angabensicherheit wurden die Daten mit den Verkaufsdaten (stoffbezogen) der Hersteller abgeglichen.

Bis zum Berichtsjahr 2001 hatte Deutschland nur aggregierte Emissionen über alle Untergruppen gemeldet. Im Rahmen der Emissionserhebung für die Jahre 1999 bis 2001 und der Emissionserhebung für das Berichtsjahr 2002 wurden auch die Emissionen der Berichtsjahre 1995 bis 1998 überprüft und aufgrund neuer Erkenntnisse zu Einsatzmengen und Emissionsfaktoren aktualisiert. Alle Daten unterliegen weiterhin einer kontinuierlichen Verbesserung. Eine umfassende Überprüfung der Aktualität der verwendeten Kältemittelmodelle, Ausgangsdaten und Emissionsfaktoren erfolgte 2012.

Die Datenqualität der Emissionen aus mobilen Klimaanlageanlagen ist gut. Denn es können die Jahresverbräuche von HFKW über die zugelassenen Fahrzeugbestände, Neuzulassungen, die Produktion und den Im- und Export von Pkw, die den Großteil dieses Sektors ausmachen, sowie der jährlichen Ermittlung der modellspezifischen Ausstattungsquoten mit Klimaanlageanlagen und der zugehörigen Füllmengen statistisch recht genau ermittelt werden. Lediglich bei den Nutzfahrzeugen sind die Angaben mit größeren Unsicherheiten behaftet.

Auf der Grundlage der Ergebnisse des Gutachtens des Umweltbundesamtes (SCHWARZ et al., o.J.) wurden die Emissionsfaktoren aktualisiert und weisen jetzt in vielen Anwendungsbereichen eine kontinuierliche Entwicklung innerhalb der Zeitreihe auf. Insgesamt werden die EF als genau bewertet. In dem Gutachten wurden ebenfalls Restfüllstände und Rückgewinnungsfaktoren für alle Anwendungsbereiche von Kälte- und Klimaanlageanlagen bestimmt, um den Anforderungen der 2006 IPCC Guidelines gerecht zu werden.

Eine Quantifizierung der Unsicherheiten für die gesamte Unterquellgruppe Kälte- und Klimaanlageanlagen ist für die Berichterstattung 2014 erfolgt.

#### **4.7.1.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.1 alle)**

Basierend auf der im statistischen Jahrbuch neu veröffentlichten Anzahl der Facheinzelhandelsgeschäfte in den Jahren 2011 bis 2013 war eine Rekalkulation der Werte für die Produktion und Anwendung von steckerfertigen Geräten und Verflüssigungssätzen in der Gewerbekälte (Subquellgruppe 2.F.1.a) erforderlich. Dies führte zu den in Tabelle 199 und Tabelle 200 aufgeführten Änderungen der Aktivitätsraten (AR) und Emissionen (EM) von HFKW-125, HFKW-134a, HFKW-143a und HFKW-32 in den Jahren 2011 bis 2013.

Bei Tieftemperaturanwendungen der Gewerbekälte und HFCKW-22-Umrüstanlagen werden für die Erstfüllung von Neuanlagen und die Erstfüllung der Umrüstanlagen mit R413A, R508A, R508B und Isceon 89 ab dem Berichtsjahr 2006 die vom Statistischen Bundesamt erhobenen Daten verwendet. Dies führte zu den in Tabelle 201 aufgeführten Änderungen der Aktivitätsraten (AR) und Emissionen (EM) von FKW-116, FKW-218, HFKW-125 und HFKW-23 in den Jahren 2006 bis 2013.

Bei den Zentralanlagen des Lebensmitteleinzelhandels (Subquellgruppe 2.F.1.a) wurde die Lebensdauer der Anlagen in Discount-Märkten aufgrund neuer wissenschaftlicher

Erkenntnisse von 14 auf 10 Jahre gesenkt. Außerdem wurden die Nachkommastellen einzelner Ausgangsdaten ergänzt und ein Fehler im Berechnungsverfahren korrigiert. Dies führte zu den in Tabelle 202 aufgeführten Änderungen der Aktivitätsraten (AR) und Emissionen (EM) von HFKW-125, HFKW-134a, HFKW-143a und HFKW-32 in den Jahren 1993 bis 2013.

In der Industriekälte (Subquellgruppe 2.F.1.c) werden ab dem Berichtsjahr 2006 die jährlich nach Umweltstatistikgesetz erhobenen Daten für den Neuzugang von HFKW-227ea und HFKW-23 verwendet. Dies führte zu den in Tabelle 204 aufgeführten Änderungen der Aktivitätsraten (AR) und Emissionen (EM) von HFKW-227ea und HFKW-23 in den Jahren 2006 bis 2013.

Basierend auf neuen Erkenntnissen wurde bei Pkw-Klimaanlagen (Subquellgruppe 2.F.1.e) die Anzahl der im Jahr 2013 neu zugelassenen Pkw mit HFKW-134a-Klimaanlage nach unten und die der neu zugelassenen Pkw mit HFKW-1234yf-Klimaanlage nach oben korrigiert. Dadurch verringerte sich die Aktivitätsrate der Anwendung von HFKW-134a im Jahr 2013 von 23.723,40 t auf 23.716,19 t (Reduktion um 7,21 t), die Emissionen der Anwendung sanken von 2.372,34 t auf 2.371,62 t (Reduktion um 0,72 t).

Bei den mobilen Klimaanlagen (Subquellgruppe 2.F.1.e) wurde die Verwendung von HFKW-134a zur Bordkühlung in Flugzeugen der Kennzeichenklassen A, B und C und zur Klimatisierung von Flugzeugen der Kennzeichenklasse I und Hubschraubern (Kennzeichenklasse H) neu ins Inventar aufgenommen. Dies führte zu den in Tabelle 203 aufgeführten Rekalkulationen für die Jahre 1993 bis 2013.

Tabelle 199: Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion und Anwendung von HFKW-125, HFKW-134a, HFKW-143a und HFKW-32 in steckerfertigen Geräten der Gewerbekälte in der Subquellgruppe 2.F.1.a

	Einheit	2011	2012	2013
<b>AR Produktion HFKW-125</b>				
Submission 2015	t	5,898	5,892	5,910
Submission 2016	t	5,968	5,943	5,868
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,070</b>	<b>+0,051</b>	<b>-0,042</b>
<b>AR Produktion HFKW-134a</b>				
Submission 2015	t	47,484	47,440	47,585
Submission 2016	t	48,044	47,848	47,247
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,560</b>	<b>+0,408</b>	<b>-0,338</b>
<b>AR Produktion HFKW-143a</b>				
Submission 2015	t	5,860	5,855	5,873
Submission 2016	t	5,930	5,905	5,831
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,069</b>	<b>+0,050</b>	<b>-0,042</b>
<b>AR Produktion HFKW-32</b>				
Submission 2015	t	0,864	0,863	0,866
Submission 2016	t	0,874	0,871	0,860
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,010</b>	<b>+0,007</b>	<b>-0,006</b>
<b>EM Produktion HFKW-125</b>				
Submission 2015	t	0,0295	0,0295	0,0296
Submission 2016	t	0,0298	0,0297	0,0293
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,0003</b>	<b>+0,0003</b>	<b>-0,0002</b>
<b>EM Produktion HFKW-134a</b>				
Submission 2015	t	0,237	0,237	0,238
Submission 2016	t	0,240	0,239	0,236
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,003</b>	<b>+0,002</b>	<b>-0,002</b>
<b>EM Produktion HFKW-143a</b>				
Submission 2015	t	0,0293	0,0293	0,0294
Submission 2016	t	0,0296	0,0295	0,0292
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,0003</b>	<b>+0,0003</b>	<b>-0,0002</b>

	Einheit	2011	2012	2013
<b>EM Produktion HFKW-32</b>				
Submission 2015	t	0,0043	0,0043	0,00433
Submission 2016	t	0,0044	0,0044	0,00430
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,0001</b>	<b>+0,0004</b>	<b>-0,0003</b>
<b>AR Anwendung HFKW-125</b>				
Submission 2015	t	58,979	58,924	59,105
Submission 2016	t	59,675	59,432	58,685
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,696</b>	<b>+0,507</b>	<b>-0,420</b>
<b>AR Anwendung HFKW-134a</b>				
Submission 2015	t	474,840	474,396	475,851
Submission 2016	t	480,443	478,481	472,467
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+5,603</b>	<b>+4,084</b>	<b>-3,384</b>
<b>AR Anwendung HFKW-143a</b>				
Submission 2015	t	58,604	58,549	58,728
Submission 2016	t	59,295	59,053	58,311
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,691</b>	<b>+0,504</b>	<b>-0,418</b>
<b>AR Anwendung HFKW-32</b>				
Submission 2015	t	8,640	8,632	8,659
Submission 2016	t	8,742	8,707	8,597
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,102</b>	<b>+0,074</b>	<b>-0,062</b>
<b>EM Anwendung HFKW-125</b>				
Submission 2015	t	0,590	0,589	0,591
Submission 2016	t	0,597	0,594	0,587
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,005</b>	<b>-0,004</b>
<b>EM Anwendung HFKW-134a</b>				
Submission 2015	t	4,748	4,744	4,759
Submission 2016	t	4,804	4,785	4,725
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,056</b>	<b>+0,041</b>	<b>-0,034</b>
<b>EM Anwendung HFKW-143a</b>				
Submission 2015	t	0,586	0,585	0,587
Submission 2016	t	0,593	0,591	0,583
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,005</b>	<b>-0,004</b>
<b>EM Anwendung HFKW-32</b>				
Submission 2015	t	0,0864	0,0863	0,0866
Submission 2016	t	0,0874	0,0871	0,0860
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,0007</b>	<b>-0,0006</b>

Tabelle 200: Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion und Anwendung von HFKW-125, HFKW-134a, HFKW-143a und HFKW-32 in Verflüssigungssätzen der Gewerbehälte in der Subquellgruppe 2.F.1.a

	Einheit	2011	2012	2013
<b>AR Produktion HFKW-125</b>				
Submission 2015	t	31,959	31,709	31,923
Submission 2016	t	32,655	32,216	31,503
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,696</b>	<b>+0,507</b>	<b>-0,420</b>
<b>AR Produktion HFKW-134a</b>				
Submission 2015	t	67,312	66,784	67,236
Submission 2016	t	68,777	67,853	66,350
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+1,466</b>	<b>+1,068</b>	<b>-0,885</b>
<b>AR Produktion HFKW-143a</b>				
Submission 2015	t	31,756	31,507	31,720
Submission 2016	t	32,447	32,011	31,302
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,691</b>	<b>+0,504</b>	<b>-0,418</b>
<b>AR Produktion HFKW-32</b>				
Submission 2015	t	4,682	4,645	4,677
Submission 2016	t	4,784	4,720	4,615
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,102</b>	<b>+0,074</b>	<b>-0,062</b>
<b>EM Produktion HFKW-125</b>				
Submission 2015	t	0,320	0,317	0,319
Submission 2016	t	0,327	0,322	0,315
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,005</b>	<b>-0,004</b>

	Einheit	2011	2012	2013
<b>EM Produktion HFKW-134a</b>				
Submission 2015	t	0,673	0,668	0,672
Submission 2016	t	0,688	0,679	0,664
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,015</b>	<b>+0,011</b>	<b>-0,009</b>
<b>EM Produktion HFKW-143a</b>				
Submission 2015	t	0,318	0,315	0,317
Submission 2016	t	0,324	0,320	0,313
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,005</b>	<b>-0,004</b>
<b>EM Produktion HFKW-32</b>				
Submission 2015	t	0,047	0,046	0,047
Submission 2016	t	0,048	0,047	0,046
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,001</b>	<b>-0,001</b>
<b>AR Anwendung HFKW-125</b>				
Submission 2015	t	383,513	380,508	383,081
Submission 2016	t	391,864	386,596	378,037
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+8,351</b>	<b>+6,088</b>	<b>-5,044</b>
<b>AR Anwendung HFKW-134a</b>				
Submission 2015	t	807,739	801,410	806,829
Submission 2016	t	825,327	814,231	796,205
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+17,588</b>	<b>+12,822</b>	<b>-10,624</b>
<b>AR Anwendung HFKW-143a</b>				
Submission 2015	t	381,070	378,084	380,641
Submission 2016	t	389,368	384,133	375,629
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+8,298</b>	<b>+6,049</b>	<b>-5,012</b>
<b>AR Anwendung HFKW-32</b>				
Submission 2015	t	56,183	55,743	56,120
Submission 2016	t	57,407	56,635	55,381
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+1,223</b>	<b>+0,892</b>	<b>-0,739</b>
<b>EM Anwendung HFKW-125</b>				
Submission 2015	t	26,041	25,037	24,402
Submission 2016	t	26,608	25,438	24,081
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,567</b>	<b>+0,401</b>	<b>-0,321</b>
<b>EM Anwendung HFKW-134a</b>				
Submission 2015	t	54,845	52,733	51,395
Submission 2016	t	56,040	53,576	50,718
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+1,194</b>	<b>+0,0844</b>	<b>-0,677</b>
<b>EM Anwendung HFKW-143a</b>				
Submission 2015	t	25,875	24,878	24,247
Submission 2016	t	26,438	25,276	23,928
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,563</b>	<b>+0,398</b>	<b>-0,319</b>
<b>EM Anwendung HFKW-32</b>				
Submission 2015	t	3,815	3,668	3,575
Submission 2016	t	3,898	3,727	3,528
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,083</b>	<b>+0,059</b>	<b>-0,047</b>

Tabelle 201: Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion und Anwendung von FKW-116, FKW-218, HFKW-125 und HFKW-23 Tieftemperaturanwendungen und Umrüst-Zentralanlagen der Gewerbekälte in der Subquellgruppe 2.F.1.a

	Einheit	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>AR Produktion FKW-116</b>									
Submission 2015	t	0,100					0,102	0,102	0,103
Submission 2016	t	0,096					0,097	0,103	0,116
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,005</b>					<b>-0,005</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,013</b>
<b>AR Produktion FKW-218</b>									
Submission 2015	t	0,500	0,300	0,300	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100
Submission 2016	t	0,875	0,563	0,496	0,358	0,218	0,154	0,166	0,068
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,375</b>	<b>+0,263</b>	<b>+0,196</b>	<b>+0,158</b>	<b>+0,118</b>	<b>+0,054</b>	<b>+0,066</b>	<b>-0,032</b>
<b>AR Produktion HFKW-125</b>									
Submission 2015	t			0	0	0	0	0	0
Submission 2016	t			0,691	0,798	0,568	0,456	0,771	0,445
<b>Differenz</b>	<b>t</b>			<b>+0,691</b>	<b>+0,798</b>	<b>+0,568</b>	<b>+0,456</b>	<b>+0,771</b>	<b>+0,445</b>

	Einheit	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>AR Produktion HFKW-23</b>									
Submission 2015	t	4,000	4,000	4,000	3,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Submission 2016	t	4,317	4,760	3,392	2,680	3,786	2,505	4,506	4,461
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,317</b>	<b>+0,760</b>	<b>-0,608</b>	<b>-0,320</b>	<b>+1,786</b>	<b>+0,505</b>	<b>+2,506</b>	<b>+2,461</b>
<b>EM Produktion FKW-116</b>									
Submission 2015	t	0,001					0,00102	0,00102	0,00103
Submission 2016	t	0,00096					0,00097	0,00103	0,00116
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,00005</b>					<b>-0,00005</b>	<b>+0,00001</b>	<b>+0,00013</b>
<b>EM Produktion FKW-218</b>									
Submission 2015	t	0,005	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
Submission 2016	t	0,009	0,006	0,005	0,004	0,002	0,002	0,002	0,0007
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,004</b>	<b>+0,003</b>	<b>+0,002</b>	<b>+0,002</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,001</b>	<b>-0,0003</b>
<b>EM Produktion HFKW-125</b>									
Submission 2015	t			0	0	0	0	0	0
Submission 2016	t			0,007	0,008	0,006	0,005	0,008	0,004
<b>Differenz</b>	<b>t</b>			<b>+0,007</b>	<b>+0,008</b>	<b>+0,006</b>	<b>+0,005</b>	<b>+0,008</b>	<b>+0,004</b>
<b>EM Produktion HFKW-23</b>									
Submission 2015	t	0,040	0,040	0,040	0,030	0,020	0,020	0,020	0,020
Submission 2016	t	0,043	0,048	0,034	0,027	0,038	0,025	0,045	0,045
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,003</b>	<b>+0,008</b>	<b>-0,006</b>	<b>-0,003</b>	<b>+0,018</b>	<b>+0,005</b>	<b>+0,025</b>	<b>+0,025</b>
<b>AR Anwendung FKW-116</b>									
Submission 2015	t	1,979	0,934	0,899	0,835	0,837	0,839	0,841	0,844
Submission 2016	t	1,974	0,930	0,894	0,830	0,832	0,829	0,833	0,849
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,004</b>	<b>-0,004</b>	<b>-0,004</b>	<b>-0,005</b>	<b>-0,005</b>	<b>-0,010</b>	<b>-0,008</b>	<b>+0,005</b>
<b>AR Anwendung FKW-218</b>									
Submission 2015	t	52,190	38,200	25,500	14,700	8,800	4,900	4,000	3,200
Submission 2016	t	52,565	38,838	25,334	15,692	9,910	6,064	5,230	4,398
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,375</b>	<b>+0,638</b>	<b>+0,834</b>	<b>+0,992</b>	<b>+1,110</b>	<b>+1,164</b>	<b>+1,230</b>	<b>+1,198</b>
<b>AR Anwendung HFKW-125</b>									
Submission 2015	t			22,700	7,700	1,800	0,900	0	0
Submission 2016	t			23,391	9,189	3,857	3,413	3,283	3,728
<b>Differenz</b>	<b>t</b>			<b>+0,691</b>	<b>+1,489</b>	<b>+2,057</b>	<b>+2,513</b>	<b>+3,283</b>	<b>+3,728</b>
<b>AR Anwendung HFKW-23</b>									
Submission 2015	t	40,000	40,000	40,000	39,000	37,000	35,000	33,000	31,000
Submission 2016	t	40,317	41,077	40,469	39,149	38,935	37,440	37,946	38,407
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,317</b>	<b>+1,077</b>	<b>+0,469</b>	<b>+0,149</b>	<b>+1,935</b>	<b>+2,440</b>	<b>+4,946</b>	<b>+7,407</b>
<b>EM Anwendung FKW-116</b>									
Submission 2015	t	0,318	0,1475	0,140	0,127	0,126	0,122	0,119	0,115
Submission 2016	t	0,317	0,1468	0,139	0,127	0,125	0,121	0,117	0,116
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,001</b>	<b>-0,0007</b>	<b>-0,001</b>	<b>-0,001</b>	<b>-0,001</b>	<b>-0,002</b>	<b>-0,001</b>	<b>+0,001</b>
<b>EM Anwendung FKW-218</b>									
Submission 2015	t	8,378	6,032	3,804	2,244	1,320	0,715	0,564	0,437
Submission 2016	t	8,438	6,132	3,933	2,395	1,487	0,882	0,737	0,600
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,060</b>	<b>+0,101</b>	<b>+0,129</b>	<b>+0,151</b>	<b>+0,167</b>	<b>+0,067</b>	<b>+0,173</b>	<b>+0,164</b>
<b>EM Anwendung HFKW-125</b>									
Submission 2015	t			3,524	1,175	0,270	0,131	0	0
Submission 2016	t			3,632	1,402	0,579	0,497	0,463	0,509
<b>Differenz</b>	<b>t</b>			<b>+0,107</b>	<b>+0,227</b>	<b>+0,309</b>	<b>+0,365</b>	<b>+0,463</b>	<b>+0,509</b>
<b>EM Anwendung HFKW-23</b>									
Submission 2015	t	2,421	2,316	2,211	2,053	1,850	1,715	1,551	1,411
Submission 2016	t	2,440	2,378	2,236	2,060	1,947	1,816	1,783	1,748
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,019</b>	<b>+0,062</b>	<b>+0,026</b>	<b>+0,008</b>	<b>+0,097</b>	<b>+0,101</b>	<b>+0,232</b>	<b>+0,337</b>

Tabelle 202: Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion, Anwendung und Entsorgung von HFKW-125, HFKW-134a, HFKW-143a und HFKW-32 in Zentralanlagen der Gewerbekälte in der Subquellgruppe 2.F.1.a

	Einheit	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>AR Produktion HFKW-125</b>											
Submission 2015	t	0,611	6,653	27,000	121,531	125,084	138,091	130,660	92,861	110,564	111,152
Submission 2016	t	0,673	7,382	29,881	119,190	122,614	133,235	128,186	98,669	117,225	117,924
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,062</b>	<b>+ 0,729</b>	<b>+2,881</b>	<b>-2,341</b>	<b>-2,470</b>	<b>-4,856</b>	<b>-2,474</b>	<b>+5,808</b>	<b>+6,661</b>	<b>+6,772</b>
<b>AR Produktion HFKW-134a</b>											
Submission 2015	t	4,531	22,480	54,454	278,338	283,085	299,371	274,014	159,973	185,893	186,085
Submission 2016	t	4,995	24,942	60,409	272,781	277,222	287,844	268,073	173,760	201,703	202,159
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,464</b>	<b>+2,463</b>	<b>+5,956</b>	<b>-5,556</b>	<b>-5,863</b>	<b>-11,527</b>	<b>-5,941</b>	<b>+13,786</b>	<b>+15,810</b>	<b>+16,074</b>
<b>AR Produktion HFKW-143a</b>											
Submission 2015	t	0,632	6,885	27,940	125,763	129,440	142,900	135,211	96,095	114,415	115,023
Submission 2016	t	0,697	7,639	30,922	123,341	126,884	137,875	132,651	102,105	121,307	122,031
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,065</b>	<b>+0,754</b>	<b>+2,982</b>	<b>-2,422</b>	<b>-2,556</b>	<b>-5,026</b>	<b>-2,560</b>	<b>+6,011</b>	<b>+6,893</b>	<b>+7,008</b>
<b>AR Produktion HFKW-32</b>											
Submission 2015	t	0,070	0,761	3,090	13,907	14,313	15,801	14,951	10,626	12,652	12,719
Submission 2016	t	0,077	0,845	3,419	13,639	14,030	15,246	14,668	11,290	13,414	13,494
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,083</b>	<b>+0,330</b>	<b>-0,268</b>	<b>-0,283</b>	<b>-0,556</b>	<b>-0,283</b>	<b>+0,665</b>	<b>+0,762</b>	<b>+0,775</b>
<b>EM Produktion HFKW-125</b>											
Submission 2015	t	0,006	0,067	0,270	1,215	1,251	1,381	1,307	0,929	1,106	1,112
Submission 2016	t	0,007	0,074	0,299	1,192	1,226	1,332	1,282	0,987	1,172	1,179
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,029</b>	<b>-0,023</b>	<b>-0,025</b>	<b>-0,049</b>	<b>-0,025</b>	<b>+0,058</b>	<b>+0,067</b>	<b>+0,068</b>
<b>EM Produktion HFKW-134a</b>											
Submission 2015	t	0,045	0,225	0,545	2,783	2,831	2,994	2,740	1,600	1,859	1,861
Submission 2016	t	0,050	0,249	0,604	2,728	2,772	2,878	2,681	1,738	2,017	2,022
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,005</b>	<b>+0,025</b>	<b>+0,060</b>	<b>-0,056</b>	<b>-0,059</b>	<b>-0,115</b>	<b>-0,059</b>	<b>+0,138</b>	<b>+0,158</b>	<b>+0,161</b>
<b>EM Produktion HFKW-143a</b>											
Submission 2015	t	0,006	0,069	0,279	1,258	1,294	1,429	1,352	0,961	1,144	1,150
Submission 2016	t	0,007	0,076	0,309	1,233	1,269	1,379	1,327	1,021	1,213	1,220
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,008</b>	<b>+0,030</b>	<b>-0,024</b>	<b>-0,026</b>	<b>-0,050</b>	<b>-0,026</b>	<b>+0,060</b>	<b>+0,069</b>	<b>+0,070</b>
<b>EM Produktion HFKW-32</b>											
Submission 2015	t	0,0007	0,008	0,031	0,139	0,143	0,158	0,150	0,106	0,127	0,127
Submission 2016	t	0,0008	0,008	0,034	0,136	0,140	0,152	0,147	0,113	0,134	0,135
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,0001</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,003</b>	<b>-0,003</b>	<b>-0,003</b>	<b>-0,006</b>	<b>-0,003</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,008</b>	<b>+0,008</b>
<b>AR Anwendung HFKW-125</b>											
Submission 2015	t	0,613	7,266	34,275	156,275	282,241	423,042	553,923	610,140	680,743	753,399
Submission 2016	t	0,673	8,065	37,999	157,991	281,582	417,494	545,912	602,997	674,703	750,983
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,061</b>	<b>+0,799</b>	<b>+3,724</b>	<b>+1,716</b>	<b>-0,660</b>	<b>-5,548</b>	<b>-8,011</b>	<b>-7,143</b>	<b>-6,040</b>	<b>-2,417</b>

	Einheit	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>AR Anwendung HFKW-134a</b>											
Submission 2015	t	4,528	27,048	81,537	360,972	645,879	950,962	1.224,030	1.293,283	1.382,248	1.473,233
Submission 2016	t	4,995	30,005	90,614	365,304	644,588	938,081	1.205,311	1.276,616	1.368,207	1.467,798
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,467</b>	<b>+2,957</b>	<b>+9,077</b>	<b>+4,332</b>	<b>-1,292</b>	<b>-12,882</b>	<b>-18,720</b>	<b>-16,668</b>	<b>-14,041</b>	<b>-5,434</b>
<b>AR Anwendung HFKW-143a</b>											
Submission 2015	t	0,634	7,519	35,469	161,718	292,071	437,775	573,214	631,389	704,450	779,637
Submission 2016	t	0,697	8,346	39,323	163,493	291,388	432,033	564,924	623,997	698,200	777,136
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,063</b>	<b>+0,827</b>	<b>+3,854</b>	<b>+1,776</b>	<b>-0,683</b>	<b>-5,741</b>	<b>-8,290</b>	<b>-7,392</b>	<b>-6,251</b>	<b>-2,501</b>
<b>AR Anwendung HFKW-32</b>											
Submission 2015	t	0,070	0,831	3,922	17,882	32,296	48,408	63,384	69,817	77,896	86,210
Submission 2016	t	0,077	0,923	4,348	18,079	32,221	47,773	62,468	69,000	77,205	85,933
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,091</b>	<b>+0,426</b>	<b>+0,196</b>	<b>-0,075</b>	<b>-0,635</b>	<b>-0,917</b>	<b>-0,817</b>	<b>-0,691</b>	<b>-0,277</b>
<b>EM Anwendung HFKW-125</b>											
Submission 2015	t	0,119	1,375	6,304	27,906	48,888	71,011	90,013	95,879	103,327	110,319
Submission 2016	t	0,131	1,527	6,989	28,213	48,774	70,079	88,711	94,757	102,410	109,965
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,012</b>	<b>+0,151</b>	<b>+0,685</b>	<b>+0,306</b>	<b>-0,114</b>	<b>-0,931</b>	<b>-1,302</b>	<b>-1,122</b>	<b>-0,917</b>	<b>-0,354</b>
<b>EM Anwendung HFKW-134a</b>											
Submission 2015	t	0,881	5,120	14,997	64,459	111,876	159,626	198,905	203,230	209,805	215,723
Submission 2016	t	0,972	5,680	16,666	65,233	111,652	157,464	195,863	200,611	207,674	214,928
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,091</b>	<b>+0,560</b>	<b>+1,669</b>	<b>+0,774</b>	<b>-0,224</b>	<b>-2,162</b>	<b>-3,042</b>	<b>-2,619</b>	<b>-2,131</b>	<b>-0,796</b>
<b>EM Anwendung HFKW-143a</b>											
Submission 2015	t	0,123	1,423	6,524	28,878	50,591	73,484	93,147	99,218	106,926	114,161
Submission 2016	t	0,136	1,580	7,233	29,195	50,473	72,520	91,800	98,057	105,977	113,795
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,012</b>	<b>+0,156</b>	<b>+0,709</b>	<b>+0,317</b>	<b>-0,118</b>	<b>-0,964</b>	<b>-1,347</b>	<b>-1,162</b>	<b>-0,949</b>	<b>-0,366</b>
<b>EM Anwendung HFKW-32</b>											
Submission 2015	t	0,014	0,157	0,721	3,193	5,594	8,126	10,300	10,971	11,823	12,624
Submission 2016	t	0,015	0,175	0,800	3,228	5,581	8,019	10,151	10,843	11,719	12,583
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,017</b>	<b>+0,078</b>	<b>+0,035</b>	<b>-0,013</b>	<b>-0,107</b>	<b>-0,149</b>	<b>-0,128</b>	<b>-0,105</b>	<b>-0,040</b>
<b>AR Entsorgung HFKW-125</b>											
Submission 2015	t								29,955	29,955	29,955
Submission 2016	t								32,677	32,677	32,237
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>+2,722</b>	<b>+2,722</b>	<b>+2,282</b>
<b>AR Entsorgung HFKW-134a</b>											
Submission 2015	t								71,102	71,102	71,102
Submission 2016	t								77,563	77,563	76,518
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>+6,461</b>	<b>+6,461</b>	<b>+5,417</b>
<b>AR Entsorgung HFKW-143a</b>											
Submission 2015	t								30,999	30,999	30,999
Submission 2016	t								33,816	33,816	33,360
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>+2,817</b>	<b>+2,817</b>	<b>+2,361</b>

	Einheit	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>AR Entsorgung HFKW-32</b>											
Submission 2015	t								3,428	3,428	3,428
Submission 2016	t								3,739	3,739	3,689
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>+0,311</b>	<b>+0,311</b>	<b>+0,261</b>
<b>EM Entsorgung HFKW-125</b>											
Submission 2015	t								17,117	16,261	15,406
Submission 2016	t								18,673	17,739	16,579
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>+1,556</b>	<b>+1,478</b>	<b>+1,174</b>
<b>EM Entsorgung HFKW-134a</b>											
Submission 2015	t								40,629	38,598	36,566
Submission 2016	t								44,322	42,106	39,352
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>+3,692</b>	<b>+3,508</b>	<b>+2,786</b>
<b>EM Entsorgung HFKW-143a</b>											
Submission 2015	t								17,713	16,828	15,942
Submission 2016	t								19,323	18,357	17,157
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>+1,610</b>	<b>+1,529</b>	<b>+1,214</b>
<b>EM Entsorgung HFKW-32</b>											
Submission 2015	t								1,959	1,861	1,763
Submission 2016	t								2,137	2,030	1,897
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>+0,178</b>	<b>+0,169</b>	<b>+0,134</b>

## Fortsetzung

	Einheit	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>AR Produktion HFKW-125</b>												
Submission 2015	t	111,363	114,124	115,262	117,581	119,072	121,372	235,776	224,314	168,772	126,046	126,515
Submission 2016	t	118,312	121,307	122,621	125,053	126,730	129,189	233,168	221,703	171,206	134,330	134,689
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+6,949</b>	<b>+7,183</b>	<b>+7,359</b>	<b>+7,472</b>	<b>+7,658</b>	<b>+7,817</b>	<b>-2,608</b>	<b>-2,611</b>	<b>+2,435</b>	<b>+8,285</b>	<b>+8,174</b>
<b>AR Produktion HFKW-134a</b>												
Submission 2015	t	185,911	189,755	190,881	192,464	194,588	197,436	250,488	245,673	221,781	202,932	202,818
Submission 2016	t	202,405	206,805	208,349	210,200	212,766	215,991	264,359	259,560	238,559	222,596	222,219
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+16,494</b>	<b>+17,050</b>	<b>+17,468</b>	<b>+17,735</b>	<b>+18,178</b>	<b>+18,555</b>	<b>+13,871</b>	<b>+13,887</b>	<b>+16,778</b>	<b>+19,664</b>	<b>+19,401</b>
<b>AR Produktion HFKW-143a</b>												
Submission 2015	t	115,241	118,099	119,276	121,675	123,219	125,598	146,488	145,820	136,974	130,436	130,921
Submission 2016	t	122,432	125,532	126,892	129,408	131,144	133,688	152,781	152,120	144,480	139,009	139,380
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+7,191</b>	<b>+7,434</b>	<b>+7,616</b>	<b>+7,732</b>	<b>+7,925</b>	<b>+8,089</b>	<b>+6,293</b>	<b>+6,301</b>	<b>+7,506</b>	<b>+8,573</b>	<b>+8,459</b>
<b>AR Produktion HFKW-32</b>												
Submission 2015	t	12,743	13,059	13,189	13,454	13,625	13,888	16,198	16,124	15,146	14,423	14,477
Submission 2016	t	13,538	13,881	14,031	14,309	14,501	14,783	16,894	16,821	15,976	15,371	15,412
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,795</b>	<b>+0,822</b>	<b>+0,842</b>	<b>+0,855</b>	<b>+0,876</b>	<b>+0,894</b>	<b>+0,696</b>	<b>+0,697</b>	<b>+0,830</b>	<b>+0,948</b>	<b>+0,935</b>

	Einheit	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>EM Produktion HFKW-125</b>												
Submission 2015	t	1,114	1,141	1,153	1,176	1,191	1,214	2,358	2,243	1,688	1,260	1,265
Submission 2016	t	1,183	1,213	1,226	1,251	1,267	1,292	2,332	2,217	1,712	1,343	1,347
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,069</b>	<b>+0,072</b>	<b>+0,074</b>	<b>+0,075</b>	<b>+0,077</b>	<b>+0,078</b>	<b>-0,026</b>	<b>-0,026</b>	<b>+0,024</b>	<b>+0,083</b>	<b>+0,082</b>
<b>EM Produktion HFKW-134a</b>												
Submission 2015	t	1,859	1,898	1,909	1,925	1,946	1,974	2,505	2,457	2,218	2,029	2,028
Submission 2016	t	2,024	2,068	2,083	2,102	2,128	2,160	2,644	2,596	2,386	2,226	2,222
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,165</b>	<b>+0,171</b>	<b>+0,175</b>	<b>+0,177</b>	<b>+0,182</b>	<b>+0,186</b>	<b>+0,139</b>	<b>+0,139</b>	<b>+0,168</b>	<b>+0,197</b>	<b>+0,194</b>
<b>EM Produktion HFKW-143a</b>												
Submission 2015	t	1,152	1,181	1,193	1,217	1,232	1,256	1,465	1,458	1,370	1,304	1,309
Submission 2016	t	1,224	1,255	1,269	1,294	1,311	1,337	1,528	1,521	1,445	1,390	1,394
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,072</b>	<b>+0,074</b>	<b>+0,076</b>	<b>+0,077</b>	<b>+0,079</b>	<b>+0,081</b>	<b>+0,063</b>	<b>+0,063</b>	<b>+0,075</b>	<b>+0,086</b>	<b>+0,085</b>
<b>EM Produktion HFKW-32</b>												
Submission 2015	t	0,127	0,131	0,132	0,135	0,136	0,139	0,162	0,161	0,151	0,144	0,145
Submission 2016	t	0,135	0,139	0,140	0,143	0,145	0,148	0,169	0,168	0,160	0,154	0,154
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,008</b>	<b>+0,008</b>	<b>+0,008</b>	<b>+0,009</b>	<b>+0,009</b>	<b>+0,009</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,007</b>	<b>+0,008</b>	<b>+0,009</b>	<b>+0,009</b>
<b>AR Anwendung HFKW-125</b>												
Submission 2015	t	826,318	919,884	1.003,916	1.102,165	1.215,312	1.342,110	1.558,217	1.752,847	1.886,167	1.840,932	1.794,211
Submission 2016	t	834,634	941,403	1.034,224	1.132,564	1.240,589	1.360,551	1.562,692	1.745,654	1.869,158	1.830,600	1.790,813
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+8,317</b>	<b>+21,519</b>	<b>+30,308</b>	<b>+30,399</b>	<b>+25,277</b>	<b>+18,441</b>	<b>+4,475</b>	<b>-7,192</b>	<b>-17,010</b>	<b>-10,332</b>	<b>-3,398</b>
<b>AR Anwendung HFKW-134a</b>												
Submission 2015	t	1.565,127	1.692,341	1.799,508	1.918,294	2.084,306	2.264,263	2.468,538	2.625,136	2.769,095	2.809,930	2.829,806
Submission 2016	t	1.583,552	1.738,442	1.870,585	1.989,573	2.144,696	2.311,249	2.499,221	2.648,234	2.780,872	2.817,083	2.832,158
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+18,426</b>	<b>+46,101</b>	<b>+71,077</b>	<b>+71,279</b>	<b>+60,389</b>	<b>+46,986</b>	<b>+30,683</b>	<b>+23,098</b>	<b>+11,777</b>	<b>+7,153</b>	<b>+2,353</b>
<b>AR Anwendung HFKW-143a</b>												
Submission 2015	t	855,095	951,920	1.038,878	1.140,549	1.257,636	1.388,850	1.514,983	1.628,189	1.727,380	1.779,728	1.819,166
Submission 2016	t	863,701	974,189	1.070,242	1.172,006	1.283,794	1.407,933	1.528,607	1.638,751	1.733,154	1.783,236	1.820,319
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+8,606</b>	<b>+22,268</b>	<b>+31,364</b>	<b>+31,457</b>	<b>+26,158</b>	<b>+19,083</b>	<b>+13,623</b>	<b>+10,563</b>	<b>+5,774</b>	<b>+3,507</b>	<b>+1,153</b>
<b>AR Anwendung HFKW-32</b>												
Submission 2015	t	94,554	105,260	114,876	126,118	139,066	153,575	167,522	180,040	191,008	196,797	201,158
Submission 2016	t	95,505	107,723	118,344	129,597	141,958	155,685	169,029	181,208	191,647	197,185	201,285
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,952</b>	<b>+2,462</b>	<b>+3,468</b>	<b>+3,478</b>	<b>+2,892</b>	<b>+2,110</b>	<b>+1,506</b>	<b>+1,168</b>	<b>+0,638</b>	<b>+0,388</b>	<b>+0,128</b>
<b>EM Anwendung HFKW-125</b>												
Submission 2015	t	116,570	124,841	130,868	137,771	150,699	165,080	186,986	201,577	210,402	199,005	187,764
Submission 2016	t	117,743	127,762	134,818	141,570	153,833	167,348	187,523	200,750	208,505	197,888	187,409
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+1,173</b>	<b>+2,920</b>	<b>+3,951</b>	<b>+3,800</b>	<b>+3,134</b>	<b>+2,268</b>	<b>+0,537</b>	<b>-0,827</b>	<b>-1,897</b>	<b>-1,117</b>	<b>-0,356</b>
<b>EM Anwendung HFKW-134a</b>												
Submission 2015	t	220,795	229,675	234,579	239,787	258,454	278,504	296,225	301,891	308,893	303,753	296,139
Submission 2016	t	223,394	235,931	243,844	248,697	265,942	284,284	299,907	304,547	310,206	304,527	296,385
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+2,599</b>	<b>+6,257</b>	<b>+9,265</b>	<b>+8,910</b>	<b>+7,488</b>	<b>+5,779</b>	<b>+3,682</b>	<b>+2,656</b>	<b>+1,314</b>	<b>+0,773</b>	<b>+0,246</b>

	Einheit	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>EM Anwendung HFKW-143a</b>												
Submission 2015	t	120,629	129,189	135,425	142,569	155,947	170,829	181,798	187,242	192,689	192,389	190,376
Submission 2016	t	121,844	132,211	139,514	146,501	159,190	173,176	183,433	188,456	193,333	192,768	190,496
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+1,214</b>	<b>+3,022</b>	<b>+4,088</b>	<b>+3,932</b>	<b>+3,244</b>	<b>+2,347</b>	<b>+1,635</b>	<b>+1,215</b>	<b>+0,644</b>	<b>+0,379</b>	<b>+0,121</b>
<b>EM Anwendung HFKW-32</b>												
Submission 2015	t	13,339	14,285	14,975	15,765	17,244	18,890	20,103	20,705	21,307	21,274	21,051
Submission 2016	t	13,473	14,620	15,427	16,200	17,603	19,149	20,283	20,839	21,378	21,316	21,065
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,134</b>	<b>+0,334</b>	<b>+0,452</b>	<b>+0,435</b>	<b>+0,359</b>	<b>+0,260</b>	<b>+0,181</b>	<b>+0,134</b>	<b>+0,071</b>	<b>+0,042</b>	<b>+0,013</b>
<b>AR Entsorgung HFKW-125</b>												
Submission 2015	t	29,955	29,955	29,955	27,595	16,687	13,954	23,625	40,344	43,164	143,986	139,675
Submission 2016	t	29,125	28,500	31,974	35,088	27,549	25,997	33,585	47,890	52,755	138,469	135,314
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,831</b>	<b>-1,455</b>	<b>+2,019</b>	<b>+7,493</b>	<b>+10,863</b>	<b>+12,043</b>	<b>+9,960</b>	<b>+7,546</b>	<b>+9,591</b>	<b>-5,517</b>	<b>-4,361</b>
<b>AR Entsorgung HFKW-134a</b>												
Submission 2015	t	71,102	71,102	71,102	65,660	42,304	38,972	47,647	86,900	90,366	152,131	153,048
Submission 2016	t	70,095	69,891	73,188	83,285	67,398	65,954	73,221	104,812	113,132	160,132	163,174
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-1,006</b>	<b>-1,211</b>	<b>+2,086</b>	<b>+17,625</b>	<b>+25,094</b>	<b>+26,983</b>	<b>+25,574</b>	<b>+17,912</b>	<b>+22,766</b>	<b>+8,000</b>	<b>++10,126</b>
<b>AR Entsorgung HFKW-143a</b>												
Submission 2015	t	30,999	30,999	30,999	28,556	17,268	14,440	24,447	41,749	44,667	73,149	77,083
Submission 2016	t	30,139	29,493	33,088	36,310	28,509	26,902	34,755	49,558	54,592	78,886	83,446
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,860</b>	<b>-1,506</b>	<b>+2,089</b>	<b>+7,754</b>	<b>+11,241</b>	<b>+12,462</b>	<b>+10,307</b>	<b>+7,809</b>	<b>+9,925</b>	<b>+5,737</b>	<b>+6,363</b>
<b>AR Entsorgung HFKW-32</b>												
Submission 2015	t	3,428	3,428	3,428	3,158	1,909	1,597	2,703	4,616	4,939	12,509	12,292
Submission 2016	t	3,333	3,261	3,659	4,015	3,152	2,975	3,843	5,480	6,037	8,723	9,227
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,095</b>	<b>-0,167</b>	<b>+0,231</b>	<b>+0,857</b>	<b>+1,243</b>	<b>+1,378</b>	<b>+1,140</b>	<b>+0,864</b>	<b>+1,098</b>	<b>-3,786</b>	<b>-3,065</b>
<b>EM Entsorgung HFKW-125</b>												
Submission 2015	t	14,550	13,694	12,838	11,038	6,049	4,535	6,792	10,086	10,642	35,003	33,473
Submission 2016	t	14,146	13,029	13,703	14,035	9,987	8,449	9,656	11,973	13,007	33,662	32,428
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,403</b>	<b>-0,665</b>	<b>+0,865</b>	<b>+2,997</b>	<b>+3,938</b>	<b>+3,914</b>	<b>+2,864</b>	<b>+1,887</b>	<b>+2,365</b>	<b>-1,341</b>	<b>-1,045</b>
<b>EM Entsorgung HFKW-134a</b>												
Submission 2015	t	34,535	32,504	30,472	26,264	15,335	12,666	13,698	21,725	22,280	36,983	36,678
Submission 2016	t	34,046	31,950	31,366	33,314	24,432	21,435	21,051	26,203	27,893	38,928	39,105
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,489</b>	<b>-0,553</b>	<b>+0,894</b>	<b>+7,050</b>	<b>+9,096</b>	<b>+8,769</b>	<b>+7,353</b>	<b>+4,478</b>	<b>+5,613</b>	<b>+1,945</b>	<b>+2,427</b>
<b>EM Entsorgung HFKW-143a</b>												
Submission 2015	t	15,056	14,171	13,285	11,422	6,260	4,693	7,029	10,437	11,013	17,782	18,473
Submission 2016	t	14,639	13,482	14,180	14,524	10,334	8,743	9,992	12,390	13,460	19,177	19,998
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,418</b>	<b>-0,688</b>	<b>+0,895</b>	<b>+3,102</b>	<b>+4,075</b>	<b>+4,050</b>	<b>+2,963</b>	<b>+1,952</b>	<b>+2,447</b>	<b>+1,395</b>	<b>+1,525</b>
<b>EM Entsorgung HFKW-32</b>												
Submission 2015	t	1,665	1,567	1,469	1,263	0,692	0,519	0,777	1,154	1,218	3,041	2,946
Submission 2016	t	1,619	1,491	1,568	1,606	1,143	0,967	1,105	1,370	1,488	2,121	2,211
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,046</b>	<b>-0,076</b>	<b>+0,099</b>	<b>+0,343</b>	<b>+0,451</b>	<b>+0,448</b>	<b>+0,328</b>	<b>+0,216</b>	<b>+0,271</b>	<b>-0,920</b>	<b>-0,735</b>

Tabelle 203: Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Anwendung von HFKW-134a in mobilen Klimaanlage von Flugzeugen in der Subquellgruppe 2.F.1.e

	Einheit	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>AR Anwendung HFKW-134a</b>											
Submission 2015	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Submission 2016	t	3,970	4,007	4,056	4,016	3,820	3,797	3,904	3,963	4,089	4,083
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+3,970</b>	<b>+4,007</b>	<b>+4,056</b>	<b>+4,016</b>	<b>+3,820</b>	<b>+3,797</b>	<b>+3,904</b>	<b>+3,963</b>	<b>+4,089</b>	<b>+4,083</b>
<b>EM Anwendung HFKW-134a</b>											
Submission 2015	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Submission 2016	t	0,199	0,200	0,203	0,201	0,191	0,190	0,195	0,198	0,204	0,204
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,199</b>	<b>+0,200</b>	<b>+0,203</b>	<b>+0,201</b>	<b>+0,191</b>	<b>+0,190</b>	<b>+0,195</b>	<b>+0,198</b>	<b>+0,204</b>	<b>+0,204</b>

Fortsetzung

	Einheit	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>AR Anwendung HFKW-134a</b>												
Submission 2015	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Submission 2016	t	4,083	3,989	3,998	4,042	4,126	4,255	4,397	4,470	4,368	4,297	4,231
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+4,083</b>	<b>+3,989</b>	<b>+3,998</b>	<b>+4,042</b>	<b>+4,126</b>	<b>+4,255</b>	<b>+4,397</b>	<b>+4,470</b>	<b>+4,368</b>	<b>+4,297</b>	<b>+4,231</b>
<b>EM Anwendung HFKW-134a</b>												
Submission 2015	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Submission 2016	t	0,204	0,199	0,200	0,202	0,206	0,213	0,220	0,224	0,218	0,215	0,212
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>+0,204</b>	<b>+0,199</b>	<b>+0,200</b>	<b>+0,202</b>	<b>+0,206</b>	<b>+0,213</b>	<b>+0,220</b>	<b>+0,224</b>	<b>+0,218</b>	<b>+0,215</b>	<b>+0,212</b>

Tabelle 204: Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion und Anwendung von HFKW-227ea und HFKW-23 der Industriekälte in der Subquellgruppe 2.F.1.c

	Einheit	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>AR Produktion HFKW-227ea</b>									
Submission 2015	t	2,712	1,073		1,715	0,665	1,798	2,056	1,530
Submission 2016	t	0,935	1,165		2,037	1,064	1,959	2,192	2,098
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-1,777</b>	<b>+0,092</b>		<b>+0,322</b>	<b>+0,399</b>	<b>+0,161</b>	<b>+0,136</b>	<b>+0,568</b>
<b>AR Produktion HFKW-23</b>									
Submission 2015	t	4,500				3,130	13,820	0,480	6,149
Submission 2016	t	3,723				3,134	13,823	0,484	0,037
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,777</b>				<b>+0,004</b>	<b>+0,003</b>	<b>+0,004</b>	<b>-6,112</b>
<b>EM Produktion HFKW-227ea</b>									
Submission 2015	t	0,027	0,011		0,017	0,007	0,018	0,021	0,015
Submission 2016	t	0,009	0,012		0,020	0,011	0,020	0,022	0,021
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,018</b>	<b>+0,001</b>		<b>+0,003</b>	<b>+0,004</b>	<b>+0,002</b>	<b>+0,001</b>	<b>+0,006</b>
<b>EM Produktion HFKW-23</b>									
Submission 2015	t	0,045				0,03130	0,13820	0,00480	0,0615
Submission 2016	t	0,037				0,03134	0,13823	0,00484	0,0004
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,008</b>				<b>+0,00004</b>	<b>+0,00003</b>	<b>+0,00004</b>	<b>-0,0611</b>
<b>AR Anwendung HFKW-227ea</b>									
Submission 2015	t	38,962	33,785	29,203	25,918	22,583	21,381	20,437	18,967
Submission 2016	t	37,185	32,100	27,518	24,555	21,619	20,578	19,770	18,868
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-1,777</b>	<b>-1,685</b>	<b>-1,685</b>	<b>-1,363</b>	<b>-0,964</b>	<b>-0,803</b>	<b>-0,666</b>	<b>-0,099</b>
<b>AR Anwendung HFKW-23</b>									
Submission 2015	t	47,000	45,136	47,732	48,942	47,572	56,892	52,872	54,521
Submission 2016	t	46,223	44,359	46,955	48,165	46,799	56,122	52,106	47,643
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,777</b>	<b>-0,777</b>	<b>-0,777</b>	<b>-0,777</b>	<b>-0,773</b>	<b>-0,770</b>	<b>-0,766</b>	<b>-6,878</b>
<b>EM Anwendung HFKW-227ea</b>									
Submission 2015	t	2,961	2,475	2,059	1,756	1,468	1,348	1,249	1,122
Submission 2016	t	2,826	2,351	1,940	1,664	1,405	1,297	1,208	1,116
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,135</b>	<b>-0,123</b>	<b>-0,119</b>	<b>-0,092</b>	<b>-0,063</b>	<b>-0,051</b>	<b>-0,041</b>	<b>-0,006</b>
<b>EM Anwendung HFKW-23</b>									
Submission 2015	t	3,572	3,306	3,365	3,316	3,092	3,587	3,230	3,225
Submission 2016	t	3,513	3,249	3,310	3,263	3,042	3,538	3,184	2,818
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,059</b>	<b>-0,057</b>	<b>-0,055</b>	<b>-0,053</b>	<b>-0,050</b>	<b>-0,049</b>	<b>-0,047</b>	<b>-0,407</b>

#### 4.7.1.5 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.F.1 alle)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### 4.7.2 Schaumherstellung (2.F.2)

Auch bei der Schaumherstellung werden seit 1993 teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) als Ersatz für die Ozonschicht schädigenden und klimaschädlichen FCKW und HFCKW als Treibmittel eingesetzt.

Dabei kann zwischen offenzelligen und geschlossenzelligen Schaumprodukten unterschieden werden. Bei offenzelligen Schaumprodukten emittiert das Treibmittel nur während des Produktionsprozesses bzw. kurz danach. Zu den offenzelligen Schaumprodukten, die in Deutschland produziert und verwendet werden, zählen Polyurethan-Integralschaum, Polyurethan-Montageschaum und mit HFKW-152a-geschäumter extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS). Bei geschlossenzelligen Schaumprodukten treten während der gesamten Lebensdauer Emissionen auf: bei der Produktion, bei der Anwendung und bei der

Entsorgung. Hierzu zählen Polyurethan-Hartschaum und extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS), der mit HFKW-134a oder HFKW-1234ze geschäumt wurde. Beide geschlossenzellige Schaumprodukte werden in Deutschland mit HFKW produziert und verwendet.

#### **4.7.2.1 Geschlossenzelliger Polyurethan-Hartschaumprodukte (2.F.2 PU hard foam)**

##### **4.7.2.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.F.2 PU hard foam)**

Geschlossenzellige Polyurethan (PU)-Hartschaumprodukte kommen in vielen verschiedenen Anwendungen vor, z.B. in Haushaltsgeräten, Kühlfahrzeugen, flexibel beschichteten Dämmplatten oder starr beschichteten Sandwichelementen. Neben dem HFKW-134a, der von 1998 bis 2003 als Treibmittel zum Einsatz kam, werden seit 2002 HFKW-365mfc (mit einem geringen Zusatz an HFKW-227ea) und seit 2004 HFKW-245fa eingesetzt. HFKW-245ca wird in Deutschland nicht angewendet. Die Verwendung von HFKW geht zugunsten von Kohlenwasserstoffen wie Pentan, und in geringen Mengen auch CO<sub>2</sub>, zurück.

Die Zeitreihe beginnt erst 1998 und zeigt bis 2003 einen geringen Anstieg der Emissionen. 2004 ist ein größerer Anstieg zu verzeichnen. Dies steht in Einklang mit der historischen Entwicklung des HFKW-Einsatzes in dieser Anwendung, der in Folge des langen HFCKW-Einsatzes erst langsam beginnt. Von 2005 bis 2009 sinken die Emissionen von PU-Hartschaumprodukten wieder leicht ab. Nach einem leichten Anstieg im Jahr 2010 sind die Emissionen seitdem auf relativ konstantem Niveau.

##### **4.7.2.1.2 Methodische Aspekte (2.F.2 PU hard foam)**

Herstellungsemissionen werden durch Multiplikation der HFKW-Menge, die spätestens innerhalb eines Jahres nach Fertigungszeitpunkt emittiert ist (Erstjahresverlust), mit dem  $EF_{\text{Herstellung}}$  gemäß Gleichung 1 errechnet, Bestandsemissionen gemäß Gleichung 2.

Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer von bis zu 50 Jahren (Sandwichelemente) setzt die Entsorgung der PU-Hartschaumprodukte erst in einigen Jahren ein.

#### **Emissionsfaktoren**

Die verwendeten Emissionsfaktoren können Tabelle 198 entnommen werden.

Der Emissionsfaktor der Produktion mit HFKW-134a beträgt 10 % und entspricht dem in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.6 vorgeschlagenen Standardwert für „Polyurethane continuous panels“.

Die Emissionsfaktoren für alle anderen HFKW wurden mit nationalen Experten abgestimmt und zum Teil angepasst. So wurde der Emissionsfaktor für die Herstellung von PU-Hartschaum unter Verwendung von HFKW-365mfc/HFKW-227ea ab 2004 von 10 % auf 15 % erhöht, da dieses HFKW-Gemisch verstärkt in offenen Anwendungen vor Ort, vor allem in Spritzschaum, eingesetzt wird. Der Emissionsfaktor der Produktion mit HFKW-245fa beträgt ebenfalls 15 %. Diese Werte liegen innerhalb der in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.7 vorgeschlagenen Standardwerte für „first year loss“ der verschiedenen PU-Hartschaum-Anwendungen.

Die jährlichen HFKW-Emissionen aus dem „stock“ werden für PU-Hartschaum, der mit HFKW-134a geschäumt wurde, auf 0,5 % geschätzt. Dies entspricht dem Default-Wert der 2006 IPCC

Guidelines (Vol. 3, table 7.6) für „Polyurethane continuous panels“. Die mit HFKW-365mfc/HFKW-227ea und HFKW-245fa geschäumten Produkte emittieren jährlich 1 % und liegen damit innerhalb der in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.7 vorgegebenen Default-Werte für verschiedene PU-Hartschaum-Anwendungen. Der verwendete Emissionsfaktor aus dem Bestand für HFKW-365mfc/HFKW-227ea stammt aus einer Abschätzung aus den Versuchsprodukten.

### **Aktivitätsdaten**

Die Inlands-Neuverbräuche für jedes Treibmittel und jede Produktgruppe basieren auf den in Deutschland produzierten Mengen an Schaumprodukten. Die Bestände basieren auf den in Deutschland eingesetzten Mengen an Schaumprodukten (Verkauf in Deutschland) seit Einführung der HFKW. Abgänge, die den Bestand mindern, spielen bei einer Lebensdauer von bis zu 50 Jahren bis auf weiteres noch keine Rolle.

Inlands-Neuverbräuche und Inlands-Absatz an Schaumprodukten werden jährlich durch Herstellerbefragung, Anwenderbefragung, Treibmittellieferanten und Verbandsinformationen (IVPU<sup>70</sup>) erhoben.

#### **4.7.2.2 Geschlossenzelliger und offenzelliger XPS-Hartschaum (2.F.2 XPS)**

##### **4.7.2.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.F.2 XPS)**

Extrudierter Polystyrolhartschaum (XPS) wird für Dämmstoffplatten verwendet, die eine hohe Resistenz gegen Feuchtigkeit aufweisen sollen. Verbräuche und Emissionen von HFKW zur Herstellung von XPS-Dämmplatten gibt es erst seit 2001, da vorher HFCKW oder alternativ CO<sub>2</sub>/Ethanol eingesetzt wurde. Als Treibmittel kommen seit 2001 sowohl HFKW-152a als auch HFKW-134a zum Einsatz, entweder allein oder als Gemisch. Ab dem Jahr 2012 wird auch der HFKW-1234ze als Treibmittel eingesetzt. In Abhängigkeit vom Treibmittel zeigen XPS-Dämmstoffplatten ein unterschiedliches Emissionsverhalten. Bei Verwendung von HFKW-152a kommt es nur während der Produktion zu HFKW-Emissionen, so dass man von offenzelligen XPS-Dämmstoffplatten sprechen kann. Werden HFKW-134a oder HFKW-1234ze verwendet, entstehen geschlossenzellige XPS-Hartschaumprodukte, die auch während der Anwendung und bei der Entsorgung HFKW-Emissionen verursachen.

Die Zeitreihe beginnt im Jahr 2001 und zeigt zunächst einen leichten Anstieg der Emissionen bis zum Jahr 2005. Ab dem Jahr 2006 sinken die Emissionen kontinuierlich ab, was mit dem zunehmenden Einsatz nichthalogener Treibmittel bei der XPS-Hartschaumproduktion in Deutschland zusammenhängt.

##### **4.7.2.2.2 Methodische Aspekte (2.F.2 XPS)**

Herstellungsemissionen werden durch Multiplikation des HFKW-Neuverbrauchs der Produktion von XPS-Dämmplatten mit dem EF<sub>Herstellung</sub> gemäß Gleichung 1 errechnet.

Anwendungsemissionen errechnen sich gemäß Gleichung 2 aus dem inländischen HFKW-Endbestand in XPS-Dämmstoffen. Dieser erhöht sich jährlich nur durch Neuzugänge von HFKW-134a-haltigen und HFKW-1234ze-haltigen Dämmplatten. Abgänge vom Bestand spielen bei einer Lebensdauer von 50 Jahren noch keine Rolle. Der HFKW-Neuzugang entspricht nicht dem jährlichen Neuverbrauch abzgl. der Herstellungsemissionen. Denn durch

---

<sup>70</sup> IVPU - Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e. V.

den Außenhandel, besonders den Export von HFKW-134a- oder HFKW-1234ze-haltigem XPS, bilden nur 25 % (Kehrwert der Exportquote) des in den Produkten enthaltenen HFKW-134a bzw. HFKW-1234ze einen Neuzugang zum inländischen HFKW-Bestand.

Bei einer durchschnittlichen Lebensdauer der XPS-Dämmplatten von 50 Jahren setzt die Entsorgung frühestens im Jahr 2051 ein. Entsorgungsemissionen sind daher bisher nicht relevant.

Die Emissionen des nichtberichtspflichtigen HFKW-1234ze berichtet Deutschland gemäß den Empfehlungen der UNFCCC Reporting Guidelines 2014 (FCCC/CP/2013/10/Add.3, Decision 24/CP.19) freiwillig als „additional greenhouse gas“. Die HFKW-1234ze-Emissionen werden aus Vertraulichkeitsgründen mit anderen nicht berichtspflichtigen Emissionen zusammen gefasst und aggregiert in Kapitel 4.9.3 unter CRF 2.H.3 berichtet.

### Emissionsfaktoren

Die verwendeten Emissionsfaktoren können Tabelle 198 entnommen werden.

Die Herstellungsemissionen (HFKW-Erstjahresverlust) für HFKW-152a betragen praktisch 100 % ( $EF_{\text{Herstellung}} = 1$ ), da es bei der Produktion nur als Treibmittel genutzt wird. Beim HFKW-134a emittiert bei der Schäumung nur eine Teilmenge des Verbrauchs, der Hauptteil geht in das Produkt ein. Der  $EF_{\text{Herstellung}}$  von HFKW-134a wird empirisch bestimmt und vom Fachverband CEFIC<sup>71</sup> bzw. dessen Branchenverband EXIBA<sup>72</sup> mitgeteilt. Er unterliegt der Geheimhaltung. Bis zum Vorliegen experimenteller Messwerte wird für mit HFKW-1234ze geschäumte XPS-Dämmplatten der gleiche  $EF_{\text{Herstellung}}$  angenommen wie für Dämmplatten, die mit HFKW-134a geschäumt wurden.

Das Auffangen und die Rückgewinnung der HFKW im Produktionsprozess wurden erprobt, bislang aber aus technischen und ökonomischen Gründen nicht umgesetzt.

Die 2006 IPCC Guidelines geben in Vol. 3, Tabelle 7.6 Default-Werte für mit HFKW-134a und HFKW-152a geschäumte Dämmplatten vor: Für den „first year loss“ beträgt er 25 % für HFKW-134a und 50 % für HFKW-152a. Die in Deutschland verwendeten Werte weichen, besonders für HFKW-152a, stark davon ab, werden aber als repräsentativ eingeschätzt, da die Angaben auf Aussagen von Branchenexperten beruhen.

Der Sprecher des Fachverbands Polystyrol-Extruderschäumstoff e.V. (FPX) schätzte die jährlichen Ausgasungen von eingeschlossenem HFKW-134a-Zellgas im Jahr 2002 auf unter 1 %. Dem zugrunde liegt u.a. eine interne Studie der BASF über die Halbwertszeit verschiedener Zellgase, u.a. auch HFKW-134a (WEILBACHER 1987). Der  $EF_{\text{Anwendung}}$  aus dieser Laborstudie wird für den HFKW-134a benutzt. Die Diffusion aus den Platten ist dickeabhängig und kann nur als Durchschnitt bzw. als Wert für bestimmte Plattenstärken angegeben werden. Der verwendete Wert  $EF_{\text{Anwendung}} = 0,66$  % ist auf eine mittlere Plattenstärke bezogen und liegt unter dem in den 2006 IPCC Guidelines in Vol. 3, Tabelle 7.6 vorgeschlagenen Wert von 0,75 %. Für mit HFKW-1234ze geschäumte Dämmplatten gibt es keine Default-Werte in den 2006 IPCC Guidelines. Es wird der gleiche  $EF_{\text{Anwendung}}$  angenommen wie für HFKW-134a.

<sup>71</sup> CEFIC – The European Chemical Industry Council

<sup>72</sup> EXIBA – European Extruded Polystyrene Insulation Board Association

## Aktivitätsdaten

Die Inlands-Neuverbräuche für HFKW-134a und HFKW-152a werden über den europäischen Verband CEFIC<sup>73</sup> respektive dessen Branchengruppe EXIBA<sup>74</sup> sowie Herstellerbefragung erhoben.

Für den Inlands-Neuverbrauch von HFKW-1234ze werden die Daten aus der Erhebung nach Umweltstatistikgesetz und Informationen des Treibmittelherstellers herangezogen.

Alle für die Emissionsberechnung erforderlichen Daten, wie Verlustrate bei der Produktion und Außenhandelsaldo für HFKW-134a-haltige Dämmplatten stammen vom europäischen Fachverband (CEFIC bzw. EXIBA).

### 4.7.2.3 Offenzelliger Polyurethan-Integralschaum (2.F.2 PU integral foam)

#### 4.7.2.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.F.2 PU integral foam)

Offenzellige Polyurethan (PU)-Integralschäume sind Schaumstoffe, die einen porösen Kern und eine massive Randzone aufweisen. Ihre Herstellung erfolgt durch Reaktionsspritzgussverfahren. Dabei wird das Reaktionsgemisch inklusive des Treibmittels in flüssiger Form in die kalte Spritzgussform eingebracht. Bei der Verschäumungsreaktion emittiert das Treibmittel vollständig. PU-Integralschäume werden z.B. bei Sport- und Freizeitschuhsohlen, Autokarosserieteilen und Fensterprofilen eingesetzt. HFKW werden seit 1996 als Treibmittel bei der Produktion von PU-Integralschäumen eingesetzt.

In Deutschland werden neben dem HFKW-134a, der seit 1996 verwendet wird, seit dem Jahr 2002 auch HFKW-365mfc (mit einem geringen Zusatz an HFKW-227ea) und seit 2004 HFKW-245fa als Treibmittel eingesetzt. HFKW-245ca wird in Deutschland nicht angewendet.

Die Zeitreihe beginnt 1996 und verläuft bis zum Jahr 2002 relativ konstant. Von 2002 bis 2007 steigen die Emissionen kontinuierlich an. Der verzögerte Einsatz der HFKW ist auf den langen HFCKW-Einsatz in der PU-Integralschaumproduktion in Deutschland zurückzuführen. Ab dem Jahr 2008 ist ein starker Rückgang der Emissionen zu verzeichnen. Der Grund hierfür ist der verstärkte Einsatz von Kohlenwasserstoffen (z.B. Pentan) als Treibmittel, die die HFKW zunehmend verdrängen.

#### 4.7.2.3.2 Methodische Aspekte (2.F.2 PU integral foam)

Gemäß 2006 IPCC-Guidelines (Seite 7.34, Gleichung 7.8) wird bei dieser offenen Anwendung die Emission gleich der bei der Produktion verwendeten HFKW-Menge (HFKW-Neuverbrauch) gesetzt.

Herstellungsemissionen werden durch Multiplikation des HFKW-Neuverbrauchs der Produktion mit dem  $EF_{\text{Herstellung}}$  gemäß Gleichung 1 errechnet.

Anwendungsemissionen und Entsorgungsemissionen fallen nicht an, da das Treibmittel bereits vollständig bei der Produktion emittiert.

<sup>73</sup> CEFIC – The European Chemical Industry Council

<sup>74</sup> EXIBA – European Extruded Polystyrene Insulation Board Association

## Emissionsfaktoren

Der verwendete Emissionsfaktor kann Tabelle 198 entnommen werden.

Die 2006 IPCC Guidelines geben für PU-Integralschäume, die mit HFKW-134a, HFKW-245fa oder HFKW-365mfc (mit einem Zusatz von HFKW-227ea) geschäumt werden, einen Default-Wert für den Erstjahresverlust (first year loss) von 95 % vor. Als jährlicher Verlust wird ein Wert von 2,5 % angegeben, so dass Emissionen über drei Jahre anfallen.

Laut den befragten inländischen Experten entweicht das Treibmittel bei Integralschäumen bis auf wenige Reste während des Schäumungsvorgangs. Die Reste gasen maximal innerhalb eines Zeitraums von zwei Jahren aus. Daher wird in Deutschland im Unterschied zu den IPCC Guidelines ein Emissionsfaktor der Produktion von 100 % als angemessen betrachtet.

## Aktivitätsdaten

Die Inlands-Neuverbräuche für jedes Treibmittel basieren auf den in Deutschland produzierten Mengen an Integralschäumen.

Die Inlands-Neuverbräuche werden jährlich durch Herstellerbefragung, Anwenderbefragung, Treibmittellieferanten und Verbandsinformationen (IVPU) erhoben.

### 4.7.2.4 Offenzelliger Polyurethan-Montageschaum (2.F.2 one-component PU foam)

#### 4.7.2.4.1 *Beschreibung der Kategorie (2.F.2 one-component PU foam)*

Unter dem Begriff „Montageschaum“ wird offenzelliger Polyurethanschaum (PU-Schaum) verstanden, der aus Druckbehältern (Dosen) vor Ort, z.B. bei der Fenster- oder Türzargenmontage, ausgetragen wird. Als Treibmittel werden seit dem HFCKW-Verbot Gemische aus HFKW und Propan, Butan oder Dimethylether (DME) eingesetzt, wobei der HFKW-Anteil in den Dosen seit 1996 immer mehr reduziert worden ist.

HFKW-134a wird in Deutschland bereits seit 1992 bei der Produktion von PU-Montageschaumdosen eingesetzt, HFKW-152a fand zwischen 2002 und 2004 Verwendung. Importierte und in Deutschland verwendete Montageschaumdosen enthalten seit 1992 HFKW-134a und seit 1995 HFKW-152a.

Die Emissionen von PU-Montageschaum steigen von 1992 bis 1997 stark an, danach sinken sie bis zum Jahr 2010 kontinuierlich ab und sind seitdem auf relativ konstantem, niedrigem Niveau. Seit dem 4. Juli 2008 gilt, mit wenigen Ausnahmen, in der EU ein Verbot für das Inverkehrbringen von Einkomponentenschäumen, die mit fluorierten Treibhausgasen mit einem Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP) über 150 befüllt wurden. Die Höhe der zukünftigen Emissionen wird daher voraussichtlich relativ konstant auf einem niedrigen Niveau bleiben.

#### 4.7.2.4.2 *Methodische Aspekte (2.F.2 one-component PU foam)*

Die Fertigungsemissionen werden aus der Zahl der jährlich in Deutschland abgefüllten Dosen und dem Treibmittelverlust pro Dose berechnet.

Gemäß 2006 IPCC-Guidelines (Seite 7.34, Gleichung 7.8) wird bei dieser offenen Anwendung die Emission gleich der in den Dosen verkauften Menge HFKW gesetzt. Anwendungsemissionen werden über die in den Dosen verkaufte Menge an HFKW mit Gleichung 2 berechnet.

Entsorgungsemissionen fallen nicht an, da das in den Montageschaumdosen enthaltene HFKW bereits vollständig bei der Anwendung emittiert.

### Emissionsfaktoren

Die verwendeten Emissionsfaktoren können Tabelle 198 entnommen werden.

Der  $EF_{\text{Herstellung}}$  wurde durch Experten- und Herstellerbefragung ermittelt und hatte von 1992 bis 2002 einen Wert von 1,5 g/Dose, ab dem Jahr 2003 nur noch 0,5 g/Dose, da die Gesamtfüllmengen der Dosen seitdem kleiner sind.

Die 2006 IPCC Guidelines geben in Vol. 3, Tabelle 7.6 einen Erstjahresverlust von 95 % und einen jährlichen Verlust von 2,5 % für Einkomponenten-Montageschäume an, so dass die Emissionen über insgesamt drei Jahre verteilt sind. Im Unterschied zur IPCC-Methode wird für das deutsche Inventar angenommen, dass sämtliche Emissionen im Verkaufsjahr entstehen ( $EF_{\text{Anwendung}} = 100 \%$ ), da eine zügige Anwendung und Entsorgung erfolgt. Zwar sind verbrauchte Dosen bei der Entsorgung nicht vollständig leer, sondern enthalten noch etwa 8 % der ursprünglichen Schaummenge einschließlich Treibgas. Dieses Treibgas gelangt jedoch verzögert zum größten Teil ebenfalls in die Atmosphäre.

### Aktivitätsdaten

Die für die Ermittlung der Befüllungsverluste (Fertigungsemissionen) benötigten Daten, die Anzahl der jährlich in Deutschland abgefüllten Dosen mit HFKW-134a bzw. HFKW-152a, der HFKW-Gehalt je Dose in Gramm und der spezifische Befüllungsverlust werden durch Expertenbefragung erhoben.

Die Anzahl der jährlich in Deutschland verkauften Dosen mit dem Treibmittel HFKW-134a bzw. HFKW-152a und der HFKW-Gehalt je Dose in Gramm, die für die Ermittlung der Anwendungsemissionen benötigt werden, stammen von den Herstellern von Montageschaumdosen.

Die Daten zu Montageschaum vor dem Jahr 1995 stammen aus einem Gespräch mit führenden ausländischen Einkomponenten-Montageschaum-Anbietern aus dem Jahr 2006 sowie älteren Veröffentlichungen.

#### 4.7.2.5 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.2 alle)

Eine systematische Quantifizierung der Unsicherheiten für die Unterkategorie Schäume ist erfolgt.

Bei PU-Schaumprodukten werden die Emissionsangaben für die zurück liegenden Jahre als gut bewertet, da die eingesetzten HFKW-Mengen derzeit noch eher klein sind. Allerdings wird in Zukunft aufgrund der erwarteten Produktvielfalt ein guter Marktüberblick schwieriger.

Der XPS-Markt ist in Deutschland wegen weniger Hersteller überschaubar. Da die EF und AR in Zusammenarbeit mit den Herstellern erarbeitet wurden, werden sie als hinreichend genau bewertet.

Die Einsatzmengen der beiden HFKW-152a und HFKW-134a zur Produktion von XPS-Hartschaum werden seit 2001 vom Fachverband recherchiert. Da nur drei Hersteller HFKW für die XPS-Schäumung einsetzen, ist an der Datensicherheit der Aktivitätsdaten wenig zu

zweifeln. Dies gilt auch für die Exportquote und die ermittelten HFKW-Herstellungsemissionen beim Einsatz von HFKW-134a.

Die Fertigungsemissionen bei der Anwendung des HFKW-152a von 100 % stimmen nicht mit den bisherigen IPCC-Schätzungen überein, wurden jedoch vom Fachverband als realistisch eingeschätzt.

Die durch eine Laborstudie erhaltene Emissionsrate aus dem laufenden Bestand wird angewendet, solange es keine zuverlässigen Messungen an wirklich genutzten Dämmplatten gibt, die in der Aussagekraft noch höher zu bewerten wären als Laborwerte.

#### **4.7.2.6      Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.2 alle)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.7.2.7      Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.F.2 alle)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **4.7.3      Feuerlöschmittel (2.F.3)**

#### **4.7.3.1      Beschreibung der Kategorie (2.F.3)**

Die bis 1991 als Feuerlöschmittel erlaubten Halone sind weitgehend durch ökologisch unbedenkliche Stoffe ersetzt worden; vor allem Inertgase wie Stickstoff und Argon in Anlagen zur Beflutung von zu löschenden Innenräumen und Pulver, CO<sub>2</sub> oder Schaum in Handfeuerlöschern.

Als Halonersatz wurde in Deutschland 1998 der HFKW-227ea zugelassen. Danach folgte 2001 der HFKW 236fa, der aber nur im militärischen Bereich eingesetzt wird. Seit 2002 ist auch HFKW-23 zugelassen, wird aber erst seit 2005 eingesetzt. Eine Zulassung von Feuerlöschmitteln ist heute zwar nicht mehr notwendig. Die Liste der eingesetzten Löschmittel hat sich aber trotzdem nicht erweitert, da alle Anwendungsbereiche mit halogenfreien und den genannten HFKW (besonders 227ea und 236fa) abgedeckt werden können.

Die HFKW-Feuerlöschmittel werden importiert und in Deutschland in Anlagen eingefüllt. Außenhandel bereits befüllter Anlagen kommt praktisch nicht vor. Die Zeitreihen beginnen erst nach 1995.

#### **4.7.3.2      Methodische Aspekte (2.F.3)**

Der jährliche HFKW-Neuzugang in inländischen Anlagen ist identisch mit der im Inland in Neuanlagen gefüllten Menge (HFKW-Neuverbrauch).

Da in Deutschland die Aktivitätsdaten für den HFKW-227ea und 236fa vorliegen, wird ein bottom-up Ansatz gewählt. Im Gegensatz zum top-down Ansatz IPCC-Guidelines 2006, (Vol. 3, Kapitel 7.6) werden Befüllungsemissionen berücksichtigt.

Für den HFKW-23 werden die installierten Mengen mangels Daten vom Umweltbundesamt geschätzt.

Die durchschnittliche Lebensdauer von Feuerlöschanlagen wurde von 15 Jahren (2006 *IPCC Guidelines: Vol. 3, table 7.9*) auf 20 Jahre aufgrund der übereinstimmenden Expertenmeinung hochgesetzt.

### **Emissionsfaktoren**

Die  $EF_{\text{Herstellung}}$  basieren auf Expertenschätzungen.

Der  $EF_{\text{Anwendung}}$  steigt für den HFKW-236fa, basierend auf Expertenschätzungen, von 1 % auf 4 % bis zum Jahr 2007, um die größere Wahrscheinlichkeit von Undichtigkeiten älterer Anlagen zu berücksichtigen. Die 4 % entsprechen den 2006 IPCC Guidelines. Auch für den HFKW-23 wird der Emissionsfaktor der Anwendung auf 4 % festgesetzt. Für den HFKW-227ea liegen konkrete Installations- und Nachfüllmengen vor, die über den von der Firma geschätzten Marktanteil auf den gesamten deutschen Markt hochgerechnet werden,

Für alle HFKW beträgt der Emissionsfaktor der Entsorgung 100 %, wobei derzeit noch keine Entsorgung stattfindet.

### **Aktivitätsdaten**

Die Emissionsangaben zum HFKW-227ea basieren auf statistischen Erhebungen eines Unternehmens zu Einsatzmengen, Nachfüllmengen, Fehlauflösungen, Auflösungen im Brandfall und Probeflutungen in Deutschland (in Anlehnung an Tier 2). Aufgrund der von der Firma geschätzten Marktanteile wird eine Hochrechnung vorgenommen. Die Angaben zum HFKW-236fa basieren auf freiwilligen Firmenangaben. Die Angaben zum HFKW-23 beruhen auf Schätzungen des UBA.

#### **4.7.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.3)**

Eine systematische Quantifizierung der Unsicherheiten für die Unterkategorie Feuerlöschmittel ist erfolgt.

#### **4.7.3.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.3)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **4.7.3.5 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.F.3)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### **4.7.4 Aerosole (2.F.4)**

In diesen Bereich fallen die Dosieraerosole (Metered Dose Inhalers, MDI), die im medizinischen Bereich angewendet werden, sowie die allgemeinen Aerosole und die sogenannten Novelty-Aerosole.

#### 4.7.4.1 Dosieraerosole (2.F.4.a)

##### 4.7.4.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.F.4.a)

Dosieraerosole werden im medizinischen Bereich, überwiegend zur Behandlung von Asthma, eingesetzt. In Deutschland kam das erste HFKW-getriebene Dosieraerosol 1996 mit dem Treibmittel HFKW-134a auf den Markt. Ab dem Jahr 1999 wurden auch Dosieraerosole mit dem Treibmittel HFKW-227ea vertrieben. Seitdem ist die Anzahl der Präparate kontinuierlich gestiegen. Eine inländische Abfüllung mit dem HFKW-134a gibt es seit dem Jahr 2001.

Die Zeitreihe zeigt von 1996 bis 2002 einen steilen Anstieg der Emissionen, der in Einklang mit der zunehmenden Verwendung der HFKW als FCKW-Ersatzstoffe steht. Ein großer Sprung ist 2001 zu verzeichnen. Ab diesem Jahr wurden FCKW für die größte Wirkstoffgruppe, die kurzwirksamen Beta-Mimetika, verboten. Ab dem Jahr 2003 sind die Emissionen relativ konstant auf gleichbleibend hohem Niveau.

##### 4.7.4.1.2 Methodische Aspekte (2.F.4.a)

Da 98 % des Doseninhalts von Dosieraerosolen aus Treibgas besteht, wird der Doseninhalt als reiner HFKW aufgefasst.

Die Fertigungsemissionen werden aus der Zahl der jährlich in Deutschland abgefüllten Dosieraerosole und dem Treibmittelverlust pro Dose berechnet. Die Emissionen wären höher, wenn nicht ein Teil des Treibgases mithilfe einer Kältefalle aufgefangen und der Verbrennung zugeführt würde.

Anwendungsemissionen werden über die in den Dosieraerosolen verkaufte Menge an HFKW mit Gleichung 2 berechnet. Die große Mehrheit der Dosieraerosole in Deutschland wird in Apotheken verkauft. Auf weitere 10 Prozent wird der Bedarf in Krankenhäusern geschätzt, und 3 Prozent sind „unverkäufliche Muster“ für Ärzte und Pharmareferenten. Diese Anteile werden durch einen Zuschlagsfaktor von 13 % auf die Apothekenverkäufe berücksichtigt.

Die Zeitspanne zwischen Apothekenverkauf und Anwendung ist kurz. Bezugsgröße für die Anwendungsemissionen ist daher nicht wie in den 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, Gleichung 7.6) vorgeschlagen die Summe der halben Käufe (Verkäufe) des vorherigen Jahres und des aktuellen Jahres, sondern die gesamten Käufe/Verkäufe des aktuellen Jahres. Der Ansatz der IPCC Guidelines böte sich an, wenn nicht verkaufte, sondern produzierte Dosen als Daten vorlägen, weil zwischen Produktion und Anwendung tatsächlich viel Zeit für Transport- und Lagerung vergehen kann.

Entsorgungsemissionen fallen nicht an, da die in den Dosieraerosolen enthaltenen HFKW bereits vollständig bei der Anwendung emittieren.

#### Emissionsfaktoren

Die verwendeten Emissionsfaktoren können Tabelle 198 entnommen werden.

Der den Herstellungsemissionen zu Grunde liegende  $EF_{\text{Herstellung}}$  basiert auf im Betrieb von der einzigen deutschen Abfüllfirma von Dosieraerosolen sehr exakt ermittelten Befüllemmissionen. Diese betragen 1 %, bezogen auf den Neuverbrauch zur Befüllung. Das entspricht etwa 0,15 g pro 10 ml-Dose.

In Übereinstimmung mit den IPCC Vorgaben (2006 IPCC Guidelines, Vol. 3, Seite 7.28) wird von einer 100 %igen Emission bei der Anwendung ausgegangen ( $EF_{\text{Anwendung}} = 1$ ). Inhalierbare HFKW setzen sich in den Atemwegen nicht um, sondern gelangen beim Ausatmen unverändert in die Atmosphäre. In Deutschland wird abweichend von den Guidelines nur eine einjährige Lebensdauer der Aerosoldose zugrunde gelegt. Der Emissionsfaktor ist daher als „country specific“ eingestuft.

### Aktivitätsdaten

Die Emissionsdaten bis zum Berichtsjahr 2005 (Produktion) bzw. 2006 (Anwendung) basieren auf Verkaufszahlen (Apothekenverkäufen) von Dosieraerosolen in Deutschland, die über Befragungen der Produzenten erhoben wurden. Dabei werden die gesamte Stückzahl, die durchschnittliche Füllmenge in ml und das eingesetzte Treibgas zur Aufbereitung herangezogen. Ab dem Berichtsjahr 2006 beruhen die Angaben zur Aktivitätsrate der Produktion bzw. ab dem Jahr 2007 auch die zur Aktivitätsrate der Anwendung auf Expertenschätzungen. Die Ergebnisse der jährlichen Erhebung bestimmter klimawirksamer Stoffe des *Statistischen Bundesamtes* liegen im Bereich der Dosieraerosole nicht rechtzeitig für das laufende Berichtsjahr vor, es wird jedoch, wenn erforderlich, rückwirkend ein Datenabgleich vorgenommen.

#### 4.7.4.2 Sonstige Aerosole (2.F.4.b)

##### 4.7.4.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.F.4.b)

In Deutschland werden sechs Arten allgemeiner Aerosole (ohne medizinische Dosieraerosole und Novelties) mit HFKW verwendet:

- Druckluftsprays,
- Kältesprays,
- Abflussreiniger-Sprays,
- Schmiermittelsprays,
- Insektizide und
- Abwehrsprays.

Die Produktion und Anwendung von allgemeinen Aerosolen mit HFKW-134a begann im Jahr 1992, mit HFKW-152a im Jahr 1995. Seit dem Jahr 2013 kommt auch der HFKW-1234ze als Treibmittel in Kältesprays und Reinigungssprays zum Einsatz. Die Zeitreihe zeigt von 1992 bis 1996 einen steilen Anstieg der Emissionen, der in Einklang mit der zunehmenden Verwendung der HFKW als FCKW-Ersatzstoffe steht. Zwischen 1996 und 2005 sind die Emissionen konstant. Ein großer Sprung nach oben ist 2007 zu verzeichnen, seitdem sinken die Emissionen aus allgemeinen Aerosolen leicht ab.

Zu den sonstigen Aerosolen zählen auch die so genannten Novelty-Aerosole (künstlicher Schnee, Luftschlangensprays u.a.), die aber nicht in Deutschland hergestellt werden. Die Anwendung von Novelties mit HFKW-134a beginnt im Jahr 1995, die mit HFKW-152a im Jahr 2000. Ab 2004 sinken die Emissionen stark ab, seit dem Jahr 2010 befinden sie sich auf konstant niedrigem Niveau. Grund dafür ist das ab dem 4. Juli 2009 in der EU geltende Verbot für das Inverkehrbringen von neuartigen Aerosolen, die mit teilfluorierten Kohlenwasserstoffen mit einem Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP) über 150 befüllt sind, das zu einem vorzeitigen Umstellen der Produktion auf andere Treibgase führte.

#### 4.7.4.2.2 *Methodische Aspekte (2.F.4.b)*

Bei allgemeinen Aerosolen halten sich Importe und Exporte die Waage, so dass der Inlandsmarkt mit dem Verbrauch für die inländische Abfüllung gleichgesetzt werden kann. Der inländische Verbrauch richtet sich nach den im Inland abgefüllten Dosen, unabhängig davon, wo diese angewendet werden. Die Fertigungsemissionen werden aus dem HFKW-Verbrauch für die inländische Abfüllung allgemeiner Aerosole und dem Treibmittelverlust bei der Produktion gemäß Gleichung 1 berechnet.

Novelty-Aerosole werden nicht in Deutschland hergestellt. Für Novelty-Aerosole ist der Anteil des deutschen Markts am EU-Markt Basis für die Berechnung der in den Novelty-Aerosoldosen verkauften HFKW-Mengen.

Anwendungsemissionen werden über die in den sonstigen Aerosolen verkaufte Menge an HFKW mit Gleichung 2 berechnet.

Da die Anzahl der verkauften und nicht der produzierten Aerosoldosen Ausgangspunkt für die Berechnungen ist, kann davon ausgegangen werden, dass die Zeitspanne zwischen Verkauf und Anwendung sehr kurz ist. Bezugsgröße für die Berechnung der Anwendungsemissionen sind daher die gesamten Käufe/Verkäufe des aktuellen Jahres und nicht wie in den 2006 IPCC Guidelines (Vol. 3, Gleichung 7.6) vorgeschlagen, die Summe der halben Käufe (Verkäufe) des vorherigen Jahres und des aktuellen Jahres.

Da die in den Aerosolen enthaltenen HFKW bereits vollständig bei der Anwendung emittieren, müssen keine Entsorgungsemissionen berichtet werden.

Die Emissionen des nichtberichtspflichtigen HFKW-1234ze berichtet Deutschland gemäß den Empfehlungen der UNFCCC Reporting Guidelines 2014 (FCCC/CP/2013/10/Add.3, Decision 24/CP.19) freiwillig als „additional greenhouse gas“. Die HFKW-1234ze-Emissionen werden aus Vertraulichkeitsgründen mit anderen nicht berichtspflichtigen Emissionen zusammen gefasst und aggregiert in Kapitel 4.9.3 unter CRF 2.H.3 berichtet.

#### **Emissionsfaktoren**

Der den Herstellungsemissionen zu Grunde liegende  $EF_{\text{Herstellung}} = 1,5 \%$  von allgemeinen Aerosolen basiert auf Expertenschätzungen.

Es wird analog den IPCC Vorgaben (2006 IPCC Guidelines, Vol. 3, Seite 7.28) sachgerecht von einer 100 %igen Emission bei der Anwendung der sonstigen Aerosole ausgegangen ( $EF_{\text{Anwendung}} = 1$ ). Anders als in den Guidelines vorgeschlagen, wird von der in Deutschland abgesetzten Anzahl von Dosen angenommen, dass sie vollständig im gleichen Jahr verbraucht wird. Der Emissionsfaktor ist daher als „country specific“ eingestuft.

#### **Aktivitätsdaten**

Die Daten vor 1995 basieren auf Expertenschätzungen. Entsprechend einem bottom-up-Ansatz stammen sämtliche Mengendaten ab 1995 direkt von Produzenten, Abfüllern und Betreibern, Treibmittelherstellern bzw. der Branchenvereinigung. Für allgemeine Aerosole kommen noch Befüllungsemissionen (= Herstellungsemissionen) hinzu. Grundlage für eine Schätzung ist EU-weites Datenmaterial.

#### **4.7.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.4 alle)**

Eine systematische Quantifizierung der Unsicherheiten für die Unterkategorie Aerosole ist erfolgt.

Bei Dosieraerosolen kann der Zuschlagsfaktor für Krankenhäuser und Ärztemuster um 3 % nach oben oder unten von den 13 % abweichen.

Gegenüber den Emissionsangaben zu Dosieraerosolen werden die Angaben für die sonstigen Aerosole als nicht so gut bewertet, da aufgrund der Vielzahl von Produkten der Marktüberblick begrenzt ist. Auch sind hohe Importmengen, vor allem bei den „Novelties“ problematisch. Die Unsicherheiten sind daher deutlich höher (über 20 %).

Da der Umstieg von FCKW auf chlorfreie Treibgase bereits Anfang der 1990er Jahre vollendet war, ist die Zeitreihe von 1995 bis 2005 weitgehend unverändert, seit 2006 sind leichte Emissionsrückgänge zu verzeichnen.

##### **4.7.4.3.1 *Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.4 alle)***

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

##### **4.7.4.3.2 *Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.F.4 alle)***

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### **4.7.5 Lösemittel (2.F.5)**

##### **4.7.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.F.5)**

Der Einsatz von HFKW als Lösemittel war in Deutschland bis zum Jahr 2001 verboten (2. BImSchV) und ist auch heute noch stark eingeschränkt. Jede Oberflächenbehandlungsanlage, die HFKW in Reinform oder in Gemischen mit Trans-1,2-Dichlorethen einsetzt, muss einzeln beantragt werden, wobei eine Bewilligung nur im Sonderfall erteilt wird. Eingesetzt werden heute neben dem bisher schon berichteten HFKW-4310mee, auch in sehr geringem Umfang der HFKW-245fa, HFKW-365mfc und C<sub>6</sub>F<sub>14</sub>.

Darüber hinaus kommen Hydrofluorether (HFE) in verschiedenen Anwendungen zum Einsatz. Die nichtberichtspflichtigen Emissionen dieser HFE (HFE-7100/7200/7300) werden gemäß den Empfehlungen der UNFCCC Reporting Guidelines 2014 (FCCC/CP/2013/10/Add.3, Decision 24/CP.19) freiwillig unter „additional greenhouse gases“ berichtet. Die Emissionen sind aggregiert mit anderen nicht berichtspflichtigen Emissionen in Kapitel 4.9.3 unter CRF 2.H.3 aufgeführt.

##### **4.7.5.2 Methodische Aspekte (2.F.5)**

Die Emissionsberechnung erfolgt nach Tier 2a der 2006 IPCC-Guidelines (Vol. 3, Kapitel 7.2).

## Emissionsfaktoren

Bei der Verwendung geht man von einer vollständigen Emission innerhalb von 2 Jahren aus. Bei den HFE wird von einem Emissionsfaktor von 100 % ausgegangen.

## Aktivitätsdaten

Die Verbrauchsangaben für den HFKW-4310mee basieren auf den Verkaufsdaten eines autorisierten Händlers. Die verwendeten Mengen des HFKW-245fa, des HFKW-365mfc und C<sub>6</sub>F<sub>14</sub> sowie der HFE basieren auf Aussagen von Industrieexperten. Da die Daten vertraulich sind, werden sie unter CRF 2.H berichtet.

### 4.7.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.F.5)

Die Unsicherheiten für die Unterkategorie *Lösemittel* wurden vollständig erfasst.

### 4.7.5.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.F.5)

Rückrechnungen sind nicht durchgeführt worden.

### 4.7.5.5 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.F.5)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.7.6 Andere Anwendungen, die ODS Ersatzstoffe verwenden (2.F.6)

Deutschland berichtet keine Emissionen in dieser Kategorie.

### 4.7.7 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.F.alle)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

Die Daten für das aktuelle Berichtsjahr wurden, wie bereits für die meisten Vorjahre, im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Auftrag des Umweltbundesamtes durch einen externen Experten erhoben.

Die Qualitätssicherung erfolgt im Wesentlichen durch den externen Experten. Darüber hinaus werden die Daten durch die Fachbegleiter des UBA bei Abnahme geprüft.

Der gesamte Sektor der F-Gas Emissionen wurde im Jahr 2011 einer freiwilligen trilateralen Überprüfung unterzogen. Experten aus England, Deutschland und Österreich überprüften die F-Gas Inventare der anderen Länder. Das Ziel der Überprüfung war der Informationsaustausch über die länderspezifischen Methoden der Erstellung der F-Gas Inventare, ein Einblick in die institutionellen und rechtlichen Regelungen für die F-Gas Inventare in jedem Land, die Identifizierung der Hindernisse zur Erstellung von vollständigen und exakten Inventaren und

die Diskussion der Unterschiede und Ähnlichkeiten in den Methoden, die zur Erstellung der F-Gas Inventare verwendet werden. Das Treffen hat allen drei Ländern geholfen, die verwendeten Methoden zur Emissionsberechnung zu überprüfen. Weiterhin konnten die Transparenz, die Vollständigkeit und die Genauigkeit der Inventare bewertet werden. Das positive Ergebnis war, dass Deutschland ein gutes F-Gase-Inventar hat. Im Ergebnis wurden keine Empfehlungen für Verbesserungen des deutschen F-Gase-Inventars ausgesprochen.

#### 4.8 Sonstige Produktherstellung und -verwendung (2.G)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	2.G. Other product manufacture and use		SF <sub>6</sub>	6.072,2	0,50%	3.227,3	0,36%	-46,9%
-/T	2.G. Other product manufacture and use	includes 2.B.10. Other N-dodecanedioic acid	N <sub>2</sub> O	2.029,5	0,17%	376,4	0,04%	-81,5%
-/-	2.G. Other product manufacture and use		CH <sub>4</sub>	4,5	0,00%	35,4	0,00%	681,2%
-/-	2.G. Other product manufacture and use		HFC's	0,0	0,00%	8,8	0,00%	---
-/-	2.G. Other product manufacture and use		PFC's	0,0	0,00%	0,0	0,00%	---

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, SF <sub>6</sub> , PFC, HFC	s. Tabelle 205	s. Tabelle 205	s. Tabelle 205

Die Kategorie *Sonstige Produktherstellung und –verwendung* ist für SF<sub>6</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend und für N<sub>2</sub>O-Emissionen nur nach dem Trend.

Zu der Quellgruppe 2.G gehören SF<sub>6</sub> aus elektrischen Betriebsmitteln (2.G.1), SF<sub>6</sub> und FKW aus sonstiger Produktverwendung (2.G.2), Verwendung von N<sub>2</sub>O (2.G.3) und Andere - ORC-Anlagen (2.G.4 ORC) sowie CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>-, N<sub>2</sub>O- und Staub-Emissionen aus der Anwendung von Holzkohle (2.G.4 Holzkohle). Zwecks genauerer Datenerhebung erfolgt im Folgenden z.T. eine weitere Unterteilung dieser Unterquellgruppen.

Die der Emissionsberechnung zugrunde liegenden Methoden, Emissionsfaktoren und Lebensdauern finden sich in Tabelle 198.

Tabelle 205: Überblick über Methoden und verwendete Emissionsfaktoren für das aktuelle Berichtsjahr in den Kategorien 2.G.1 (Elektrische Betriebsmittel), 2.G.2 (SF<sub>6</sub> und FKW aus sonstiger Produktverwendung) und 2.G.4 (ORC-Anlagen & Anwendung von Holzkohle)

	QG	Methode	Schadstoff			Lebensdauer [Jahre]	Emissionsfaktor (dimensionslos)		
			SF <sub>6</sub>	HFKW	FKW		Herstellung	Anwendung	Entsorgung
<b>Elektrische Betriebsmittel</b>	<b>2.G.1</b>								
Schaltanlagen	2.G.1a	Tier 3a	SF <sub>6</sub>				0,02 (CS)	0,001 – 0,01 (CS)	0,015 (CS)
<b>SF<sub>6</sub> und FKW aus sonstiger Produktverwendung</b>	<b>2.G.2</b>								
AWACS	2.G.2a	CS					NO	C	NO
Teilchenbeschleuniger	2.G.2b	CS	SF <sub>6</sub>				0,15 - 1 (CS)	0,006 – 0,003 (CS)	NO
Isolierglasfenster	2.G.2c	Equ. 3.24 ff						0,33 (D)	0,01 (D)
Adiabatisches Verhalten	2.G.2d								
- Autoreifen		Equ. 3.23	SF <sub>6</sub>				NO	NO	1 (D)
- Sportschuhe		Equ. 3.23	SF <sub>6</sub>		FKW		NO	NO	1 (D)
Sonstige	2.G.2e								
- Spurengas		Equ. 3.22	SF <sub>6</sub>				NO	1 (D)	NO
- Schweißen		CS	SF <sub>6</sub>				NO	1 (CS)	NO
- Optische Glasfasern		CS	SF <sub>6</sub>				0,7 (CS)	NO	NO
- Medizin- und Kosmetik		CS			FKW	-	NO	1 (CS) 0,95 – 0,998 (CS)	NO
Halbleiterherstellung		D					C		
Narkotikaanwendung		D						1	
Sprengstoffanwendung		D						0,1036 kg/t	
Sprühdosen		D						1	
<b>Andere</b>	<b>2.G.4</b>								
ORC-Anlagen	2.G.4a	CS		HFKW	FKW	20 – 30 (CS)	0,02 (CS)	0,04 (CS)	0,2 (CS)
Anwendung von Holzkohle	2.G.4b	Tier 1	CO <sub>2</sub> -, CH <sub>4</sub> -, N <sub>2</sub> O- und Staub				C	C	

#### 4.8.1 Elektrische Betriebsmittel (2.G.1)

Diese Kategorie umfasst die Anwendungen der elektrischen Betriebsmittel (2.G.1), die sich in Hochspannungs (HS)- und Mittelspannungs (MS)- sowie sonstigen elektrischen Betriebsmitteln unterteilen.

##### 4.8.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.1)

In der elektrischen Energieübertragung und -verteilung findet SF<sub>6</sub> als Lösch- und auch als Isoliermittel anstelle von Luft vor allem in Schaltanlagen und Schaltgeräten der Hochspannung (52-380 kV) und zunehmend auch in der Mittelspannung (10-52 kV) Verwendung. Außerdem wird es noch bei der Herstellung von Komponenten eingesetzt, die entweder in gasisolierten Innenraum-Schaltanlagen eingebaut werden (Wandler, Durchführungen) oder direkt zu Betreibern gelangen (HS-Freiluftwandler).

Durch die erstmalige Erfassung weiterer SF<sub>6</sub>-Anwendungen im Berichtsjahr 2002 kam es in der Zeitreihe im Jahr 2002 zu einem sprunghaften Anstieg der Emissionen. Im Berichtsjahr 2005 wurden neue Unternehmen in die Berichterstattung aufgenommen, insbesondere in der neuen Kategorie „Sonstige elektrische Betriebsmittel“. Konjunkturell bedingt wurden 2005 und 2006 mehr Anlagen verkauft. Dennoch fallen insgesamt die absoluten Emissionen aufgrund deutlicher Reduzierungen im Bereich der „anderen“ Betriebsmittel und durch erneut geringere Emissionsraten bei den Schaltanlagen. Die Industrie, vertreten durch die Hersteller- und

Betreiberverbände sowie dem SF<sub>6</sub> Produzenten, hat sich 1996 zur Emissionsminimierung in allen Lebenszyklen von Schaltanlagen sowie zu einer jährlichen Berichterstattung verpflichtet. Im Jahre 2005 wurde diese Selbstverpflichtung in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt und dem Umweltministerium auf weitere Anwendungen im Bereich der Energieübertragung und -verteilung über 1 kV ausgedehnt und um konkrete Reduktionsziele ergänzt. Die freiwillige Berichterstattung wurde entsprechend ergänzt und verfeinert. In den nachfolgenden Jahren wurde seitens der Hersteller und des Gasproduzenten weiter in Minderungsmaßnahmen investiert, bei Durchführungen konnten in Teilbereichen SF<sub>6</sub> Schäume substituiert werden. Dadurch konnten, bei weiter steigender Produktion, die spezifischen Emissionsraten und auch die absoluten Emissionen weiter gesenkt werden.

#### 4.8.1.2 Methodische Aspekte (2.G.1)

Die Emissionsangaben basieren im Wesentlichen auf einer Massenbilanz, zunehmend kombiniert mit Emissionsfaktoren für Teilbereiche, in denen Massenbilanzierung an messtechnische Grenzen stößt bzw. mit einem unangemessenen Aufwand verbunden wäre.

Die angewendete Methodik basiert auf den neuen „2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; Volume 3“, Kapitel 8. Näheres siehe „Tier 3, Hybrid Life-Cycle Approach“ (Hybride Methode nach Lebenszyklen) im Unterkapitel 8.2.

#### Anwendungsemissionen

Laufende Bestandsemissionen beziehen sich auf den seit 1970 durch jährliche Zugänge in Schaltanlagen akkumulierten SF<sub>6</sub>-Bestand, der im Mittel des Jahres n besteht.

Der SF<sub>6</sub>-Endbestand in der Gesamtheit der elektrischen Betriebsmittel eines bestimmten Jahres n verändert sich jährlich um den Saldo aus Zugang und Abgang. Vereinzelt Abgänge (Hochspannung) werden seit 1997 registriert; ein verstärktes Ausscheiden von Hochspannungsschaltanlagen und -geräten der ersten Generation ist bei einer auf mindestens 40 Jahre geschätzten Lebensdauer erst nach 2015 zu erwarten.

Drei Besonderheiten sind bei der Berichterstattung zu Schaltanlagen zu beachten:

- Die Berechnung des Endbestandes für jedes Jahr n basiert zwar jeweils auf dem Endbestand des Vorjahres (n-1), jedoch nicht bis zum allerersten Einsatzjahr. Dieses sonst übliche Verfahren entfällt bei Schaltanlagen, weil die Betreiber/Hersteller den SF<sub>6</sub>-Bestand für 1995 abgeschätzt haben, und zwar getrennt für Hoch- und Mittelspannung (770 t bzw. 157,6 t).
- Bestands- und Emissionsermittlung erfolgen in der Hochspannung durch regelmäßige Direkterhebungen bei den ca. 100 Betreibern. Diese werden unmittelbar nach ihrem aktuellen Bestand an SF<sub>6</sub> in Betriebsmitteln (GIS, Leistungsschalter, Freiluftwandler) befragt. Auf diese Bestandsdaten werden Emissionsfaktoren angewendet, die anhand von Referenzanlagen bestimmt worden sind.

- Mittelspannungs-Schaltanlagen haben sehr zahlreiche und zugleich sehr heterogene Betreiber. Direktbefragungen scheiden daher aus. Die Hersteller der Mittelspannungsanlagen haben es selbst übernommen, auf Basis ihrer Verkaufsdaten den inländischen Bestand fortzuschreiben. Die Emissionsermittlung ist dadurch möglich, dass die Anlagen praktisch wartungsfrei sind und per Definition (IEC 62271-1) während der gesamten Lebensdauer keine Nachfüllung benötigen. Die Emissionen sind minimal (meist nur infolge äußerer Einwirkungen) und können durch einen pauschalen Emissionsfaktor (Expertenbefragung) abgedeckt werden: Die Emissionsrate wird seit 1998 mit konstanten 0,1 % angesetzt, da seit Mitte der 90er Jahre praktisch nur noch Anlagen zum inländischen Bestand gelangen, die als "sealed for life" (hermetisch abgeschlossene Drucksysteme nach IEC) gelten. In der Selbstverpflichtung 2005 haben sich zudem die Betreiber verpflichtet, nur noch solche Anlagen einzusetzen. Wenige ältere Anlagen mit Emissionsraten höher als 0,1 % verlieren dadurch an Gewicht. Die Berechnung des Bestandes basiert auf dem Bestand des Vorjahres zuzüglich Neulieferungen und abzüglich Außerbetriebnahmen.

### Entsorgungsemissionen

Wegen der langen Lebensdauer von Schaltanlagen (40 Jahre) und dem Ersteinsatz von SF<sub>6</sub> Ende der 60er Jahre kam es bis 2004 nur zu geringen Entsorgungsemissionen. Aus Altanlagen (Hoch- und Mittelspannung) zur Entsorgung anstehende SF<sub>6</sub>-Mengen (AR) wurden daher bis 2004 nur grob geschätzt (auf konstante 3 t/a). Ab dem Berichtsjahr 2005 wurden die Entsorgungsmengen von den Verbänden aus dem Anlagenrückbau erstmals präzise ermittelt. Dies gilt auch für die Emissionen aus der Entsorgung, die vor 2005 mit 0,06 t abgeschätzt wurden.

### Aktivitätsdaten

Im Rahmen der Selbstverpflichtung wird der Jahresverbrauch der Hersteller aller Betriebsmittel sowie der Bestand von Mittelspannungsschaltanlagen vom ZVEI, der Bestand von Hochspannungsschaltanlagen, Freiluftwandlern, gasisolierten Leitungen und Transformatoren vom Forum Netztechnik/Netzbetrieb (FNN) im Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. (VDE) und seit 2004 vom Verband der industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK) dem Umweltbundesamt übermittelt. Die Außerbetriebnahmemengen ermitteln die Teilnehmer der Selbstverpflichtung gemeinsam.

In Tabelle 206 sind die Inventardaten für das aktuelle Jahr in Unterkategorien aufgeführt und erläutert. Die Summe der elektrischen Betriebsmittel der Energieübertragung und -verteilung deckt sich mit den Daten in Tabelle 2 (II)F, Blatt 2, Kategorie 2.G.1 im CRF.

Tabelle 206: Inventardaten 2014 der Kategorie 2.G.1 mit Unterkategorien

Kategorie 2.G.1.: Elektrische Betriebsmittel der Energieübertragung und -verteilung	Aktivitätsdaten			Emissionen	
	Jahresverbrauch Herstellung	Bestand	Außer Betrieb genommen (Tonnen SF <sub>6</sub> )	Herstellung	Betrieb
Elektrische Betriebsmittel der Energieübertragung und -verteilung 2.G.1 (Summe), darin:	717	2376	4,0	10,6	6,3
MS Schaltanlagen und -geräte *	156	1077	0,8	0,6	1,0
HS Schaltanlagen und -geräte**	485	1064	3,1	2,4	4,6
Sonstige Elektrische Betriebsmittel ***	75	234	IE	7,7	0,6

IE=in HS Schaltanlagen enthalten; marginal

#### Erläuterungen

- \* hermetisch abgeschlossene Drucksysteme nach IEC 62271-1 über 1kV bis einschließlich 52 kV; auch „Sealed for life“ genannt
- \*\* Geschlossene Drucksysteme nach IEC 62271-1 über 52 kV
- \*\*\* Gasisolierte Transformatoren: marginaler Restbestand im Netz; (keine Herstellungsemissionen) + Hochspannungs-Freiluftmesswandler (alle Emissionskategorien) + Gasisolierte Leitungen-GIL- (alle Emissionskategorien) + Hochspannungsdurchführungen (nur Herstellungsemissionen) + Mittelspannungs-Gießharzmesswandler (nur Herstellungsemissionen) + Prüfung von Mittelspannungskomponenten (nur Herstelleremissionen) + Kondensatoren 1000V (nur Herstellungsemissionen)

#### 4.8.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.G.1)

Da es nur ca. zehn verschiedene Hersteller der Betriebsmittel (einschließlich Durchführungen und Wandler) gibt, sind die Verbrauchsdaten, die Angaben zu Neulieferungen und Außerbetriebnahmen sehr sicher, zumal eine interne Buchführung dahintersteht und die Füllmengen mit hoher Präzision ermittelt und auf den Typenschildern dokumentiert werden. Die Ungenauigkeit liegt hier im Bereich von  $\pm 5\%$ .

Bei den Emissionen ist die Erfassung schwieriger, da in den Betrieben mehrere Emissionsquellen vorhanden sind, die für sich genommen mitunter recht klein sind. Gasverluste entstehen beim Befüllen von Geräten, beim Testen, beim Öffnen von Ausschuss, in der Entwicklungsabteilung usw. Allerdings gehen mittlerweile alle inländischen Werke nach einem einheitlichen Fragebogen vor, der sämtliche möglichen Emissionsquellen nennt und der im Rahmen der Erhebung auf seine Richtigkeit geprüft wird. Aus diesem Grund und der geringen Anzahl an Herstellern (s.o.) hängt die Exaktheit der Erhebung letztlich von der Messgenauigkeit ab. Diese bewegt sich im Bereich von  $\pm 10\%$  der Abschätzungen.

Die Emissionen aus dem Betrieb in der Hochspannung werden von ausgewählten Betreibern mit Referenzanlagen über die jährlichen Nachfüllungen ermittelt (Nachfüllungen erfolgen bei Unterschreitung von 90 % des Soll-Füllstandes, was in der Regel vom Gerät selbst angezeigt wird). Diese Methode ist als sehr sicher zu bewerten, d.h. die Abweichungen vom wahren Wert betragen etwa  $\pm 5\%$ . Alle bisherigen Erhebungen führten zu nahe beieinander liegenden Größenordnungen für die Emissionsraten, die zwischen 0,55 und 0,88 % betragen. Die einmalige Spitze bei der Emissionsrate von Hochspannungs- Schaltanlagen in 2004 erklärt sich aus Sonderereignissen; im Wesentlichen dem zeitgleichen Nachfüllen von alten, weniger dichten Anlagen älterer Bauart.

Beim HS-Bestand und damit auch bei den Emissionen, die sich beide seit 1995 grundsätzlich erhöhen, gibt es im Jahr 2000 einen Rückgang gegenüber dem Vorjahr um über 25 t beim Bestand (und 0,85 t bei den Emissionen). Dieser Rückgang, der auf HS-GIS (600 zu 567 t) zurückgeht, ist nicht durch Abgänge durch Außerbetriebnahme zu erklären, da diese noch keine nennenswerte Rolle spielen. Dem Verband der Netzbetreiber (VDN) zufolge, der die Erhebungen damals durchführte, steckt dahinter sowohl ein statistisches als auch organisatorisches Problem. Ende der 90er Jahre fanden im Zuge der Liberalisierung des Strommarktes bei den Betreibern tiefgehende Umgruppierungen (durch Fusionen und Eigentumswechsel von Unternehmensteilen) statt, so dass die personellen Zuständigkeiten für den Betriebsmittelbestand immer wieder wechselten. So sind Doppelzählungen im Jahr 1999 nicht auszuschließen, ebenso wie nicht erfasste Betriebsmittel im Jahr 2000. Aufgrund der Erfahrungen der letzten Jahre kann aber heute von einer Ungenauigkeit in der Größenordnung von  $\pm 5\%$  beim HS-Bestand ausgegangen werden.

Die Emissionsrate 0,1 % in der Mittelspannung ist für hermetisch abgeschlossene Drucksysteme nach IEC üblich.

#### **4.8.1.4 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.1)**

Rückrechnungen sind nicht durchgeführt worden.

#### **4.8.1.5 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.1)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

Die Daten für das aktuelle Berichtsjahr wurden, wie bereits für die meisten Vorjahre, im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Auftrag des Umweltbundesamtes durch einen externen Experten erhoben.

Die Qualitätssicherung erfolgt im Wesentlichen durch den externen Experten. Darüber hinaus werden die Daten durch die Fachbegleiter des UBA bei Abnahme geprüft.

Der gesamte Sektor der F-Gas Emissionen wurde im Jahr 2011 einer freiwilligen trilateralen Überprüfung unterzogen. Experten aus England, Deutschland und Österreich überprüften die F-Gas Inventare der anderen Länder. Das Ziel der Überprüfung war der Informationsaustausch über die länderspezifischen Methoden der Erstellung der F-Gas Inventare, ein Einblick in die institutionellen und rechtlichen Regelungen für die F-Gas Inventare in jedem Land, die Identifizierung der Hindernisse zur Erstellung von vollständigen und exakten Inventaren und die Diskussion der Unterschiede und Ähnlichkeiten in den Methoden, die zur Erstellung der F-Gas Inventare verwendet werden. Das Treffen hat allen drei Ländern geholfen, die verwendeten Methoden zur Emissionsberechnung zu überprüfen. Weiterhin konnten die Transparenz, die Vollständigkeit und die Genauigkeit der Inventare bewertet werden. Das positive Ergebnis war, dass Deutschland ein gutes F-Gase-Inventar hat. Im Ergebnis wurden keine Empfehlungen für Verbesserungen des deutschen F-Gase-Inventars ausgesprochen.

#### 4.8.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.G.1)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### 4.8.2 SF<sub>6</sub> und FKW aus sonstiger Produktverwendung (2.G.2)

Diese Kategorie umfasst die Anwendungen *Militär-AWACs* (2.G.2.a), *Teilchenbeschleuniger* (2.G.2.b), *Isolierglasfenster* (2.G.2.c), *Adiabatisches Verhalten: Autoreifen* und *Sportschuhe* (2.G.2.d), Sonstige: *Spurengas*, *Schweißen*, *Optische Glasfasern* sowie medizinische und kosmetische Anwendungen (2.G.2.e).

##### 4.8.2.1 Militär - AWACS Wartung (2.G.2.a)

###### 4.8.2.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.2a)

SF<sub>6</sub> wird in den großen militärischen Aufklärungsflugzeugen vom Typ Boing E-3A (ehemals AWACS) als Isolationsmedium für das Radar eingesetzt. Es soll elektrische Überschlüge in den Hohlleitern zur Antenne verhindern, in denen hohe Spannungen von über 135 kV herrschen. Die laufenden Emissionen sind relativ hoch, da bei Aufstieg des Flugzeugs SF<sub>6</sub> zum Druckausgleich abgelassen wird.

###### 4.8.2.1.2 Methodische Aspekte (2.G.2.a)

Die Emissionsangaben basieren auf Angaben zu Einkaufsmengen zur Befüllung und Nachfüllung der NAEWF-Flotte der NATO, die mit Angaben des Gasehandels abgeglichen werden. Die Emissionsangaben für die Berichtsjahre bis 2001 basieren auf Schätzungen, die als Grundlage eine Erhebung im Jahr 1996 haben. Daher sind die Emissionsdaten der Jahre 1997 bis 2001 ungenau. Für das Berichtsjahr 2002 wurden die Verbrauchsmengen neu erhoben, was zu einer signifikanten Erhöhung gegenüber dem Berichtsjahr 2001 führte.

Der SF<sub>6</sub>-Jahresbedarf der NAEWF wird von Experten als konstant angesehen.

Daten zur AWACS-Wartung werden unter CRF 2.H.3 berichtet, da diese Daten der Vertraulichkeit unterliegen.

##### 4.8.2.2 Teilchenbeschleuniger (2.G.2.b)

###### 4.8.2.2.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.2.b)

SF<sub>6</sub> wird bei Teilchenbeschleunigern als Isolatorgas eingesetzt. Hochspannungsgeräte (0,3 bis über 23 MV) werden an Hochschulinstiuten, Forschungsgemeinschaften und in der Industrie eingesetzt. In der Industrie kommen außerdem Niedrig-Energie-Geräte mit weniger als 0,3 MV zum Einsatz. Eine weitere Kategorie stellen Strahlentherapie-Geräte in medizinischen Einrichtungen dar.

###### 4.8.2.2.2 Methodische Aspekte (2.G.2.b)

Anfang 2004 führte Öko-Recherche für das Umweltbundesamt eine Totalerhebung zu inländischen Teilchenbeschleunigern durch, um die teilweise bis auf 1996 zurückreichenden

Daten zu aktualisieren. Dabei wurden sowohl Anwender als auch Hersteller befragt. Inhalt der Fragen waren sowohl die SF<sub>6</sub>-Mengen in ihren Geräten als auch die SF<sub>6</sub>-Nachfüllungen während der letzten sieben Jahre.

Das ZSE übernimmt die Gliederung dieser Erhebung und enthält für alle fünf Kategorien den jährlichen SF<sub>6</sub>-Bestand und den jährlichen Ersatz für Emissionen. Letztere schließen außer den laufenden auch die - geringfügigen – Befüll- und Entsorgungsverluste ein.

Für das Berichtsjahr 2011 wurde nochmals eine Totalerhebung durchgeführt. Erstmals wurden Daten für Elektronenmikroskope gesammelt. (Öko-Recherche 2013)

#### **4.8.2.3 Isolierglasfenster (2.G.2.c)**

##### **4.8.2.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.2.c)**

SF<sub>6</sub> wird seit 1975 zur Erhöhung der Schalldämmung bei Mehrscheiben-Isolierglas in den Scheibenzwischenraum gefüllt. Nachteilig bei der Anwendung sind die schlechtere Wärmedämmleistung und das hohe Treibhauspotenzial von SF<sub>6</sub>. Die Verschiebung der Priorität in Richtung Wärmeschutz, z. B. durch die Wärmeschutzverordnung und ein Bedeutungszuwachs SF<sub>6</sub>-freier Scheibentechnologien hat dazu geführt, dass der Einsatz von SF<sub>6</sub> in dieser Anwendung seit Mitte der 90er Jahre zurückgeht.

Schallschutzscheiben wurden in Deutschland in zahlreichen Betrieben hergestellt und mit Gas befüllt. Der Export fertiger Scheiben spielt keine nennenswerte Rolle.

Seit dem 4. Juli 2007 gilt in der EU ein Verbot für das Inverkehrbringen von Fenstern für Wohnhäuser, die mit fluorierten Treibhausgasen befüllt wurden. Ab dem 4. Juli 2008 gilt dieses Verbot auch für sonstige Fenster. Heutige und künftige Emissionen dieser Kategorie stammen daher vorwiegend aus der offenen Entsorgung alter Fensterscheiben, die im Mittel 25 Jahre nach der Befüllung angenommen wird. Aus diesem Grund werden die Gesamtemissionen bis zum Jahr 2020 weiter zunehmen.

##### **4.8.2.3.2 Methodische Aspekte (2.G.2.c)**

Emissionen treten bei der Befüllung der Scheibenzwischenräume durch Überfüllung, (Herstellungsemissionen), während des Gebrauchs (Anwendungsemissionen) und bei der Entsorgung (Entsorgungsemissionen) auf. Die Emissionen werden analog den Gleichungen 3.24 – 3.26 der IPCC-GPG (2000) mittels des Inlandsneuverbrauchs, des mittleren Jahresbestands und des Restbestands vor 25 Jahren berechnet.

Die Zeitreihen für Schallschutzfenster beginnen im Jahr 1975, da für die Bestandsemissionen des Jahres 1995 die Befüllungsmengen des Jahres 1975 von Bedeutung sind. Diese mit Branchenexperten 1996 rekonstruierten Daten wurden erstmals im Jahr 2004 veröffentlicht.

#### **Emissionsfaktoren**

Vom SF<sub>6</sub>-Verbrauch entweicht laut Expertenangaben von Scheiben- und Gasfüllgeräteherstellern, Branchenexperten und eines wissenschaftlichen Instituts bei der Befüllung des Scheibenzwischenraums ein Drittel.  $EF_{\text{Herstellung}}$  ist daher 33 % bezogen auf den Jahres-Neuverbrauch.

Dieser Emissionsfaktor kommt folgendermaßen zustande: Sowohl bei Handgeräten als auch bei automatischen Gasfüllpressen sind Verwirbelungen im Innenraum unvermeidlich, so dass

nicht nur Restluft, sondern auch ein Luft-SF<sub>6</sub>-Gemisch austritt, und zwar umso mehr davon, je weiter fortgeschritten der Befüllungsvorgang ist. Der Gasverlust, die sog. Überfüllung, reicht von 20 bis 60 % der Einfüllmenge. Relativ ist er umso größer, je kleiner die Scheibe ist. Im Durchschnitt, d.h. über das gesamte Spektrum der befüllten Scheibenformate, beträgt die Überfüllung 50 % auf die tatsächlich im Scheibenzwischenraum verbleibende Menge. Das entspricht einem Drittel (33 %) der jeweiligen Verbrauchsmenge. Der Emissionsfaktor wird unverändert weiter genutzt, da sich die Befüllungstechnik oder auch das geometrische Spektrum der Scheiben nicht verändert hat.

Eine DIN-Norm (DIN EN 1279-3, DIN 2003) schreibt 10 Promille jährlichen Verlust der Gasfüllung durch die Randabdichtung der Scheibe als Obergrenze vor. Dieser Wert bezieht auch Gasverlust infolge von Glasbruch bei Transport, Einbau und Nutzung sowie der mit dem Alter zunehmenden Undichtheit des Randverbunds mit ein. Daraus resultiert ein Emissionsfaktor  $EF_{\text{Anwendung}}$  von 1 % bezogen auf den seit 1975 akkumulierten SF<sub>6</sub>-Bestand, der im Durchschnitt des Jahres  $n$  besteht.

Entsorgungsverluste fallen am Ende der Nutzungsphase der Scheiben an, durchschnittlich 25 Jahre nach der Befüllung. Darum sind erst ab dem Jahr 2000 Abgänge durch Entsorgung bei den Emissionen zu berücksichtigen.

Da die Scheiben in jedem Jahr 1 % Gas vom Vorjahreswert verlieren, wird bei der Entsorgung nur ein Teil der ursprünglichen Füllung emittiert. Da aber keine Rückgewinnung stattfindet, erfolgt eine 100%ige Emission ( $EF_{\text{Entsorgung}} = 1$ ).

## **Aktivitätsdaten**

Der Jahres-Neuverbrauch wurde mittels top-down-Erhebung gewonnen (Inlandsabsatz des Gasehandels).

### **4.8.2.4 Adiabatisch - Autoreifen (2.G.2.d)**

#### **4.8.2.4.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.2.d)**

Autoreifen wurden aus Imagegründen (die verbesserte Druckkonstanz ist nicht praxisrelevant) ab 1984 mit SF<sub>6</sub> befüllt. Der größte Verbrauch lag im Jahr 1995. Hier bestand bei über 500 der rund 3500 Verkaufsstellen des deutschen Reifenfachhandels die Möglichkeit, die Reifen mit SF<sub>6</sub>-Gas zu befüllen. Wegen des großen Treibhauspotenzials von SF<sub>6</sub> stiegen viele Reifenhändler auf Stickstoff als Befüllungsalternative um, was zu einem deutlichen Rückgang geführt hat. Seit dem 4. Juli 2007 gilt in der EU ein Verbot für das Inverkehrbringen von neuen Autoreifen, die mit fluorierten Treibhausgasen befüllt wurden. Es finden keine Emissionen mehr statt.

#### **4.8.2.4.2 Methodische Aspekte (2.G.2.d)**

Gasemissionen während der Reifenlaufzeit werden zur Vereinfachung nicht berücksichtigt, so dass nur Emissionen bei der Reifendemontage auftreten. Bei einer kalkulierten Laufzeit von ca. 3 Jahren folgen die Emissionen dem inländischen Verbrauch zur Befüllung, da es keinen Außenhandel mit befüllten Reifen gibt, dreijährig Zeit versetzt (ÖKO-RECHERCHE, 1996). Zur Berechnung der Emissionen wird die Gleichung 8.9 der 2006 IPCC-Guidelines (Vol. 3) angewendet.

## Emissionsfaktoren

Die sehr geringen Verluste bei der Reifenbefüllung werden nicht berücksichtigt. Da SF<sub>6</sub> bei der Reifendemontage vollständig entweicht, gilt  $EF_{\text{Entsorgung}} = 1$ .

### Aktivitätsdaten

Die jährlichen Verbrauchsmengen wurden durch Abfragen der Inlandsabsätze der Gaslieferanten an Reifenhändler und Kfz-Werkstätten durch das Statistische Bundesamt ermittelt.

#### 4.8.2.5 Adiabatisches Verhalten - Sportschuhe (2.G.2.d)

##### 4.8.2.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.2.d)

Der Einsatz von SF<sub>6</sub> erfolgte in den Sohlen von Sportschuhen zur Verbesserung der Dämpfung; das letzte Mal europaweit im Jahr 2003. Ab 2004 wurde FKW-218 (C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>) eingesetzt, letztmals im Jahr 2006. Heute wird größtenteils Stickstoff verwendet. Das Inverkehrbringen von mit fluorierten Treibhausgasen hergestellter Fußbekleidung in die EU ist seit dem 4. Juli 2006 verboten. Es finden keine Emissionen mehr statt.

##### 4.8.2.5.2 Methodische Aspekte (2.G.2.d)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt über Gleichung 8.9 der IPCC-Guidelines (2006). Fertigungsemissionen fallen nur im Ausland an, laufende Emissionen werden nicht ermittelt. Wegen der Vertraulichkeitszusage werden die Daten zu Sportschuhsohlen unter CRF 2.H.3 berichtet.

## Emissionsfaktoren

Emissionen bei der Produktion werden von den Herstellern nicht berichtet.

Während der Anwendung wird keine Emission angenommen.

Bei der Entsorgung können die Emissionen den eingesetzten Mengen gleichgesetzt werden ( $EF_{\text{Entsorgung}} = 1$ ), wobei analog zur IPCC-Methode bei Autoreifen eine Zeitverzögerung von drei Jahren angenommen wird.

### Aktivitätsdaten

Die Füllmengen beruhen auf europaweiten Verkaufszahlen der Hersteller. Diese Angaben werden auf Deutschland über die Bevölkerungszahl als Kriterium herunter gerechnet. Die Daten liegen dem Umweltbundesamt seit dem Berichtsjahr 2001 vor, werden aber aus Gründen der Vertraulichkeit nur in aggregierter Form unter CRF 2.H.3 berichtet.

#### 4.8.2.6 Sonstige: Spurengas (2.G.2.e)

##### 4.8.2.6.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.2.e)

Als stabiles und auch in extrem geringer Konzentration gut nachweisbares Spurengas wird SF<sub>6</sub> von Forschungseinrichtungen für die Untersuchung bodennaher und atmosphärischer Luftströmungen und Gasausbreitungen sowie von Wasserströmungen eingesetzt.

Ab dem Berichtsjahr 2007 wurde SF<sub>6</sub> als Spurengas gegenüber den Vorjahren deutlich weniger eingesetzt.

#### **4.8.2.6.2      *Methodische Aspekte (2.G.2.e)***

Die verwendeten Mengen wurden von Experten geschätzt.

#### **Emissionsfaktoren**

Es wird von einer offenen Anwendung ausgegangen, d.h. der jährliche Neueinsatz emittiert vollständig im selben Jahr und wird als Verbrauch zur Fertigung ( $EF_{\text{Herstellung}} = 1$ ) betrachtet. Eine Rückgewinnung erfolgt nicht.

#### **Aktivitätsdaten**

Die Einschätzung des inländischen Gesamteinsatzes erfolgte 1996 durch die Experten aller Forschungseinrichtungen und dann jeweils im Abstand von 3 Jahren durch einen Experten. Die Einschätzungen zeigten nur geringe Variationen der Einsatzmengen.

#### **4.8.2.7      *Sonstige: Schweißen (2.G.2.e)***

##### **4.8.2.7.1      *Beschreibung der Kategorie (2.G.2.e)***

Nach Angaben von Gaslieferanten begann die Verwendung von SF<sub>6</sub> beim Schweißen im Jahr 2001. SF<sub>6</sub> wird als Schutzgas beim Schweißen von Metall eingesetzt. Da es nur einen Anwender in Deutschland gibt, unterliegen die Daten der Vertraulichkeit.

##### **4.8.2.7.2      *Methodische Aspekte (2.G.2.e)***

Wegen der Datenvertraulichkeit werden Verbrauch und Emissionen beim Schweißen unter CRF 2.H.3 berichtet.

#### **Emissionsfaktoren**

Es stehen keine verlässlichen Daten über den Zerfall von SF<sub>6</sub> während der Anwendung zur Verfügung. Nach Expertenschätzung emittiert die eingesetzte SF<sub>6</sub>-Menge bei der Anwendung vollständig in die Atmosphäre. Daher werden Verbrauch und Emissionen beim Schweißen gleichgesetzt. Für den Emissionsfaktor beim Schweißen gilt  $EF_{\text{Anwendung}} = 1$ .

#### **Aktivitätsdaten**

Die jährlichen Verbrauchsmengen werden durch Abfrage bei der Firma erfragt, die SF<sub>6</sub> zum Schweißen verwendet.

#### **4.8.2.8      *Sonstige: Optische Glasfasern (2.G.2.e)***

##### **4.8.2.8.1      *Beschreibung der Kategorie (2.G.2.e)***

Die Verwendung von SF<sub>6</sub> bei der Herstellung optischer Glasfasern begann im Jahr 2002. SF<sub>6</sub> wird bei der Herstellung optischer Glasfaserkabel zur Fluordotierung eingesetzt. Es gibt in Deutschland zahlreiche Produktionsbetriebe.

#### 4.8.2.8.2 *Methodische Aspekte (2.G.2.e)*

Emissionen treten bei der Produktion der optischen Glasfaserkabel auf.

#### **Emissionsfaktoren**

Die 2006 IPCC Guidelines<sup>75</sup> enthalten keine Informationen über die Verwendung von SF<sub>6</sub> bei der Produktion optischer Glasfasern. Laut Expertenangaben entweichen 70 % der eingesetzten SF<sub>6</sub>-Menge. Daher gilt für den Emissionsfaktor  $EF_{\text{Herstellung}} = 0,7$ .

#### **Aktivitätsdaten**

Die jährlichen Verbrauchsmengen werden durch Abfragen der Inlandsabsätze der Gaslieferanten durch das Statistische Bundesamt erhoben.

#### 4.8.2.9 **Sonstige: Medizinische und kosmetische Anwendungen (2.G.2.e)**

##### 4.8.2.9.1 *Beschreibung der Kategorie (2.G.2.e)*

In Deutschland werden fluorierte Treibhausgase nicht nur in medizinischen Dosieraerosolen (Quellgruppe 2.F.4) eingesetzt, sondern auch in verschiedenen medizinischen bzw. kosmetischen Anwendungen.

Perfluordecalin (C<sub>10</sub>F<sub>18</sub>, FKW-9-1-18) wird seit dem Jahr 2000 als Reinstoff in der Augenheilkunde und in der Forschung verwendet. In der Augenheilkunde wird Perfluordecalin in der Netzhautchirurgie innerhalb des Auges angewendet, insbesondere bei Netzhautablösungen, Netzhautrissen, Glaskörperproliferationen etc. In deutlich geringeren Mengen kommt Perfluordecalin in der Forschung zur Organkonservierung während Transplantationen, als Kontrastmittel in diagnostischen Abbildungstechniken (Magnetresonanztomographie, Ultraschall) und als Sauerstoffträger bei der Zellkultivierung zum Einsatz.

Perfluordecalin wird seit dem Jahr 2012 auch als Inhaltsstoff in Kosmetikprodukten (Hautpflege, Nagelpflege), in denen es als Träger- bzw. Speichermedium für Sauerstoff genutzt wird, verwendet. Die Einsatzkonzentration von Perfluordecalin in diesen Produkten beträgt laut Herstellerangaben 0,1 %.

Hydrofluorether (HFE) sind in Deutschland die Standard-Narkosegase für inhalative Anästhesien und werden bei etwa 9 Millionen Operationen jährlich eingesetzt. Der hydrofluorchlorierte Ether Isofluran (HCFE-235da2, CHF<sub>2</sub>-O-CHCl-CF<sub>3</sub>) kommt bereits seit dem Jahr 1985 zum Einsatz. Desfluran (HFE-236ea2, CHF<sub>2</sub>-O-CHF-CF<sub>3</sub>) und Sevofluran (HFE-347mmz1, CH<sub>2</sub>F-O-CH(CF<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) sind seit 1995 in Gebrauch und haben gegenwärtig einen Marktanteil von zusammen etwa 90 %. Die Hydrofluorether werden bei der Anwendung mit speziellen Vorrichtungen verdampft und in Konzentrationen von 1 % bis 6 % in einem Trägergas, das aus Sauerstoff und Lachgas (N<sub>2</sub>O) besteht, verabreicht. Pro Operation werden durchschnittlich 8,2 g Isofluran, 32,6 g Desfluran bzw. 11,4 g Sevofluran eingesetzt. Die Verwendungsmengen der bei den Operationen verwendeten Hydrofluorether sind unterschiedlich, da die Konzentrationen der Narkosegase in der zugeführten Atemluft bzw. dem Trägergas stark differieren, um ihre Wirksamkeit zu gewährleisten.

---

<sup>75</sup> IPCC GL 2006: Vol. 6, Ch. 6: Electronics Industry

Medizinische und kosmetische Anwendungen von FKW werden entsprechend des Vorschlags der 2006 IPCC Guidelines in der Quellgruppe 2.G.2 eingeordnet.

#### **4.8.2.9.2 Methodische Aspekte (2.G.2.e)**

Perfluordecalin emittiert vollständig bei der Anwendung als Reinstoff in der Augenheilkunde und in der Forschung. Das in Kosmetikprodukten enthaltene Perfluordecalin emittiert ebenfalls vollständig während der Anwendung ( $EF_{\text{Anwendung}} = 1$ ).

Die als Inhalationsnarkotika verwendeten Hydrofluorether werden während der Operationen gesammelt und zentral in die Atmosphäre abgeleitet. Die verschiedenen Hydrofluorether werden bei den Operationen jedoch nicht unverändert wieder ausgeatmet, sondern teilweise und in unterschiedlichem Maße im Organismus metabolisiert. Die gasspezifischen Emissionsfaktoren haben jeweils Werte von 100 % abzüglich der Metabolisierungsrate.

Herstellungsemissionen bei medizinischen bzw. kosmetischen Anwendungen treten nicht auf, da keine Produkte in Deutschland produziert werden.

Anwendungsemissionen werden über die als Bulkware und in Kosmetikprodukten verkauften Mengen an Perfluordecalin mit Gleichung 2 berechnet. Dabei wird entgegen der in den 2006 IPCC Guidelines vorgeschlagenen Methode zur Berechnung der „prompten Emissionen“ (Gleichung 8.23) davon ausgegangen, dass die in einem Jahr verkauften Mengen vollständig im gleichen Jahr emittieren und nicht die Summe der halben Käufe (Verkäufe) des vorherigen Jahres und des aktuellen Jahres. Diese Vorgehensweise ist vertretbar, da die Zeitspanne zwischen Verkauf und Anwendung sehr kurz ist.

Anwendungsemissionen von den als Narkosegasen eingesetzten Hydrofluorethern errechnen sich mit Gleichung 2 über die in Deutschland verwendeten Mengen. Die 2006 IPCC Guidelines machen keine Vorgaben zur Berechnung der Emissionen.

Da Perfluordecalin und die Hydrofluorether bereits vollständig bei ihrer Anwendung emittieren, müssen keine Entsorgungsemissionen berichtet werden.

Wegen der Datenvertraulichkeit werden Verbrauch und Emissionen von Perfluordecalin unter CRF 2.H.3 berichtet.

Die Emissionen der nicht berichtspflichtigen Hydrofluorether werden gemäß den Empfehlungen der UNFCCC Reporting Guidelines 2014 (FCCC/CP/2013/10/Add.3, Decision 24/CP.19) freiwillig als „additional greenhouse gases“ berichtet. Die Emissionen sind aggregiert mit anderen nicht berichtspflichtigen Emissionen in Kapitel 4.9.3 unter CRF 2.H.3 aufgeführt.

#### **Emissionsfaktoren**

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenaussagen und sind in Tabelle 199 wiedergegeben.

Der  $EF_{\text{Anwendung}}$  beträgt für alle medizinischen und kosmetischen Anwendungen von Perfluordecalin 100 %.

Bei den als Inhalationsnarkotika verwendeten Hydrofluorethern beträgt der  $EF_{\text{Anwendung}}$  für Isofluran und Desfluran 99,8 %, für Sevofluran 95 %.

In Übereinstimmung mit den IPCC Vorgaben (2006 IPCC Guidelines, Seite 8.32) wird von einer 100 %igen Emission bei der Anwendung von Perfluordecalin ausgegangen ( $EF_{\text{Anwendung}} = 100 \%$ ). In Deutschland wird abweichend von den Guidelines nur eine einjährige Lebensdauer zugrunde gelegt. Der Emissionsfaktor ist daher als „country specific“ eingestuft.

Für die Verwendung von Hydrofluorethern als Inhalationsnarkotika gibt es keine Vorgaben in den IPCC Guidelines.

#### **Aktivitätsdaten**

Die jährlichen Importe von  $C_{10}F_{18}$  nach Deutschland für die Anwendung in der Augenheilkunde und der Forschung wurden vom Hersteller F2 Chemicals, UK, vertraulich zur Verfügung gestellt.

Die nach Deutschland importierten Mengen  $C_{10}F_{18}$ -haltiger Kosmetikprodukte wurden vom Handelsunternehmen P2 cosmetics, das diese Produkte in Deutschland vertreibt, vertraulich zur Verfügung gestellt.

Die Verwendungsmengen der als Inhalationsnarkotika eingesetzten Hydrofluorether wurden durch Befragungen von Branchenexperten (Kliniken, Hersteller von Narkosehilfsgeräten) und Literaturangaben im Rahmen eines Forschungsvorhabens ermittelt (s. ÖKO-RECHERCHE 2013).

#### **4.8.2.10 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.G.2 alle)**

Eine systematische Quantifizierung der Unsicherheiten für die Quellgruppe ist erfolgt.

Bei Isolierglasfenstern erfolgt seit 2006 ein Datenabgleich des Jahres-Neuverbrauchs der top-down-Erhebung auf Basis von kommerziellen Verkaufsdaten mit den vom *Statistischen Bundesamt* jährlich durchgeführten Erhebungen. Dadurch konnte die Datensicherheit erhöht werden und ist als verlässlich und vollständig zu bewerten. Der  $EF_{\text{Herstellung}}$  kann angesichts der Vielfalt der Einflussfaktoren nicht verbindlich gemessen werden. Die Schätzung der 1996 und 1999 befragten zehn Branchenexperten (aus Kreisen der Scheibenhersteller, Füllgeräteelieferanten und eines wissenschaftlichen Instituts) lässt kaum einen anderen Schluss zu, als dass sich der mittlere Befüllungsverlust zwischen 30 % und 40 % bewegt. 1 % laufende Gasverluste werden als realistisch angesehen.

Bei Sportschuhen ist trotz der guten Datenqualität für die EU die Verteilung der Füllmengen auf die Mitgliedstaaten mit erheblichen Unsicherheiten verbunden.

Bei medizinischen Anwendungen wird die Datenqualität der Verwendungsmenge von Perfluordecalin als gut bewertet, da die Zahlen direkt vom Hersteller (F2 Chemicals Ltd, UK) stammen, der als einziger Anbieter Perfluordecalin nach Deutschland exportiert. Die Unsicherheiten bei den kosmetischen Produkten sind höher, da der Kosmetikmarkt in Deutschland sehr dynamisch ist und nicht auf Statistiken zurückgegriffen werden kann.

#### **4.8.2.11 Quellspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.2 alle)**

Eine allgemeine und kategorie-spezifische Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig

durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

Die Daten für das aktuelle Berichtsjahr wurden, wie bereits für die meisten Vorjahre, im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Auftrag des Umweltbundesamtes durch einen externen Experten erhoben.

Die Qualitätssicherung erfolgt im Wesentlichen durch den externen Experten. Darüber hinaus werden die Daten durch die Fachbegleiter des UBA bei Abnahme geprüft.

Der gesamte Sektor der F-Gas Emissionen wurde im Jahr 2011 einer freiwilligen trilateralen Überprüfung unterzogen. Experten aus England, Deutschland und Österreich überprüften die F-Gas Inventare der anderen Länder. Das Ziel der Überprüfung war der Informationsaustausch über die länderspezifischen Methoden der Erstellung der F-Gas Inventare, ein Einblick in die institutionellen und rechtlichen Regelungen für die F-Gas Inventare in jedem Land, die Identifizierung der Hindernisse zur Erstellung von vollständigen und exakten Inventaren und die Diskussion der Unterschiede und Ähnlichkeiten in den Methoden, die zur Erstellung der F-Gas Inventare verwendet werden. Das Treffen hat allen drei Ländern geholfen, die verwendeten Methoden zur Emissionsberechnung zu überprüfen. Weiterhin konnten die Transparenz, die Vollständigkeit und die Genauigkeit der Inventare bewertet werden. Das positive Ergebnis war, dass Deutschland ein gutes F-Gase-Inventar hat. Im Ergebnis wurden keine Empfehlungen für Verbesserungen des deutschen F-Gase-Inventars ausgesprochen.

#### 4.8.2.12 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.2 alle)

Bei Medizin- und Kosmetikprodukten (Subquellgruppe 2.G.2.e) wurden die Verwendungsmengen von Perfluordecalin in Medizinprodukten für die Jahre 2012 und 2013 basierend auf den im Jahr 2015 zur Verfügung gestellten Daten des Herstellers geändert. Dadurch ergaben sich auch Änderungen bei den Emissionen der Anwendung für Perfluordecalin in den Jahren 2012 und 2013. Aus Vertraulichkeitsgründen wird hier jedoch auf eine quantitative Darstellung verzichtet.

#### 4.8.2.13 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.G.2 alle)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.8.3 Verwendung von N<sub>2</sub>O (2.G.3)

CRF 3.D (N <sub>2</sub> O)	Gas	HK	1990		2012		Trend	
			Gesamtemission (Gg) & Anteil (%)		Gesamtemission (Gg) & Anteil (%)			
Other product manufacture and use	N <sub>2</sub> O	-	T	1.924,6	(0,16%)	257,7	(0,03%)	-86,61%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
N <sub>2</sub> O	CS	AS/Q	CS

Die Kategorie *Verwendung von N<sub>2</sub>O* ist für N<sub>2</sub>O-Emissionen eine Hauptkategorie nach dem Trend (siehe Tabelle 6). Aufgrund der seit 1990 stark fallenden Emissionen (ca. -85 %) und

des dadurch erreichten sehr geringen Emissionsniveaus hat die Nationale Koordinierungsstelle aus Gründen der Ressourcenpriorisierung entschieden, die für Hauptkategorien vorgesehenen höheren Ansprüche an die Methodik für diese Kategorie nicht umzusetzen.

#### **4.8.3.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.3)**

Der deutsche Lachgasmarkt wird von Air Liquide, Linde AG und Westfalen AG dominiert, die sowohl als Haupthersteller als auch Importeur auftreten. Bei der Lachgasherstellung und dessen Abfüllung in Gasflaschen entstehen keine Lachgasemissionen. Diese treten lediglich bei dessen Anwendung auf: Als N<sub>2</sub>O-Quelle ist hier vor allem der Einsatz in der Medizin von Bedeutung. Weitere Emissionsquellen sind der Einsatz von Lachgas als Treibmittel in Sprühsahnedosen und der Einsatz in der Halbleiterindustrie. Auch bei Sprengungen wird N<sub>2</sub>O in geringen Mengen freigesetzt. Die Lachgas-Emissionen der Anästhesie sind als dominierende Emissionsquelle seit 1990 stark rückläufig, da statt Lachgas zunehmend intravenöse Betäubungen angewandt werden. Dieser Trend wird sich auch in Zukunft fortsetzen.

#### **Medizin - Anästhesie**

In der Medizin wird Lachgas als analgetisch wirkendes Gas zu Narkosezwecken genutzt. Bei der Anwendung wird Lachgas mit reinem Sauerstoff gemischt, um eine wirkungsvolle Gasmischung von 70 % Lachgas und 30 % Sauerstoff zu erhalten. In der modernen Anästhesie wird die Wirkung des Lachgases durch Zugabe von anderen Narkosemitteln verbessert. Bislang ist der Einsatz von N<sub>2</sub>O in diesem Bereich nicht verboten, jedoch gibt es starke Bestrebungen in der deutschen Medizin gegen dessen allgemeine Verwendung. Der Einsatz von Lachgas in der Medizin geht deshalb seit 1990 kontinuierlich zurück.

#### **Lebensmittelindustrie - Sprühsahnedosen**

Lachgas wird in der Lebensmittelindustrie als Zusatzstoff mit dem Namen E 942 verwendet. Treibgase pressen Lebensmittel unter Druck aus ihren Behältern. Je nach Art des Lebensmittels kommt es dabei zur Aufschäumung oder zur Herstellung einer cremigen Konsistenz. So werden Sahne (aus Sprühdosen), Quark, und diverse Desserts wie zum Beispiel Fertigpuddings mit N<sub>2</sub>O versetzt (DIE VERBRAUCHER INITIATIVE E.V, 2005; LINDE GAS GMBH, 2005),

#### **Halbleiterherstellung**

Für die Fertigungsschritte in der Halbleitertechnik werden eine Vielzahl von Chemikalien und Gasen verwendet. Argon, hochreiner Sauerstoff, Wasserstoff, hochreines Helium und Stickstoff bilden die Hauptmengen der eingesetzten Gase. Der Verbrauch der speziellen Prozessgase wie Distickstoffmonoxid, Ammoniak und Hexafluorethan ist vergleichsweise gering und in den letzten Jahren annähernd konstant geblieben (AMD Saxony LLC&Co. KG, Dresden, Umweltbericht 2002/2003, Seite 16).

#### **Sprengstoffe**

Sprengstoffe können militärisch und gewerblich eingesetzt werden. Zivile bzw. gewerbliche Sprengstoffe finden im Bergbau, bei Baumaßnahmen in felsigen Gegenden, bei Abrissunternehmen, in der Geologie und bei Feuerwerken Verwendung.

Lachgasemissionen entstehen vorwiegend bei der Detonation von ammoniumnitrat-haltigen Sprengstoffen wie dem ANFO (Ammoniumnitrat- / Fuel Oil) und den Emulsionssprengstoffen. Im Allgemeinen enthalten die gewerblichen/zivilen Sprengstoffe zu ca. 60 bis 80 % Ammoniumnitrat (AN). Dagegen enthält der ANFO-Sprengstoff Andex bis zu 94 % Ammoniumnitrat.

In Deutschland werden Sprengstoffe zur zivilen Nutzung von zwei Firmen hergestellt: Orica Mining (früher Dynamit Nobel) und Westpreng GmbH (Wasag Chemie).

Bei der Herstellung von Sprengstoff entstehen keine Lachgasemissionen, jedoch kann bei der thermischen Zersetzung von Sprengstoffen Lachgas gebildet werden. Die Ursache dafür ist, dass Ammoniumnitrat (AN) beim thermischen Zerfall Distickstoffmonoxid (Lachgas) und Wasser bildet.

Bei vorsichtigem Erwärmen über die Schmelztemperatur läuft die Reaktion wie folgt ab:



Bei der schnellen, detonativen Umsetzung des AN-haltigen Sprengstoffes, verläuft die Reaktion jedoch wie folgt:



Dies bedeutet, dass bei hohem Druck und hoher Temperatur AN vorwiegend zu Stickstoff, Sauerstoff und Wasser reagiert. Nur eine geringe Konzentration an primär gebildetem  $\text{N}_2\text{O}$  bleibt beim Detonationsprozess erhalten. So enthalten z.B. die Detonationsschwaden von Amatolen<sup>76</sup> mit etwa 80 % an AN nur 0,1 Mol  $\text{N}_2\text{O}$  pro Mol Ammoniumnitrat. Aus diesem Betrag lässt sich eine theoretische maximale Lachgasbildung von etwa 68 g (dieser Wert wurde von einem Sprengstoffexperten mitgeteilt, der stöchiometrische Wert würde 44 g/Mol Amatol (80 %-AN) betragen) pro Kilogramm AN errechnen (ORELLAS, D.L., 1982; VOLK, F, 1997, Seite 74). Nach Aussage von Experten können Annahmen über die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen bezogen auf diesen AN-Gehalt für andere Sprengstoffe getroffen werden.

### **$\text{N}_2\text{O}$ im Auto-Tuning**

In der Antriebstechnik wird Lachgas zur Verbesserung des Verbrennungsprozesses in Benzinmotoren, der so genannten „Lachgas-Einspritzung“, verwendet. Dabei wird das Lachgas in Stickstoff und Sauerstoff gespalten. Der Stickstoff kühlt den Verbrennungsprozess und der Sauerstoff erhöht die Verbrennungsleistung. Infolge dieser „Tuningmaßnahme“ kann die Leistung des Motors kurzfristig gesteigert werden. Es gibt in Deutschland bisher eine Firma, die solche Tuning-Maßnahmen anbietet. Recherchen haben ergeben, dass die entsprechende Technik, die für ein solches Tuning genutzt wird, auf einen möglichst restlosen Verbrauch des Lachgases ohne nennenswerte Emissionen ausgelegt ist.

#### **4.8.3.2 Methodische Aspekte (2.G.3)**

### **Anästhesie**

Die Menge an  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus medizinischen Anwendungen für das Jahr 1990 basiert auf einer Extrapolation der statistischen Anlagenerhebung im Gebiet der ehemaligen DDR im

---

<sup>76</sup> Amatol x/y : militärische Sprengstoffe. Gießbare Gemische, i.a. aus x % TNT und y % Ammoniumnitrat

Jahr 1990. Damals wurde festgestellt, dass dort eine Anlage zur Produktion von N<sub>2</sub>O für Narkosezwecke existiert hat. Die Anlage war zum damaligen Zeitpunkt noch nicht lange in Betrieb (Errichtung im Jahr 1988). Die Produktionskapazität betrug etwa 1.200 t pro Jahr. Nach Recherchen fand kein Export bzw. Import dieses Stoffes statt, so dass von der vollständigen Anwendung im Land ausgegangen wurde. Über die hierdurch für die ehemalige DDR ermittelte Pro-Kopf-Emission wurde unter der Annahme gleicher Verhältnisse in grober Näherung für das Jahr 1990 eine N<sub>2</sub>O-Emission von 6.200 t für Deutschland festgelegt. Die N<sub>2</sub>O-Angabe für das Jahr 2001 stammt aus einer schriftlichen Mitteilung des Industriegaseverbands e.V. (IGV) aus dem Jahr 2002. Dieser Wert hatte eine Bandbreite von 3.000 ~ 3.500 t/a, woraufhin für die Zeitreihenentwicklung der N<sub>2</sub>O-Emissionen der Mittelwert aus diesen Werten verwendet wurde (3.250 t/a).

Seit dem Jahr 2005 wird durch den Industriegaseverband eine Erhebung der N<sub>2</sub>O-Absatzmengen aller Anwendungen in Deutschland durchgeführt. Diese Daten hat der IGV auch dem Umweltbundesamt für die Berichterstattung zur Verfügung gestellt. 2010 hat der IGV mit dem Bundeswirtschaftsministerium eine Selbstverpflichtung abgeschlossen über die jährliche Bereitstellung der N<sub>2</sub>O Absatzmengen für die Emissionsberichterstattung.

Die Datenlücken in der Anästhesie werden durch Interpolation und Extrapolation geschlossen. Der Emissionsfaktor beträgt 100%.

### **Sprühsahnedosen**

Der Einsatz von N<sub>2</sub>O in Sprühsahnedosen in Deutschland muss differenziert betrachtet werden. Es gibt in Deutschland einen Hersteller von Sprühsahnedosen, der diese auch in Deutschland befüllt. In den Emissionsberechnungen wird aufgrund der oben beschriebenen Recherchen angenommen, dass diese Firma einen Anteil von ca. 3 % an den Lachgas-Absatzmengen des Industriegaseverbandes hat. Der größere Anteil der Unternehmen aber lässt ihre Sprühsahnedosen im Ausland befüllen und importiert diese nach Deutschland. Die Absatzmengen dieser Firmen sind deshalb nicht in den Daten des Industriegaseverbandes enthalten. Der Milchindustrieverband hat in einer einmaligen Erhebung dem Umweltbundesamt mitgeteilt, dass 2008 50,2 Mio. Einheiten Sprühsahnedosen verkauft worden sind. Der Milchindustrieverband gab aber an, dass die Einheiten verschiedene Größen haben und eine differenzierte Angabe nach den Größen nicht möglich ist. Eine Internetrecherche hat ergeben, dass im deutschen Handel Druckpatronen mit 8g N<sub>2</sub>O für 0,5l Sahnedosen und 16g N<sub>2</sub>O für 1,0l Sahnedosen verkauft werden. Vergleichsrechnungen haben ergeben, dass vereinfacht mit 8g N<sub>2</sub>O pro verkaufte Einheit gerechnet werden kann. Dies ergibt eine Einsatzmenge von 401,6 t N<sub>2</sub>O für Sprühsahnedosen im Jahr 2008 in Deutschland. Da für die Jahre vor 2008 keine Daten vorliegen wird dieser Wert als konstant angenommen.

Der Emissionsfaktor für Sprühsahnedosen wird mit 100% angenommen.

### **Halbleiterherstellung**

Für die Jahre 1990, 1995, 2000, 2001 und 2008 hat der ZVEI eine einmalige Angabe über die Einsatzmengen von Lachgas gemacht. Zwischen diesen Werten wird interpoliert.

Für die Fertigungsschritte in der Halbleitertechnik werden eine Vielzahl von Chemikalien und Gasen verwendet. Argon, hochreiner Sauerstoff, Wasserstoff, hochreines Helium und Stickstoff bilden die Hauptmengen der eingesetzten Gase. Der Verbrauch der speziellen

Prozessgase wie Distickstoffmonoxid und Ammoniak ist vergleichsweise gering und in den letzten Jahren annähernd konstant geblieben (AMD Saxony LLC&Co. KG, Dresden, Umweltbericht 2002/2003, Seite 16).

### Sprengstoffe

2003 wurden in Deutschland 59 kt Sprengstoff hergestellt. Davon wurden 13 kt ins Ausland exportiert und 5,8 kt nach Deutschland importiert<sup>77</sup>. Das ergibt eine in Deutschland verbrauchte Menge von 51,8 kt. Der Anteil von ANFO an der Gesamtmenge beträgt 60 %, der der Emulsionssprengstoffe 25 % und der der Dynamitsprengstoffe 15 %. ANFO-Sprengstoffe bestehen aus 94 % Ammoniumnitrat und 6 % Brennstoffen. Für Emulsionssprengstoffe beträgt dieses Verhältnis 80 % zu 20 % und für Dynamitsprengstoffe 50 % zu 50 %.

Derzeit wird Lachgas als Schwadenkomponente im Gegensatz zu NO und NO<sub>2</sub> nicht ermittelt.

In der Regel ist die Bildung von N<sub>2</sub>O nur bei Sprengstoffen relevant, die Ammoniumnitrat (AN) enthalten. Allerdings liegen bei ANFO-Sprengstoffen keine genauen Analysen der Detonationsschwaden vor. Aus diesem Grund muss man davon ausgehen, dass bei der Detonation von ANFO eine ähnlich hohe Konzentration von N<sub>2</sub>O gebildet wird bezogen auf den AN-Gehalt wie bei den Amatolen und Ammoniten<sup>78</sup>, von denen bereits Analysen vorliegen, um eine Abschätzung ermöglichen zu können. Man kommt zu folgendem Ergebnis: Amatole und Ammonite bilden bei der Detonation etwa 0,1 Mol N<sub>2</sub>O pro Mol Ammoniumnitrat (AN).

Laut Aussage der *Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung* (BAM) ist die Menge des Sprengstoffverbrauchs in der BRD von 1990 bis 2005 konstant geblieben.

Der Emissionsfaktor für den Einsatz von Sprengstoffen beträgt 0,1036 kg N<sub>2</sub>O/t Sprengstoff. Der Emissionsfaktor wurde von der Bundesanstalt für Materialprüfung im Februar 2010 durch Messungen ermittelt. Dadurch konnte der Emissionsfaktor gegenüber der Submission 2010 deutlich nach unten korrigiert werden.

Für Anaesthetika, Sprühsahnedosen und die Halbleiterindustrie werden die Emissionen zusammen aggregiert mit den vertraulichen Emissionen aus der 1,12-Dodecandisäure-Produktion (2.B.10) berichtet, da Letzteres vertrauliche Daten enthält.

#### 4.8.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.G.3)

Die Aktivitätsdaten für die Anästhetika werden seit 2005 aus den Verbandsangaben ermittelt, deshalb wird die Unsicherheit auf 20 % geschätzt. Die Verbrauchsmengen für Sprühsahne und Sprengmittel unterliegen einer sehr hohen Unsicherheit (75 %), da die Berechnungen auf mehreren Annahmen fußen und nur jeweils für ein Jahr eine Angabe vorliegt. Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten wird für die Halbleiterindustrie auf 10 % geschätzt, da die Daten von den Anlagenbetreibern stammen.

Die Unsicherheit der Emissionsfaktoren für die Anästhetika und Sprühsahnedosen wird auf 0 % festgelegt, da zum gegenwärtigen Zeitpunkt davon ausgegangen wird, dass N<sub>2</sub>O bei seiner Anwendung keiner Umwandlung unterliegt und somit nach der Anwendung vollständig in die Atmosphäre entweicht. Der Emissionsfaktor für den Einsatz in der Halbleiterherstellung wird

<sup>77</sup> Persönliche Mitteilung: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM).

<sup>78</sup> Ammonit: Zusammensetzung 70-88 % Ammoniumnitrat mit 5-20 % Nitroaromaten, 1-6 % Pflanzenmehl sowie z.T. 4 % Nitroglycerin, Aluminiumpulver und Kaliumperchlorat

auf eine Unsicherheit von 15 % geschätzt, da die Daten von den Anlagenbetreibern stammen. Der Emissionsfaktor für Sprengstoffe wird auf 5 % Unsicherheit geschätzt, da der Emissionsfaktor in einer amtlichen Messung ermittelt worden ist.

Für den Verteilungstyp der Zeitreihen kann von einer Normalverteilung ausgegangen werden.

#### **4.8.3.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.3)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Für die Verwendung in der Anästhesie zeigt ein Vergleich mit anderen Ländern, dass die Meisten wie Deutschland den Emissionsfaktor von 1,0 verwenden. Dies entspricht auch dem Default-Wert der IPCC GL 2006: Vol. 3, S.8.36.

Für die Lachgas-Emissionen aus der Verwendung von Explosivstoffen ist ein Vergleich mit anderen Ländern oder Datenquellen nicht möglich, da Deutschland das einzige Land ist das diese Emissionen berichtet.

Eine Verifikation des Lachgaseinsatzes durch andere Datenquellen ist nicht möglich, da keine anderen Daten vorliegen mit denen eine Verifikation möglich wäre. Für die Berichterstattung wurden die Daten extra neu erhoben.

#### **4.8.3.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.3)**

Wie in Kapitel 10 dargestellt erfolgt in diesem Jahr durch die erstmalige Anwendung der durch Entscheidung 24/CP.19 geforderten methodischen Änderungen keine umfassende detaillierte Dokumentation und Quantifizierung der Effekte von Rekalkulationen.

#### **4.8.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (2.G.3)**

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **4.8.4 Andere - ORC-Anlagen (2.G.4 ORC-Anlagen)**

#### **4.8.4.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.4 ORC-Anlagen)**

In Deutschland werden fluorierte Treibhausgase seit dem Jahr 2003 in ORC-Anlagen eingesetzt und unter der Kategorie 2.G.4 berichtet.

Zur Stromerzeugung aus Wärmemengen, deren Temperaturen und Drücke für den üblichen Dampfkraftprozess mit Wasser zu niedrig sind, kann man den „Organischen Rankine Kreisprozess“ („Organic Rankine Cycle“, kurz: ORC) verwenden. Die Haupteinsatzbereiche von ORC-Anlagen sind die Erdwärme- (Geothermie-) und die Abwärmenutzung von (Heiz)kraftwerken und Biogas-Anlagen.

Im ORC-Kreislauf werden organische Stoffe wie HFKW, FKW, Kohlenwasserstoffe oder Silikonöle mit niedrigeren Verdampfungstemperaturen als Wasser als Arbeitsmittel eingesetzt. Die Arbeitsmittel verdampfen im ORC-Kreislauf und treiben die Turbine an, analog dem Wasserdampf in herkömmlichen Kraftwerken. In der Geothermie werden die mit Abstand größten Füllmengen, bis zu 75 Tonnen fluorierte Arbeitsmittel, eingesetzt. Deutlich geringere Füllmengen (0,2 bis 0,6 Tonnen) kommen bei der Nutzung von Abwärme in Biogas-Anlagen und in BHKW zum Einsatz.

In Deutschland begann die Verwendung von C<sub>5</sub>F<sub>12</sub> als Arbeitsmittel in einer ORC-Pilotanlage im Jahr 2003. Diese Anlage wurde bereits im Jahr 2010 außer Betrieb genommen. Der HFKW-134a kam erstmalig im Jahr 2008 in einer ORC-Anlage zum Einsatz. Im Jahr 2010 wurde erstmalig HFKW-245fa als Arbeitsmittel eingesetzt. Ab dem Jahr 2011 wurden mehrere Anlagen mit dem HFKW-245fa sowie dem Arbeitsmittel „Solkatherm“, das aus HFKW-365mfc (65 %) und einem perfluorierten Polyether (PFPE) mit dem Handelsnamen „Galden“ (35 %) besteht, in Betrieb genommen.

#### 4.8.4.2 Methodische Aspekte (2.G.4 ORC-Anlagen)

Emissionen aus ORC-Anlagen treten während der Befüllung, des Betriebs und der Entsorgung auf.

Herstellungsemissionen werden über den Inlands-Neuverbrauch als Aktivitätsrate bestimmt und gemäß Gleichung 1 berechnet.

Anwendungsemissionen werden basierend auf dem Endbestand der Arbeitsmittel durch Multiplikation mit dem  $EF_{\text{Anwendung}}$  gemäß Gleichung 2 bestimmt.

Entsorgungsemissionen beziehen sich auf den Neuzugang des Jahres, der x Jahre (entsprechend der Produktlebensdauer) vor dem aktuellen Berichtsjahr n liegt und werden gemäß Gleichung 3 berechnet.

Entsorgungsemissionen spielen bisher, mit einer Ausnahme, noch keine Rolle, da die Anlagen größtenteils neu sind und bei großen ORC-Anlagen in der Geothermie von einer Lebensdauer von 30 Jahren, bei kleineren Anlagen von einer Lebensdauer von 20 Jahren ausgegangen wird.

Die Emissionen des nichtberichtspflichtigen perfluorierten Polyethers „Galden“ werden gemäß den Empfehlungen der UNFCCC Reporting Guidelines 2014 (FCCC/CP/2013/10/Add.3, Decision 24/CP.19) freiwillig als „additional greenhouse gas“ berichtet. Die Emissionen sind aggregiert mit anderen nicht berichtspflichtigen Emissionen in Kapitel 4.9.3 unter CRF 2.H.3 aufgeführt.

#### Emissionsfaktoren

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind das Ergebnis von Expertenaussagen und sind in Tabelle 205 wiedergegeben.

Der Befüllungsverlust beträgt 2 % und ist länderspezifisch, da ORC-Anlagen bislang nicht in den IPCC Guidelines aufgeführt sind und daher keine Default-Faktoren zur Verfügung stehen.

Die Anwendungsemissionen werden auf 4 % geschätzt. Auch hierfür gibt es keine Vorgaben in den IPCC Guidelines.

Nach derzeitigem Stand der Technik beträgt der Emissionsfaktor der Entsorgung 20 %. Dieser Wert ist ebenfalls länderspezifisch.

### **Aktivitätsdaten**

ORC-Anlagen stellen einen neuen Anwendungsbereich fluorierter Treibhausgase dar, über den erst wenige Daten und technische Informationen vorliegen. Die verwendeten Daten basieren daher fast ausschließlich auf Aussagen von Herstellern und Betreibern von ORC-Anlagen. Ermittelt wurden die Daten durch Expertengespräche (s. ÖKO-RECHERCHE 2013).

#### **4.8.4.3 Unsicherheiten & Zeitreihenkonsistenz (2.G.4 ORC-Anlagen)**

Eine systematische Quantifizierung der Unsicherheiten für die Unterkategorie ORC-Anlagen ist erfolgt.

Die Datenqualität der Verwendungsmengen wird insgesamt als gut bewertet. Die Zahl der Hersteller bzw. Vertreiber von ORC-Anlagen mit fluorhaltigen Arbeitsmitteln in Deutschland ist klein (weniger als 10 Unternehmen), und der Markt ist überschaubar. Die Datenqualität der jährlichen Verwendungsmengen von HFKW-245fa und Solkatherm (HFKW-365mfc und PFPE) ist gut, da die Zahlen direkt von den Herstellern dieser Arbeitsmittel (Honeywell und Solvay Solexis) stammen, die diese Stoffe als einzige Anbieter nach Deutschland exportieren.

Die Emissionsfaktoren sind mit größeren Unsicherheiten behaftet. Da ORC-Anlagen erst seit wenigen Jahren in Deutschland betrieben werden, gibt es bisher keine soliden empirischen Erforschungen. Die Werte basieren auf Schätzungen von Anlagenbetreibern.

#### **4.8.4.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.4 ORC-Anlagen)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entspricht, wurde durchgeführt - die zugehörige Qualitätssicherung konnte von der zuständigen Person nicht vollständig durchgeführt werden. Die zusätzliche Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung durch die Nationale Koordinierungsstelle ist erfolgt.

Die Daten für das aktuelle Berichtsjahr wurden, wie bereits für die meisten Vorjahre, im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Auftrag des Umweltbundesamtes durch einen externen Experten erhoben.

Die Qualitätssicherung erfolgt im Wesentlichen durch den externen Experten. Darüber hinaus werden die Daten durch die Fachbegleiter des UBA bei Abnahme geprüft.

#### **4.8.4.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.4 ORC-Anlagen)**

Es waren Rückrechnungen erforderlich, da in den letzten Erhebungsjahren die verkauften Mengen zur Befüllung von Neuanlagen (Aktivitätsrate der Produktion) fälschlicherweise mit dem Neuzugang an Arbeitsmitteln gleichgesetzt wurden. Der Neuzugang entspricht jedoch der Aktivitätsrate der Produktion abzüglich der Befüllungsemissionen. Die Korrektur dieses Fehlers im Berechnungsverfahren führte zu den in Tabelle 207 dargestellten Änderungen der Aktivitätsraten (AR) und Emissionen (EM) der Produktion, der Anwendung und der Entsorgung in den Jahren 2003 bis 2013. Aus Vertraulichkeitsgründen sind in der Tabelle nur die Änderungen von C<sub>5</sub>F<sub>12</sub> und HFKW-134a dargestellt. Auf die Darstellung der quantitativen

Änderungen bei den Arbeitsmitteln HFKW-245fa und „Solkatherm“, das aus HFKW-365mfc (65 %) und dem perfluorierten Polyether (PFPE) mit dem Handelsnamen „Galden“ (35 %) besteht, wird hier verzichtet.

Tabelle 207: Überblick über die durch Rekalkulation hervorgerufenen Werteänderungen der AR und EM in der Produktion, Anwendung und Entsorgung von C<sub>5</sub>F<sub>12</sub> und HFKW-134a in ORC-Anlagen in der Subquellgruppe 2.G.4

	Einheit	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>AR Produktion C<sub>5</sub>F<sub>12</sub></b>									
Submission 2015	t	0,500							
Submission 2016	t	0,459							
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,041</b>							
<b>AR Produktion HFKW-134a</b>									
Submission 2015	t						3,500		
Submission 2016	t						3,571		
<b>Differenz</b>	<b>t</b>						<b>+0,071</b>		
<b>EM Produktion C<sub>5</sub>F<sub>12</sub></b>									
Submission 2015	t	0,010							
Submission 2016	t	0,009							
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,001</b>							
<b>EM Produktion HFKW-134a</b>									
Submission 2015	t						0,070		
Submission 2016	t						0,071		
<b>Differenz</b>	<b>t</b>						<b>+0,001</b>		
<b>AR Anwendung C<sub>5</sub>F<sub>12</sub></b>									
Submission 2015	t	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
Submission 2016	t	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,05</b>							
<b>EM Anwendung C<sub>5</sub>F<sub>12</sub></b>									
Submission 2015	t	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Submission 2016	t	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	0,018	
<b>Differenz</b>	<b>t</b>	<b>-0,002</b>							
<b>AR Entsorgung C<sub>5</sub>F<sub>12</sub></b>									
Submission 2015	t								0,50
Submission 2016	t								0,45
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>-0,05</b>
<b>EM Entsorgung C<sub>5</sub>F<sub>12</sub></b>									
Submission 2015	t								0,10
Submission 2016	t								0,09
<b>Differenz</b>	<b>t</b>								<b>-0,01</b>

#### 4.8.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.G.4 ORC-Anlagen)

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### 4.8.5 Sonstige Produktherstellung und –verwendung: Sonstige, Anwendung von Holzkohle (2.G.4 Holzkohle)

##### 4.8.5.1 Beschreibung der Kategorie (2.G.4 Holzkohle)

In dieser Kategorie werden CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>-, N<sub>2</sub>O- und Staub-Emissionen aus der Anwendung von Holzkohle berichtet. Aus der Anwendung von Zigaretten und Feuerwerkskörpern werden Staub, Vorläufersubstanzen und Schwermetalle berichtet.

In Deutschland werden nur geringe Mengen an Holzkohle produziert – es gibt einen großen Betreiber und mehrere Schauköhlereien. Diese Mengen werden vom Statistischen Bundesamt (STBA) erhoben und unterliegen der Geheimhaltung. Die Produktion von Holzkohle wird unter 1.B.1b berichtet.

Der Holzkohleverbrauch ist in den Jahren 1990 bis 2013 stetig gestiegen. Der weitaus größte Teil wird importiert.

#### **4.8.5.2 Methodische Aspekte (2.G.4 Holzkohle)**

Dem Berechnungsmodell liegen die Annahmen zugrunde, dass alle Holzkohle innerhalb des Jahres verbraucht und vollständig verbrannt wird.

Die Berechnungen der CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen erfolgen nach einer Tier 1 Methode.

#### **Aktivitätsraten**

Die Produktionsmengen sowie die Import- und Exportmengen an Holzkohle für die Jahre ab 1996 entstammen dem Statistischen Bundesamt (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4, Reihe 3.1, Produzierendes Gewerbe, Produktion im Produzierenden Gewerbe sowie der Außenhandelsstatistik).

Die Berechnung der Verbrauchsmenge erfolgt gemäß Produktion + Import – Export.

Für die Jahre 1990 bis 1995 erfolgt die Berechnung der Verbrauchsmenge über den ProKopf-Verbrauch, der aus den Jahren 1996 bis 2013 abgeleitet wird. Dabei wird davon ausgegangen, dass auch in diesen Jahren der Verbrauch linear gestiegen ist.

#### **Emissionsfaktoren**

Da Import- und Exportzahlen veröffentlicht werden, können aus Geheimhaltungsgründen keine exakten Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O angegeben werden. Die Emissionsfaktoren liegen aber in der Größenordnung der Emissionsfaktoren, die aus den 2006 IPCC Richtlinien abgeleitet werden können.

#### **4.8.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.G.4 Holzkohle)**

Da eine Tier 1 Methode mit Emissionsfaktoren, die den Standardwerten der 2006 IPCC Guidelines ähnlich sind, angewendet wird, gelten auch die entsprechenden Unsicherheiten für Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren (2006 IPCC Guidelines: Vol. 3, Ch. 5).

#### **4.8.5.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.G.4 Holzkohle)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, wurden durch die Nationale Koordinierungsstelle durchgeführt.

Für eine Überprüfung der Import-, Export- und Produktionsmengen als Grundlage zur Verifikation der Verbrauchsmengen stehen außer den von Statistischem Bundesamt zur Verfügung gestellten Daten keine weiteren Quellen zur Verfügung. Ein Vergleich der Import- und Exportzahlen mit den Daten von EUROSTAT wurde durchgeführt. Die Zahlen zeigen gute Übereinstimmung mit den vom Statistischen Bundesamt an EUROSTAT übermittelten Zahlen.

Die Produktionsmengen können nicht verglichen werden, weil sie auch bei EUROSTAT als geheim ausgewiesen sind.

Ein Vergleich der Emissionsfaktoren mit den Emissionsfaktoren anderer Länder ist bisher nur mit dem dänischen Emissionsfaktor für Lachgas möglich. Aus Vertraulichkeitsgründen kann das Vergleichsergebnis nur intern dokumentiert werden.

#### 4.8.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.G.4 Holzkohle)

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### 4.8.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.G.4 Holzkohle)

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.9 Andere Produktionen (2.H)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	2.H. Other	0	HFC's	438,1	0,04%	104,8	0,01%	-76,1%

Die Kategorie *Andere Produktionen* ist keine Hauptkategorie.

Unter 2.H.1 Pulp and Paper sind im ZSE prozessbedingte Emissionen aus der Produktion von Spanplatten sowie aus der Produktion von Zellstoff aufgeführt.

Unter 2.H.2 Food and Drink sind prozessbedingte Emissionen aus der Produktion alkoholischer Getränke sowie Brot und anderer Nahrungsmittel zu finden.

Unter 2.H.3 werden vertrauliche Emissionen fluorierter Treibhause berichtet. Des weiteren werden dort freiwillig zu berichtende F-Gase aggregiert berichtet.

#### 4.9.1 Andere Produktionen: Zellstoff- und Papierherstellung (2.H.1)

##### 4.9.1.1 Beschreibung der Kategorie (2.H.1)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
NO <sub>x</sub> , CO, NMVOC, SO <sub>2</sub>			CS D

Die Kategorie *Andere Produktionen – Zellstoff- und Papierherstellung* ist keine Quelle für Treibhausgas-Emissionen und daher auch keine Hauptkategorie.

Alle Emissionen von klimarelevanten Gasen aus der Zellstoff- und Papierindustrie sowie der Spanplattenherstellung in Deutschland resultieren aus der Verbrennung von Energieträgern und werden daher in Kapitel 3.2 als energiebedingte Emissionen berichtet. Prozessbedingte Emissionen von klimarelevanten Gasen im Sinne der 2006 IPCC *Guidelines* gibt es bei der Zellstoff- und Papierherzeugung nicht.

Die **Herstellung von Zellstoff** nach dem Sulfatverfahren erfolgt in zwei der sechs Zellstoffanlagen in Deutschland mittels Kaustifizierung, wonach die brennstoffbedingten CO<sub>2</sub>-

Emissionen des Kalkofens bereits über die Brennstoffangaben als energiebedingte Emissionen berücksichtigt sind. Die restlichen vier Anlagen arbeiten nach dem Sulfitverfahren.

Es wurde darauf verzichtet, die länderspezifischen Emissionsfaktoren für CO bei den energiebedingten Emissionen der Zellstoffproduktion mit zu berücksichtigen, da eine Umrechnung der produktbezogenen Emissionsfaktoren in brennstoffbezogene Emissionsfaktoren erforderlich wäre. Diese Umrechnung ist sehr aufwendig. Die CO-Emissionen für die sechs Zellstoffwerke fallen jedoch mengenmäßig neben den CO-Emissionen aus den Papierfabriken kaum ins Gewicht.

Sowohl die Sulfat- als auch die Sulfitzellstoffproduktion ist eine potentielle SO<sub>2</sub>-Emissionsquelle. In der Sulfatzellstoffproduktion treten aus den Laugenkesseln, Kalköfen, Rindenkesseln sowie Hilfskesseln auch Emissionen von NO<sub>x</sub>, CO und NMVOC auf.

**Spanplatten** werden aus Holzspänen mit Zusatz von Bindemitteln unter Einwirkung von Druck und Wärme hergestellt. Hauptquelle der NMVOC Emissionen sind die eingesetzten Holzspäne, aus denen während der Trocknung durch Wärmeeinwirkung NMVOC ausgasen. Auch während des Pressvorgangs können NMVOC aus dem Holz und dem Bindemittel emittieren.

Die Produktion von Spanplatten erfolgt in 16 Anlagen in Deutschland. Bundesweit sind ca. 6.000 Mitarbeiter in den Spanplattenwerken beschäftigt. Die Spanplattenindustrie ist überwiegend durch größere Unternehmen geprägt.

#### 4.9.1.2 Methodische Aspekte (2.H.1)

In der **Zellstoff- und Papierindustrie** treten keine prozessbedingten Emissionen von klimarelevanten Gasen im Sinne der *IPCC Good Practice Guidance* (IPCC, 2000) auf. Für die indirekten Treibhausgase wurden bis zum berichteten Jahr 2004 die in Tabelle 208 aufgeführten Emissionsfaktoren aus den IPCC-Guidelines verwendet.

Tabelle 208: IPCC Default Emissionsfaktoren für SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NMVOC aus der Produktion von Zellstoff

	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC	SO <sub>2</sub>
	[kg / t ADt*]			
Sulfatzellstoff	1,5	5,6	3,7	7
Sulfitzellstoff				30

\* ADt = Air Dried tonne, luftgetrocknet

Ab dem berichteten Jahr 2005 wurden von den Anlagenbetreibern aktualisierte Emissionsfaktoren berichtet.

Tabelle 209: Reale Emissionsfaktoren der deutschen Anlagen aus der Produktion von Zellstoff. (deutscher Beitrag zur Revision des BVT-Merkblattes für die Papier und Zellstoffindustrie 2007)

	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC	SO <sub>2</sub>
	[kg / t ADt*]			
Sulfatzellstoff	1,75	0,16	3,7	0,05
Sulfitzellstoff	2			2

Im Jahre 2014 wurden in 162 Anlagen folgende Mengen produziert:

Tabelle 210: Zellstoff- und Papierherstellung, produzierte Mengen

Produkt	Produzierte Mengen 2014	
<b>Erzeugung von Papier, Pappe und Karton (PPK)</b>	22,53	Mio. t
<b>Rohstoffproduktion:</b>		
Papierzellstoff	1.633.182	t
<i>davon Sulfitzellstoff</i>	601.275	t
<i>davon Sulfatzellstoff</i>	1.031.907	t
Holzstoff	964.417	t
Altpapierstoff	13.878.000	t
Menge dazu eingesetzten Altpapiers	(16.601.000)	t

Quelle: Verband Deutscher Papierfabriken, Leistungsbericht 2015 (VDP, verschiedene Jahrgänge)

Diese Zahlen können bis zum Basisjahr 1990 zurückverfolgt werden und werden jährlich vom Verband Deutscher Papierfabriken erhoben und in einem Leistungsbericht zusammengestellt.

## Spanplatten

### Emissionsfaktoren

Die Emissionsfaktoren sind auf der Basis von Expertenschätzungen ermittelt worden.

### Aktivitätsdaten

Die Aktivitätsdaten entstammen der nationalen Statistik (STATISTISCHES BUNDESAMT: Fachserie 4, Reihe 3.1).

Tabelle 211: Aktualisierte Aktivitätsdaten der Spanplattenindustrie

Jahr	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Aktivitätsrate der Spanplattenindustrie [in t]	4.575.000	4.561.000	4.488.000	4.429.000	4.488.000	4.446.000

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 4 Reihe 3.1

#### 4.9.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.H.1)

### Zellstoff & Papier

Für die Berechnung der Emissionen wurden bis zum berichteten Jahr 2004 die IPCC Default-Werte (IPCC, 1996b: Vol. 3) verwendet. Ab dem berichteten Jahr 2005 wurden nach Rücksprache mit den deutschen Anlagenbetreibern aktualisierte deutschlandsspezifische Emissionsfaktoren in die Emissionsdatenbank ZSE eingefügt. Diese Aktualisierung war erforderlich, da in den vergangenen 5 Jahren erhebliche Modernisierungsmaßnahmen in den deutschen Sulfatzellstoffwerken vollzogen wurden, die zu einer starken Emissionsminderung geführt haben. Diese Arbeiten waren 2005 abgeschlossen. Für die Sulfitzellstoffwerke führten kontinuierliche Verbesserungen zu einer erheblichen SO<sub>2</sub>-Minderung gegenüber 1990.

Die Unsicherheiten der Aktivitätsraten betragen schätzungsweise 5 %. Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren betragen schätzungsweise 20 %.

### Spanplatten

Die Unsicherheiten für die Aktivitätsraten der Spanplattenindustrie betragen ±5 % (Expertenschätzung).

#### 4.9.1.4 **Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.H.1)**

Aufgrund begrenzter Ressourcen und minimaler Relevanz wird für die Berichterstattung von Precursern keine QK/QS durchgeführt.

#### 4.9.1.5 **Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.H.1)**

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### 4.9.1.6 **Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.H.1)**

Da die Anlagenbetreiber die Emissionsfaktoren aus den internationalen Richtlinien bestätigt haben, sind derzeit keine weiteren Inventarverbesserungen für diese Kategorie geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.9.2 **Andere Produktionen: Nahrungsmittel und Getränke (2.H.2)**

#### 4.9.2.1 **Beschreibung der Kategorie (2.H.2)**

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	NA	NA	NA
NMVOC	CS	NS	CS/D

Die Kategorie *Andere Produktionen - Nahrungsmittel und Getränke* ist keine Quelle für Treibhausgas-Emissionen und daher auch keine Hauptkategorie.

Emissionen der direkten Klimagase aus der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie in Deutschland resultieren aus der Verbrennung von Energieträgern und werden daher in CRF 1.A.2 berichtet. Als prozessbedingte Emissionen der Nahrungsmittel- und Getränkeherstellung sind Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC) von Bedeutung (IPCC 1996c: S. 2.41). Die Kohlendioxidemissionen aus den eingesetzten Nahrungsmitteln, die während bestimmter Prozesse bei der Produktion anfallen, werden nicht in CRF 2.D.2. berichtet, da sie aus der Verwendung von biologischem Kohlenstoff stammen und nicht zur Netto-CO<sub>2</sub>-Emission beitragen. Die mit der Herstellung von Margarine und pflanzlichen Ölen verbundenen Lösemittelmmissionen werden in der Kategorie 3.D berichtet. Im Quellbereich „Margarine und harte und gehärtete Fette“ werden hier daher tierische Fette berücksichtigt. Das bei der Zuckerherstellung eingesetzte, aus der Verbrennung von Kalkstein gewonnene CO<sub>2</sub> wird während des Produktionsprozesses gebunden. Daher ist dieser Prozess nicht emissionsrelevant (s. UFOPLAN Forschungsprojekt FKZ 205 41 217/02; UBA, 2006).

Die Emissionen der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie werden im Inventar in der „Table2(l)s2“ des sektoralen Reports für Industrielle Prozesse zusammengefasst berichtet. Es wird der IEF in der Tabelle Hintergrunddaten des sektoralen Reports für Industrielle Prozesse „Table2(l).A-G“ als NE angegeben, da die CO<sub>2</sub>-Emissionen unter CRF 1.A.2 berichtet werden.

In der Kategorie der Nahrungsmittel und Getränke werden nach IPCC folgende Produkte für die Emissionsberichterstattung betrachtet:

**Alkoholische Getränke**

- Wein
- Bier
- Spirituosen

**Brot und andere Nahrungsmittel**

- Fleisch, Fisch und Geflügel
- Zucker
- Margarine und harte und gehärtete Fette
- Kuchen, Kekse und Frühstückscerealien
- Brot
- Tierfutter
- Kaffeeröstung

Für diese Produkte werden Default-Emissionsfaktoren für die NMVOC-Emissionen angegeben (IPCC, 1996c: S. 2.41f):

**4.9.2.2 Methodische Aspekte (2.H.2)**

Für die Berechnung von Emissionen wurden sofern vorhanden nationale Emissionsfaktoren, ansonsten die von IPCC bzw. CORINAIR empfohlenen Emissionsfaktoren verwendet. Grundlage für die Auswahl der Emissionsfaktoren bildet der Forschungsbericht „Emissionen aus der Nahrungsmittelindustrie“ (FKZ 206 42 101/01; IER, 2008). Das Vorgehen erfolgt analog der Beschreibung im NIR 2013.

Für die Quellgruppe 2.H.2 ergeben sich für 2014 insgesamt 14,7 Gg NMVOC-Emissionen, wovon 3,6 Gg NMVOC auf die Zuckerherstellung und 3,4 Gg NMVOC auf die Spirituosenherstellung zurückzuführen sind.

**4.9.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (2.H.2)**

Die Unsicherheiten der Aktivitätsraten betragen schätzungsweise 5-20 %. Weitere Informationen zu Unsicherheiten sind dem NIR 2013 zu entnehmen.

**4.9.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (2.H.2)**

Aufgrund begrenzter Ressourcen und minimaler Relevanz wird für die Berichterstattung von Precursern keine QK/QS durchgeführt.

In Berichten anderer Staaten sind kaum Ausführungen zu 2.H.2 enthalten, so dass ein Vergleich zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich ist. Ein Vergleich mit ETS-Daten ist nicht möglich, da in 2.H.2 keine emissionshandelspflichtigen Emissionen anfallen.

**4.9.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (2.H.2)**

Rückrechnungen sind nicht durchgeführt worden.

**4.9.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (2.H.2)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 4.9.3 Andere Bereiche (2.H.3)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
HFC, PFC, SF <sub>6</sub>	s. Tabelle 198/ Tabelle 205	s. Tabelle 198/ Tabelle 205	s. Tabelle 198/ Tabelle 205

Die Emissionen von SF<sub>6</sub> aus der Anwendung in *Sportschuhen* (2.G.2.d. Adiabatische Eigenschaften - Sportschuhe), der Anwendung bei der *AWACS-Wartung* (2.G.2.a Militärische Anwendungen) und der Anwendung beim *Schweißen* (2.G.2.e Sonstige – Schweißen) werden aus Vertraulichkeitsgründen unter 2.H.3 berichtet.

Die Emissionen von HFKW aus der Verwendung der Lösemittel HFC-43-10mee, HFKW-245fa, HFKW-365mfc sowie C<sub>6</sub>F<sub>14</sub> (2.F.5) werden auch unter 2.H.3 berichtet.

Die Emissionen von FKW aus der Anwendung in Sportschuhen (2.G.2.d Adiabatische Eigenschaften - Sportschuhe) und die Verwendung von Perfluordecalin in *medizinischen und kosmetischen Anwendungen* (2.G.2.e Sonstige – Medizinische und kosmetische Anwendungen) werden ebenfalls unter 2.H.3 berichtet.

Entsprechend der Empfehlung des Expert Review Teams wird darauf verwiesen, dass sämtliche Informationen zu den unter 2.H.3 berichteten Emissionen zur Beschreibung der Quellgruppe, Methodischen Aspekten, Unsicherheiten & Zeitreihenkonsistenz, Kategoriespezifischen Rückrechnungen & Verifizierung sowie den geplanten Verbesserungen in den entsprechenden Kategorie-Kapiteln zu finden sind.

Zusätzlich zu den berichtspflichtigen Treibhausgasen hat sich Deutschland entschlossen, die in Tabelle 212 dargestellten nicht berichtspflichtigen Treibhausgase für die in Deutschland relevanten, ebenfalls aufgezählten Anwendungen zu berichten. In Tabelle 213 sind die Emissionen dieser nicht berichtspflichtigen Treibhausgase aus Vertraulichkeitsgründen in aggregierter Form dargestellt.

Tabelle 212: Überblick über freiwillig berichtete fluorierte Treibhausgase, ihre Treibhausgaspotenziale (GWP) und ihre Anwendungsbereiche

Treibhausgas	Formel	GWP	Anwendungsbereich	QG des Anwendungsbereichs
HFKW-1234yf		4 <sup>1</sup>	Kältemittel in mobilen Klimaanlage	2.F.1.e
HFKW-1234ze		7 <sup>1</sup>	Kältemittel in stationären Klimaanlage, Treibmittel für XPS-Schäume und Aerosole	2.F.1.f, 2.F.2.a, 2.F.4.b
HCFE-235da2 (Isofluran)	CHF <sub>2</sub> OCHClCF <sub>3</sub>	350	inhalatives Anästhetikum	2.G.2.e
HFE-236ea2 (Desfluran)	CHF <sub>2</sub> OCHFClCF <sub>3</sub>	989	inhalatives Anästhetikum	2.G.2.e
HFE-347mmz1 (Sevofluran)	CH <sub>2</sub> FOCH(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	216 <sup>2</sup>	inhalatives Anästhetikum	2.G.2.e
HFE-43-10pccc124 (H-Galden 1040x)	CHF <sub>2</sub> OCF <sub>2</sub> OC <sub>2</sub> F <sub>4</sub> OCHF <sub>2</sub>	1.870	Wärmeüberträger	2.E.4
HFE-449sl (HFE-7100)	C <sub>4</sub> F <sub>9</sub> OCH <sub>3</sub>	297	Wärmeüberträger, Trägermittel für Schmierstoffe, Lösemittel	2.E.4, 2.F.5

Treibhausgas	Formel	GWP	Anwendungsbereich	QG des Anwendungsbereichs
HFE-569sf2 (HFE-7200)	$C_4F_9OC_2H_5$	59	Wärmeüberträger, Trägermittel für Schmierstoffe, Lösemittel	2.E.4, 2.F.5
HFE-7300	$C_6F_{13}OCH_3$	210 <sup>2</sup>	Wärmeüberträger, Trägermittel für Schmierstoffe	2.E.4
PFPE/PFPMIE	$CF_3(OCF(CF_3)CF_2)_n(OCF_2)_mOCF_3$	10.300	Wärmeüberträger, Arbeitsmittel in ORC-Anlagen	2.E.4, 2.G.4
Trifluormethylschwefelpentafluorid	$SF_5CF_3$	17.700	Spurengas	2.G.2.e

Wenn nicht anders angegeben, stammen die GWP-Werte aus dem 4. IPCC Assessment Report.

<sup>1</sup> GWP-Wert nach Verordnung (EU) Nr. 517/2014<sup>2</sup> GWP-Wert laut Herstellerangaben

Tabelle 213: Aggregat der Treibhausgasemissionen der zusätzlichen, nicht berichtspflichtigen Treibhausgase HFKW-1234yf, HFKW-1234ze, HCFE-235da2, HFE-236ea2, HFE-347mmz1, HFE-43-10pccc124, HFE-449sl, HFE-569sf2, HFE-7300, PFPE/ PFPMIE und  $SF_5CF_3$

Jahr	Emissionen in t CO <sub>2</sub> -äquivalent
1990	3.732,2
1991	5.052,0
1992	6.650,1
1993	8.501,3
1994	10.560,9
1995	12.878,6
1996	20.721,7
1997	28.472,1
1998	36.861,8
1999	45.971,0
2000	56.922,3
2001	63.789,1
2002	73.641,2
2003	81.305,2
2004	89.204,9
2005	97.584,5
2006	109.460,3
2007	116.549,0
2008	121.659,9
2009	129.371,1
2010	136.120,6
2011	141.597,0
2012	148.387,2
2013	148.062,1
2014	136.151,8

Es sind keine weiteren Emissionsquellen für fluorierte Treibhausgase bekannt.

## 5 LANDWIRTSCHAFT (CRF SEKTOR 3)

### 5.1 Überblick (CRF Sektor 3)

#### 5.1.1 Kategorien und Gesamtemissionen 1990 - 2014

Deutschland berichtet in der Quellgruppe 3 „Landwirtschaft“ über die Emissionen aus der Fermentation bei der Verdauung (3.A), aus der Behandlung von Wirtschaftsdüngern (incl. Wirtschaftsdünger-Vergärung und deren Gärrestlagerung) (3.B), aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden (3.D) sowie aus Kalkung (3.G) und Anwendung von Harnstoff (3.H). Zusätzlich werden die im Zusammenhang mit der Energiepflanzen-Vergärung entstehenden Emissionen berichtet (3.J: Emissionen aus Vergärung von Energiepflanzen und deren Gärrestlagerung; 3.D: Emissionen infolge der Ausbringung der Gärreste).

Emissionen aus dem Reisanbau (3.C) kommen in Deutschland nicht vor, Brandrodung (3.E) wird in Deutschland nicht praktiziert (NO). Das Verbrennen von Ernterückständen auf dem Feld (3.F) ist in Deutschland untersagt, wobei sich die genehmigten Ausnahmen nicht erfassen lassen. Sie werden als irrelevant angesehen (NO). Die im Sektor 3.I (andere kalkhaltige Dünger) zu berichtenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind in 3.G enthalten.

Abbildung 47 gibt für den vorliegenden NIR 2016 eine Übersicht über die zeitliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen aus den Bereichen 3.A, 3.B, 3.D, 3.G, 3.H und 3.J seit 1990. Die Daten wurden mit dem Inventarmodell GAS-EM (siehe Kapitel 5.1.2) berechnet.

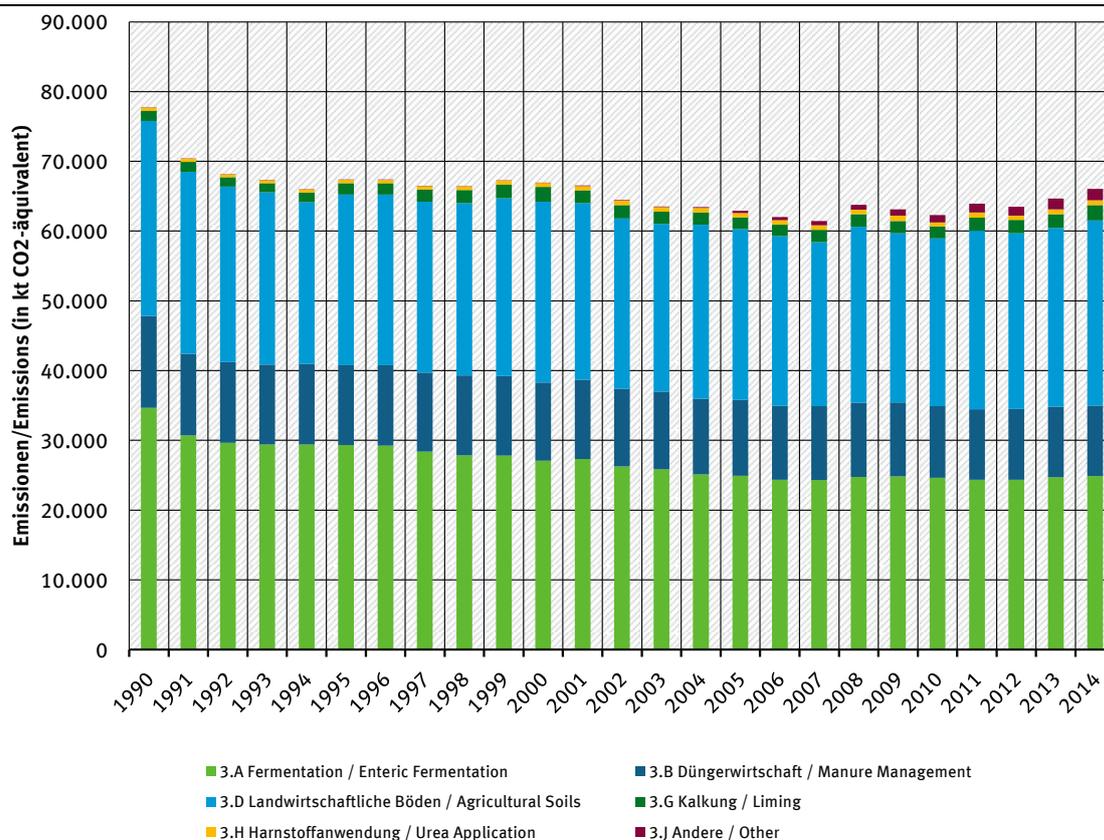


Abbildung 47: Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen des CRF-Sektors 3

## 5.1.2 Das Emissionsinventarmodell GAS-EM

### 5.1.2.1 Verwendete Regelwerke und ausführlicher Bericht

Das Emissionsinventarmodell GAS-EM beruht im Wesentlichen auf der Umsetzung der entsprechenden Handbücher (Treibhausgase: IPCC, 2000; IPCC 2006; Schadstoffe, insbesondere NH<sub>3</sub>: EMEP, 2007; EMEP, 2009; EMEP, 2013). Für die Berechnung von Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen geben die genannten Handbücher keine Berechnungsmethodik an.

Im Laufe der letzten Jahre wurden zahlreiche der in den Handbüchern beschriebenen Methoden für das GAS-EM-Modell weiter entwickelt. Für die Berechnung von Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen wurde eine nationale Methodik entwickelt. Eine umfassende Beschreibung des Inventarmodells GAS-EM einschließlich der Dokumentation weiterer Quellen findet sich im ausführlichen Bericht (HAENEL et al., 2016)<sup>79</sup>. Die nachfolgenden Ausführungen repräsentieren eine Zusammenfassung des ausführlichen Berichtes.

### 5.1.2.2 Grundstruktur des Emissionsinventarmodelles GAS-EM

Als Grundlage der Emissionsberechnungen in der Tierhaltung dient die Futteraufnahme, die als Funktion des erhaltungs- und leistungsbedingten Energiebedarfs berechnet wird, wie Abbildung 48 am Beispiel der Milchkuh verdeutlicht. Daraus ergeben sich die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung (3.A) und die Ausscheidungen von Kohlenstoff und Stickstoff für die Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management (3.B). Letztere gehen auch in die Berechnungen des Stickstoffeintrags in landwirtschaftliche Böden (3.D) ein.

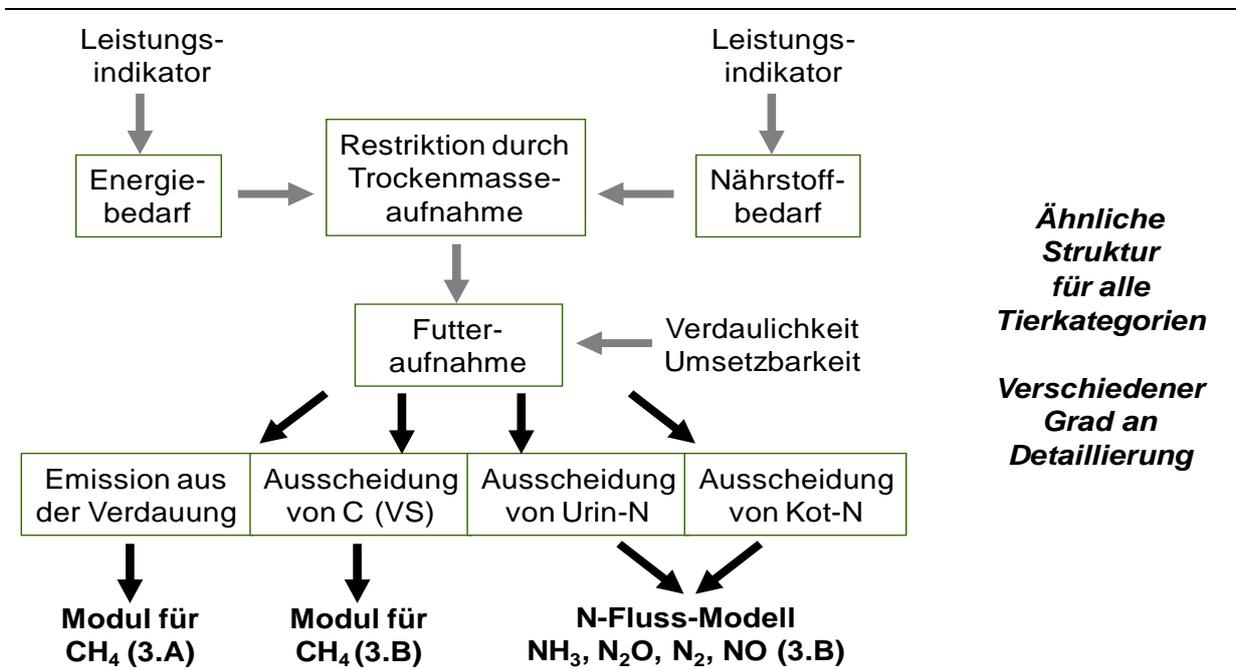


Abbildung 48: Logik der nationalen Methodik für die Emissionsberechnungen in der Tierhaltung am Beispiel der Milchkuh. („Leistungsindikator“ steht hier für die Summe aus leistungs- und erhaltungsbedingtem Bedarf.)

<sup>79</sup> Der ausführliche Bericht ist auch in elektronischer Form erhältlich bei: [dieter.haenel@ti.bund.de](mailto:dieter.haenel@ti.bund.de) [claus.roesemann@ti.bund.de](mailto:claus.roesemann@ti.bund.de).

Abbildung 49 zeigt, wie das GAS-EM-Modell erst nach Tierkategorien und –unterkategorien für die Berechnungen der Kategorien 3.A und 3.B differenziert und diese wiederum nach Stallsystemen, Lagerungssystemen (mit Vergärung als separatem Lagersystem) und Ausbringungsverfahren für Wirtschaftsdünger und Gärreste aufteilt.  $\text{CH}_4$  wird für 3.A und 3.B getrennt für jede Tier-Subkategorie berechnet.  $\text{N}_2\text{O}$  wird für die Kategorien 3.B und 3.D auf der Basis eines N-Fluss-Konzeptes berechnet (s. Kapitel 5.1.2.4).  $\text{CO}_2$ -Emissionen werden im Bereich 3.G-I für Kalkung und Harnstoffeinsatz berechnet, wobei IPCC-konform auch die Kalkung im Forst eingeschlossen ist. Die Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen werden in zwei getrennten Abschnitten berechnet: Emissionen aus Fermenter und Gärrestelagerung in 3.J, Emissionen aus Böden als Folge der Gärreste-Ausbringung in 3.D.

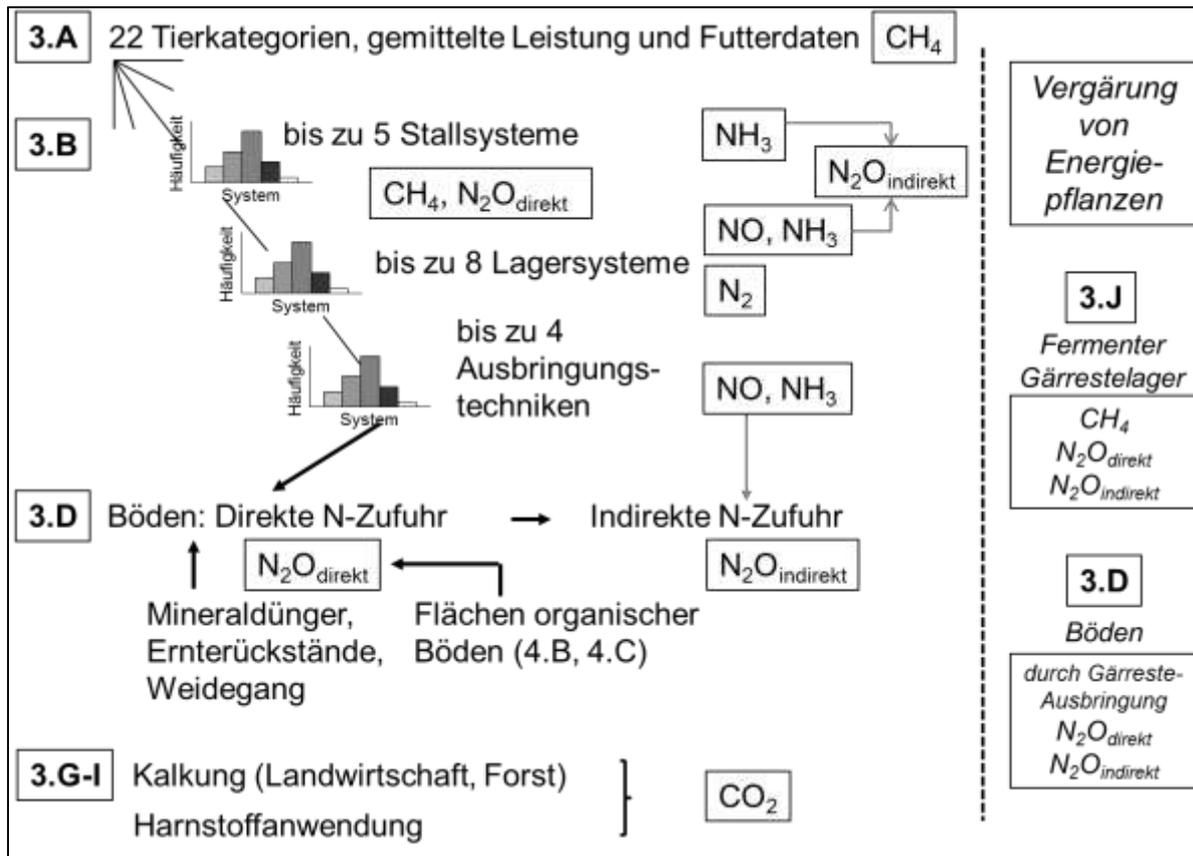


Abbildung 49: Konzept und thematische Inhalte des GAS-EM Modells

### 5.1.2.3 Die Behandlung von $\text{CH}_4$ im Emissionsinventar

Mit dem Inventarmodell GAS-EM werden die  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus der Verdauung und den VS-Ausscheidungen der landwirtschaftlichen Nutztiere (siehe Kapitel 5.2 und 5.3.2) berechnet, wobei gülle- und strohbasierte Systeme mit ihren typischen Lagerformen berücksichtigt werden. Die anaerobe Vergärung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen in Biogasanlagen wird in die Berechnungen einbezogen (siehe Kapitel 5.1.3.6.5 und 5.1.4).

### 5.1.2.4 Das Stickstoff-Fluss-Konzept (3.B, 3.D)

Die Berechnung der Emissionen von N-Spezies mit GAS-EM erfolgt auf Grundlage des N-Fluss-Konzeptes (DÄMMGEN & HUTCHINGS, 2005, HAENEL et al., 2016).

Wesentliche Voraussetzung für die Anwendung des Konzeptes ist die Bestimmung der in der Tierhaltung ausgeschiedenen N-Mengen. Bei Milchkühen, Färsen, Mastbullen, Schweinen,

Legehennen, Junghennen, Masthähnchen und -hühnchen, Enten sowie Putenhähnen und Putenhennen wird die N-Ausscheidung als Differenz zwischen aufgenommener N-Menge und erhaltungs- und leistungsbedingtem N-Bedarf (Tiergewicht, Gewichtszuwachs, jährliche Milchmenge oder Anzahl an Eiern, gegebenenfalls Anzahl der Nachkommen) berechnet. Die mit dem Futter aufgenommene N-Menge wird anhand des tierischen Energiebedarfs sowie des Energie- und N-Gehalts im Futter ermittelt. Für die übrigen Tiere werden N-Ausscheidungswerte aus der deutschen Fachliteratur entnommen (siehe dazu HAENEL et al., 2016).

Bei der N-Ausscheidung wird zwischen den beiden Anteilen „organisches N“ und „leicht in  $\text{NH}_3$  umsetzbares N (TAN, total ammoniacal nitrogen)“ unterschieden. TAN ist im Harn von Säugetieren vorhanden; im GAS-EM-Modell wird TAN mit dem N-Gehalt im Harn gleichgesetzt. Geflügel scheidet UAN (uric acid nitrogen) aus, das im Inventar als TAN angesehen wird. Aufgrund der Definitionen der Emissionsfaktoren werden prinzipiell die  $\text{NH}_3$ -Emissionen proportional zur verfügbaren TAN-Menge und die  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ -, und  $\text{N}_2$ -Emissionen proportional zur verfügbaren N-Gesamtmenge berechnet. Daher werden zwei N-Pools parallel in den Rechnungen mitgeführt: Dies sind (1) die gesamte im jeweiligen Stadium zur Verfügung stehende N-Menge, d. h. die Summe aus organischem N und TAN, sowie (2) TAN allein.

Die für eine Tierkategorie ermittelten N-Ausscheidungen werden auf Stall und Weide aufgeteilt. Diese Aufteilung erfolgt entsprechend den im Stall und auf der Weide verbrachten Zeitanteilen.

Bei Festmistsystemen wird zusätzlich zu den N-Ausscheidungen der N-Eintrag durch Einstreumaterial berücksichtigt.

Für jede Tierkategorie werden die im Stall anfallenden N-Mengen im Verhältnis der relativen Anteile der in Deutschland üblichen Haltungsverfahren aufgeteilt. N-Verluste durch  $\text{NH}_3$ -Emission werden von TAN-Pool und Gesamt-N-Pool subtrahiert. Die verbleibenden N- und TAN-Mengen aller Ställe werden für güllebasierte Systeme einerseits und strohbasierte Systeme andererseits zusammengefasst und ins Lager transferiert.

Das in Abluftreinigungsanlagen abgeschiedene N wird als TAN angesehen und direkt mit dem Wirtschaftsdünger ausgebracht (s. u.).

Die dem Lager zufließenden Gesamt-N- und TAN-Mengen (bei Festmistsystemen einschließlich des N-Eintrages durch Einstreu) werden getrennt nach festen und flüssigen Wirtschaftsdüngern zwischen den verschiedenen in Deutschland gängigen Lagerverfahren entsprechend ihren prozentualen Anteilen aufgeteilt. Die anaerobe Vergärung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen wird berücksichtigt (siehe Kapitel 5.1.3.6.5). Aus dem Lager erfolgen Emissionen von  $\text{NH}_3$  aus TAN- und Gesamt-N-Pool. Die N-Verluste durch die Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  werden für Stall und Lager gemeinsam berechnet und aus dem Gesamt-N-Pool subtrahiert; parallel werden diese N-Verluste im Verhältnis von TAN- zu N-Gesamt-Menge auch dem TAN-Pool entzogen. Die verbleibenden N- bzw. TAN-Mengen werden ausgebracht, wobei dem TAN-Pool noch das in Abluftreinigungsanlagen abgeschiedene N zugeschlagen wird.

Die zur Ausbringung kommende N-Menge wird auf die in Deutschland üblichen verschiedenen Ausbringungsverfahren und Einarbeitungszeiten von Wirtschaftsdüngern aufgeteilt. Dies geschieht im Verhältnis der relativen Anteile der verschiedenen Ausbringungsvarianten an der Gesamtmenge des auszubringenden Wirtschaftsdüngers, differenziert nach Tierkategorie und festen und flüssigen Wirtschaftsdüngern. Bei der Ausbringung entstehende N-Verluste durch

NH<sub>3</sub>-Emissionen werden aus TAN- und Gesamt-N-Pool abgezogen. Die danach verbleibende Gesamt-N-Menge ergibt die im Boden verfügbare N-Menge zur Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen durch Auswaschung und Oberflächenabfluss. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden infolge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger werden dagegen proportional zur ausgebrachten N-Menge berechnet.

Die beim Weidegang ausgeschiedene Gesamt-N-Menge ergibt die im Boden verfügbare N-Menge zur Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen infolge von Weidegang.

Die N-Ströme, die im Zusammenhang mit der Vergärung von Energiepflanzen und der Lagerung und Ausbringung der resultierenden Gärreste entstehen, werden getrennt von den N-Strömen der Tierhaltung behandelt. Ihre Berechnung erfolgt, ausgehend von der N-Menge in den zu vergärenden Energiepflanzen (siehe Kapitel 5.1.4.2), sinngemäß wie oben für die tierischen N-Ausscheidungen beschrieben.

### 5.1.3 Charakterisierung der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung

#### 5.1.3.1 Tierkategorien (3.A, 3.B)

Für die Berechnung der Emissionen aus der Tierhaltung in der deutschen Landwirtschaft werden die Tierbestände in Unterkategorien unterteilt, um die erforderliche Beschreibung leistungs- und haltungsmäßig homogener Teil-Tierbestände zu ermöglichen. Tabelle 214 zeigt eine Gegenüberstellung der in den CRF-Tabellen zu berichtenden Tierkategorien und der im deutschen Inventar verwendeten Tierkategorien.

Die CRF-Kategorien „Esel und Maultiere“ und „Büffel“ werden als „IE“ berichtet, da die Tierzahlen dieser Kategorien in den Tierzahlen der „Pferde“ bzw. „übrigen Rinder“ enthalten sind (siehe Kapitel 5.1.3.2.2).

Über die Kategorien Gehegewild, Kaninchen, Strauße und Pelztiere (IPCC, 2006) wird nicht berichtet, da ihr Beitrag zu den Gesamtemissionen unter 0,05 % des Gesamtinventars oder 500 kt CO<sub>2eq</sub> liegen (gemäß FCCC/SBSTA/2013/L.29/Add.1) und eine jährliche Bestandaufnahme nicht gewährleistet werden kann (gemäß FCCC/SBSTA/2013/L.29/Add.1, para 37). In Kapitel 19.3.1 wird der Emissionsbeitrag dieser Kategorien abgeschätzt. Die Zusammenstellung aller Quellen, für die der Eintrag NE beibehalten wird, werden im Anhang 5 in Kapitel 21 dargestellt.

Tabelle 214: CRF-Tierkategorien und die für die deutsche Emissionsberichterstattung verwendete Unterteilung (3.A, 3.B)

CRF-Tierkategorien		Tierkategorien im deutschen Inventar
1	Milchkühe	„Milchkühe“ <sup>a</sup>
	Übrige Rinder	„Kälber“ (bis 4 Monate) <sup>a</sup> weibliche Jungrinder ab 4 Monaten („Färsen“) <sup>a</sup> männliche Jungrinder ab 4 Monaten („Mastbullen“) <sup>a</sup> „Mutterkühe“ <sup>a</sup> „männliche Rinder ab 2 Jahren“ <sup>a</sup>
2	Schafe	„Erwachsene Schafe“ „Lämmer“
3	Schweine	„Sauen“ (incl. Saugferkel bis 8 kg) „Aufzuchtferkel“ „Mastschweine“ „Eber“

CRF-Tierkategorien	Tierkategorien im deutschen Inventar
Büffel	--- a
Kamele	--- b
Gehegewild	--- c
Ziegen	„Ziegen“
Pferde	„Großpferde“ <sup>d</sup> „Kleinpferde und Ponys“ <sup>d</sup>
Esel und Maultiere	--- d
4 Geflügel	„Legehennen“ „Masthähnchen und –hühnchen“ „Junghennen“ „Gänse“ „Enten“ „Puten, männlich“ „Puten, weiblich“
Kaninchen	--- c
Rentiere	--- b
Strauße	--- c
Pelztiere	--- c

<sup>a</sup> Im deutschen Inventar wurden Büffel bis 2012 den Mutterkühen zugeschlagen, ab 2013 sind Büffel nicht separierbar in den amtlichen Tierzahlen der übrigen Rinder und Milchkühe enthalten.

<sup>b</sup> Diese Tiere kommen in Deutschland nicht vor.

<sup>c</sup> Über diese Tiere wird nicht berichtet, da ihr Beitrag zu den Emissionen nicht relevant ist, siehe Kapitel 19.3.1.

<sup>d</sup> Im deutschen Inventar wurden Esel und Maultiere bis 2009 den Kleinpferden und Ponys zugeschlagen, ab 2010 sind sie nicht separierbar in den amtlichen Tierzahlen der Pferde enthalten.

### 5.1.3.2 Tierplatzzahlen (3.A, 3.B)

Der Begriff „Tierplatz“ oder „Platz“ (Einheit: pl) im deutschen Inventar entspricht der AAP-Definition („average annual population“) in EMEP(2013), S. 13, bzw. IPCC(2006)-10.8, Gleichung 10.1. Es handelt sich um einen mittleren, kontinuierlich zur Produktion besetzten Tierplatz. Diese Tierplatz-Definition ist konsistent mit der im deutschen Inventar getroffenen Annahme, dass die durch die Officialstatistik zu einem bestimmten Stichtag (siehe Kapitel 5.1.3.2.1) erhobenen Tierzahlen über das Jahr konstant sind.

Als Synonym für Tierplatz wird im Folgenden auch der Begriff der Tierzahl verwendet.

#### 5.1.3.2.1 Erhebungen durch die statistischen Ämter des Bundes und der Länder

Das Statistische Bundesamt und die statistischen Landesämter führen Agrarstrukturerhebungen<sup>80</sup> durch, bei denen zusammen mit anderen Daten die Tierzahlen für Rinder, Schweine, Schafe, Pferde (ab 2010: Equiden) und Geflügel erfasst werden. Diese Agrarstrukturerhebungen fanden 1990 - 1996 und 1999 -2007 jedes zweite Jahr statt, 2010 im Rahmen der umfangreicheren Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010)<sup>81</sup> und danach erst wieder im Jahr 2013. Die Erhebungen 1990, 1992, 1994 und 1996 erfolgten am 3. Dezember, während der Stichtag in den Jahren 1999 - 2007 am 3. Mai und 2010 und 2013 am 1. März war.

Neben den Agrarstrukturerhebungen finden jährlich Viehbestandserhebungen statt (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 4.1). Bis 1998 einschließlich erfolgten diese Erhebungen halbjährlich für Rinder und Schafe (Juni, Dezember), viermonatlich für

<sup>80</sup> <https://www.destatis.de/DE/Meta/AbisZ/Agrarstrukturerhebung.html>

<sup>81</sup> <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaft/Landwirtschaftszaehlung2010/Ergebnisse.html>

Schweine (April, August, Dezember), sowie alle zwei Jahre im Dezember der geraden Jahre für alle Tierarten, d. h. auch für Pferde und Geflügel. Stichtag war jeweils der dritte Kalendertag im Monat. Seit 1999 erfolgt die Viehbestandserhebung zweimal jährlich zum Stichtag 3. Mai und 3. November für Rinder und Schweine sowie zum Stichtag 3. Mai (ab 2011 zum Stichtag 3. November) für Schafe.

Für Rinder, Schweine und Schafe liegen somit für alle Jahre seit 1990 Tierzahlen aus offiziellen Erhebungen vor. Dabei wurden im Inventar bis 1998 einschließlich die Daten von Dezember (für Schafe im Juni) und danach bis 2010 einschließlich die Daten von Mai verwendet, während in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt ab 2011 der November-Stichtag zu verwenden ist (EU Regulation No 1165/2008, Article 4). Diese Zahlen entsprechen den vom Statistischen Bundesamt an EUROSTAT übermittelten Zahlen. Der Wechsel des Stichtages zum 3. November hat bei Rindern und Schweinen keinen signifikanten Einfluss auf die Tierzahlen. Bei den Schafzahlen erwies sich dagegen eine Tierzahlkorrektur als erforderlich, siehe Kapitel 5.1.3.2.2.

Die Anzahl der Ziegen in Deutschland wurde zwischen den Jahren 1977 und 2010 nicht erfasst. Bis 2004 schätzte das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) die Ziegenzahlen auf nationaler Ebene. Diese Zeitreihe wurde ab 2005 durch Schätzungen des Statistischen Bundesamtes ergänzt. Die 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) erstmalig wieder offiziell erfasste Gesamtzahl der Ziegen liegt deutlich unter den Schätzungen der Vorjahre. Diese Schätzungen, die auch an EUROSTAT berichtet wurden, werden nach Abstimmung mit dem Statistischen Bundesamt weiter im Inventar verwendet. Für 2013 liegt eine offiziell erhobene Ziegenzahl des Statistischen Bundesamtes vor.

Für Pferde bzw. Equiden und Geflügel sind Tierzahlen nur alle zwei bis drei Jahre aus den Agrarstrukturerhebungen verfügbar (Stichtage: bis 1998 einschließlich 3. Dezember, 1999 – 2007 3. Mai, 2010 und 2013 1. März). Es erfolgten in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt keine Tierzahlkorrekturen wegen der variierenden Stichtage.

Der Erhebung der Geflügelzahlen 2013 durch das Statistische Bundesamt und die Statistischen Landesämter lag eine Berichtskreisrevision zugrunde. Diese war erforderlich geworden, da in den Erhebungen zuvor (letztmalig 2010) aufgrund der seinerzeitigen Regeln zur Auswahl der zu befragenden Betriebe größere Geflügelbestände nicht erfasst wurden. Die 2013 erhobenen Geflügelzahlen sind damit deutlich höher, als dies aufgrund der Erhebungen in den Jahren zuvor zu erwarten war. Da das Statistische Bundesamt die offiziellen Geflügelzahlen der Vorjahre bis 2010 nicht korrigiert, weisen die im Inventar verwendeten Geflügelzahlen zwischen 2010 und 2013 einen markanten Anstieg auf, der aber nicht als Trend in der Entwicklung der Geflügelzahlen interpretiert werden darf. Für 2014 liegen keine offiziellen Geflügelzahlen vor.

Für die Inventarberechnung mussten die Datenlücken geschlossen und die verfügbaren Tierplatzzahlen teilweise modifiziert werden, um den Erfordernissen der Emissionsberichterstattung zu entsprechen. Hierauf sowie auf Berücksichtigung von Büffeln, Eseln und Maultieren geht Kapitel 5.1.3.2.2 ein.

#### **5.1.3.2.2 Besonderheiten der Tierplatzzahlen im Inventar**

Die Rinderbestände werden seit dem Jahr 2008 aus der Datenbank HIT (Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere, <http://www.hi-tier.de>) des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) entnommen, in der jedes Rind registriert

ist. Als Folge der neuen Erhebungsmethode ergeben sich für die Jahre ab 2008 allerdings systematisch höhere Tierzahlen als in den Jahren zuvor, in denen aufgrund von Erfassungsgrenzen nicht alle Tiere berücksichtigt wurden. Ein Vergleich des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2007 zeigt, dass die Rinderzahlen aus HIT 2,9 % höher als nach der herkömmlichen Erhebungsmethode sind (für Milchkühe allein 2,8 %). Laut Statistischem Bundesamt werden die Rinderzeitreihen vor 2008 nicht nachträglich angepasst. Als Folge werden die Emissionen aus der Rinderhaltung in den Jahren 1990 bis 2007 leicht unterschätzt. Um möglichst homogene Tierkategorien zu bilden, wurden einige der in den amtlichen Erhebungen verwendeten Rinderkategorien für das Inventar modifiziert (HAENEL et al. (2016)).

Ab dem Zeitreihenjahr 2013 umfassen die vom Statistischen Bundesamt bereitgestellten Rinderzahlen auch Bisons und Büffel, ohne dass die Büffel aus diesen Zahlen herauszurechnen wären. Da auf diese Weise ab dem Zeitreihenjahr 2013 die Emissionen der Büffel in den Emissionen der Rinder enthalten sind, werden Büffel im Inventar ab Submission 2015 nicht mehr als eigenständige Kategorie behandelt (included elsewhere, IE). Die in den Zeitreihenjahren 1990 bis 2012 von den Büffeln ausgehenden Emissionen werden im Inventar dadurch berücksichtigt, dass die Büffelzahl der Mutterkuhzahl zugeschlagen wird. Allerdings hat das Statistische Bundesamt keine Büffelzahlen veröffentlicht. Daher wurden für die Jahre ab 2000 die Angaben des Deutschen Büffelverbandes verwendet. Aufgrund der Empfehlung im Abschlussbericht zum „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention“ wurde die Zeitreihe der Büffel-Population auf nationaler Ebene für die Jahre vor 2000 durch lineare Extrapolation vervollständigt. Für die Jahre 1990 bis 1995 ergaben sich rechnerisch negative Tierzahlen, die durch Nullen ersetzt wurden.

Auch bei den Schweinen wurden einige der in den amtlichen Erhebungen verwendeten Kategorien modifiziert, um möglichst homogene Tierkategorien zu bilden. Die offiziellen Tierzahlen für Ferkel bis 20 kg Tier<sup>-1</sup> sowie Jung- und Mastschweine ab 20 kg Tier<sup>-1</sup> werden nach dem in HAENEL et al. (2011) beschriebenen Verfahren zu Tierzahlen für die Inventarkategorien „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ umgerechnet. Diese Transformation bleibt ohne Auswirkung auf die Gesamtzahl der Schweine. Letztere wird für die Emissionsberechnung allerdings um die Zahl der Ferkel verringert, die bis 8 kg wiegen. Dieses Vorgehen beruht auf dem Inventarkonzept, dass Ferkel bis 8 kg als Saugferkel zu werten sind, die bzgl. ihrer Emissionen implizit bei den Sauen mitgerechnet werden.

Bei den Schafen werden für alle Jahre ab 2010 die amtlichen Schafzahlen korrigiert (HAENEL et al., 2016). Grund ist der Wechsel des Erhebungstermins vom Frühjahr (bis 2009 Mai bzw. Juni) zum 1. März (2010) bzw. zum 3. November (seit 2011). Die mit diesem Wechsel verbundene scheinbare Abnahme der Lämmer (und damit der Schafe-Gesamtzahl) wird durch die Korrektur ausgeglichen.

Die amtlichen Ziegenzahlen für 2010 und 2013 wurden dazu verwendet, die nicht verfügbaren Zahlen von 2011 und 2012 durch lineare Interpolation zu berechnen. Für 2014 sind keine Ziegenzahlen verfügbar; sie wurden daher durch Extrapolation des Trends zwischen 2010 und 2013 geschätzt.

Die Pferdezahlen werden im Inventar zur Berücksichtigung unterschiedlichen Emissionsverhaltens in „Großpferde“ und „Kleinpferde und Ponys“ unterteilt.

In der Landwirtschaftszählung 2010 und in der Zählung 2013 wurden statt Pferdezahlen Equidenzahlen erhoben. Deren Zahl schließt in nicht separierbarer Weise Esel und Maultiere ein (included elsewhere, IE). Ab Submission 2015 entfällt daher im Inventar die separate Kategorie „Esel und Maultiere“. Die Zahl der Esel- und Maultiere wurde bis zum Jahr 2009 zu der Zahl der Kleinpferde und Ponys addiert. Diese Zahl wurde nach Daten der INTERESSENGEMEINSCHAFT FÜR ESEL UND MAULTIERE (IGEM) auf 8.500 Esel und Maultiere pro Jahr geschätzt. Datenlücken innerhalb der Pferdezeitreihe wurden durch lineare Interpolation geschlossen. Die für 2014 fehlenden Equidenzahlen wurden durch Extrapolation des Trends zwischen 2010 und 2013 geschätzt.

Junghennen wurden bis 2007 entgegen der Haltungspraxis (Aufstallung als Legehennen bereits nach der 18. Woche, wie es im Inventar auch berücksichtigt ist) offiziell bis zu einem Alter von 6 Monaten gezählt. Daher wurde für das Inventar ein Teil der Junghennen in die Legehennen-Kategorie verschoben, wobei die Gesamtsumme aus Jung- und Legehennen nicht verändert wurde (HAENEL et al., 2016). Die nächste Geflügelzählung nach 2007 fand 2010 statt. Ab dieser Zählung entfällt die Umrechnung zwischen Junghennen und Legehennen, da die Tierzahlen entsprechend der Haltungspraxis erhoben wurden. Für 2014 sind keine Zahlen verfügbar; sie wurden durch Beibehaltung des Wertes von 2013 geschätzt, da das Jahr 2010 wegen des Tierzahlrückgangs (aufgrund des ab 2010 geltenden Käfigverbots) für eine Trendschätzung mit anschließender Extrapolation für 2014 ungeeignet ist.

Die für 2014 fehlenden Tierzahlen der anderen Geflügelkategorien wurden ausgehend von 2013 durch Anwendung des Trends zwischen 2007 und 2010 geschätzt. Der Trend zwischen 2010 und 2013 kam hierfür nicht in Betracht, da er durch die Berichtskreisrevision, die zur Erfassung zahlreicher bis dahin nicht berücksichtigter Tierbestände führte (siehe Kapitel 5.1.3.2.1), erheblich verzerrt ist.

Die offiziell erhobenen Putenzahlen wurden im Inventar zur Berücksichtigung unterschiedlichen Wachstums für alle Jahre seit 1990 in Hähne und Hennen aufgeteilt.

#### 5.1.3.2.3 *Im Inventar verwendete Tierplatzzahlen (3.A, 3.B)*

Die der deutschen Berichterstattung zugrunde liegenden Tierplatzzahlen sind in Tabelle 215 zusammengestellt.

Für 2003 wurden gegenüber dem NIR 2015 die zu niedrigen Schweinezahlen von Mecklenburg-Vorpommern aktualisiert. Bei Schweinen, Schafen, Pferden und Geflügel wurden die bislang verwendeten Tierzahlen des Jahres 2007, die auf ganze 100 gerundet waren, durch feiner aufgelöste Daten ersetzt. Dadurch ändern sich durch Interpolation teilweise auch die Zahlen in den Jahren davor und danach geringfügig.

Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Tabelle 256 in Kapitel 5.1.6.

Tabelle 215: Zahl der in die deutsche Berichterstattung eingehenden Tierplätze (3.A, 3.B) in 1.000

[in 1000]	Milchkühe	übrige Rinder	Schweine	Schafe	Ziegen	Pferde	Geflügel
1990	6.355	13.133	26.502	3.266	90	499	113.879
1995	5.229	10.661	20.387	2.991	100	634	111.228
2000	4.570	9.969	21.768	2.743	140	500	120.180
2005	4.236	8.800	22.743	2.643	170	508	120.560
2006	4.082	8.668	22.418	2.561	180	529	124.512
2007	4.071	8.617	22.985	2.538	180	550	128.463
2008	4.218	8.754	22.678	2.437	190	521	128.608
2009	4.205	8.742	23.022	2.350	220	491	128.754
2010	4.183	8.629	22.244	2.245	150	462	128.900

[in 1000]	Milchkühe	übrige Rinder	Schweine	Schafe	Ziegen	Pferde	Geflügel
2011	4.190	8.340	22.788	1.980	143	462	145.044
2012	4.190	8.319	23.648	1.966	137	461	161.189
2013	4.268	8.418	23.391	1.877	130	461	177.333
2014	4.296	8.447	23.667	1.892	124	461	180.421

#### 5.1.3.2.4 Vergleich mit Tierzahlen der FAO (3.A, 3.B)

Die FAO veröffentlicht Tierzahlen für alle Länder der Welt in einer Internetdatenbank (FAOSTAT, <http://faostat3.fao.org>). Die dort für Deutschland veröffentlichten Tierzahlen unterscheiden sich in vielen Fällen von den im Inventar verwendeten Tierzahlen. Grundsätzlich stehen in FAOSTAT Daten, die vom Statistischen Bundesamt in Deutschland erhoben worden sind, die Datenquelle entspricht also der des Inventars. Kleinere Unterschiede sind durch Rundungsfehler und Rekonstruktion von einzelnen, nicht vom Statistischen Bundesamt berichteten Tierzahlen (z. B. in Stadtstaaten) erklärbar. Tierzahlen für das Jahr 2014 lagen zum Zeitpunkt der Erstellung des NIR 2016 im September 2015 bei FAOSTAT noch nicht vor. Viele der Tierzahlen für 2013, die noch Anfang des Jahres 2015 mit der deutschen Statistik übereinstimmten, wurden zwischenzeitlich in FAOSTAT durch abweichende FAO-Schätzungen ersetzt, so dass im Unterschied zum NIR 2015 hier keine Übereinstimmung mehr zwischen FAOSTAT- und deutschen Daten besteht. Im Folgenden werden die größeren Unterschiede zwischen FAOSTAT-Daten und den im Inventar verwendeten Tierzahlen erläutert.

**Rinder:** Im Unterschied zum Inventar enthält FAOSTAT in den Jahren 2011 – 2013 die Daten der Mai-Zählung (das Inventar verwendet hier die Daten der November-Zählung). Vor 2012 ist im Inventar die Büffelzahl in der Rinderzahl enthalten, was zu kleineren Abweichungen führt. Vor 2000 kommt es vor, dass die FAO-Zahlen um ein Jahr falsch eingetragen sind (z.B. enthält 1999 die Rinderzahlen von 1998).

**Schweine:** Die FAO-Schweinezahlen sind generell nicht mit den Inventarzahlen zu vergleichen, da im Inventar die Zahl der Ferkel mit einem Gewicht kleiner 8 kg abgezogen wird (vgl. Kapitel 5.1.3.2.2).

**Schafe:** Ab 2010 sind die FAO-Schafzahlen nicht mit den Inventarzahlen zu vergleichen, da im Inventar die Schafzahlen korrigiert werden (vgl. Kapitel 5.1.3.2.2). In den Zeiträumen 1993 – 2000 und 2005 - 2009 stimmen die Zahlen gut miteinander überein. In den übrigen Zeiträumen (1990 -1992 und 2001 – 2004) gibt es z. T. größere Abweichungen, die mit den vorliegenden Informationen nicht erklärbar sind.

**Ziegen:** Nur in wenigen Jahren stimmen die FAO-Ziegenzahlen mit den im Inventar verwendeten Daten überein, die auf Schätzungen deutscher Institutionen beruhen (siehe Kapitel 5.1.3.2.1). die Ziegenzahl für 2013 wurde von der FAO neu geschätzt, statt die von Deutschland gemeldete Zahl zu übernehmen. Von 1991 bis 2003 sind die FAO-Zahlen um ein Jahr falsch eingetragen (1991 enthält die Ziegenzahl von 1990 usw.).

**Pferde:** Die FAO-Zahlen für 2008 bis 2013 sind FAO-Schätzungen, obwohl für 2010 und 2013 Daten aus deutschen Erhebungen verfügbar sind. Die FAO-Daten unterscheiden sich deutlich von den linear interpolierten Daten des Inventars. In den Inventarzahlen bis 2009 sind jeweils 8.500 Esel und Maultiere enthalten (vgl. Kapitel 5.1.3.2.2), die in den FAO-Zahlen fehlen.

**Geflügel:** In fast allen Jahren mit Tierzählungen stimmen die Geflügelzahlen überein (1992, 1994, 1999, 2003, 2005 und 2010). Die Ergebnisse der Zählungen der Jahre 1990, 1996 und 2001 sind in FAOSTAT fälschlich im jeweils darauf folgenden Jahr eingetragen. Sehr große

Abweichungen zu den im Inventar verwendeten Daten zeigen sich vor allem in den Zahlen der Jahre 2011 und 2012, die von der FAO offenbar extrapoliert worden sind, bevor die Geflügelzahl für 2013 bekannt war. Die in FAOSTAT ehemals richtig übernommenen deutschen Geflügelzahlen für 2013 (vgl. NIR 2015) wurden mittlerweile durch eine abweichende FAO-Schätzung ersetzt.

### 5.1.3.3 Leistungs-, Energie- und Futterdaten (3.A, 3.B)

Die Berechnung von Emissionen nach einem Tier-2-Verfahren erfordert Angaben zur tierischen Leistung (Tiergewicht, Gewichtszunahme, Milchleistung, Milcheiweißgehalt, Milchfettgehalt, Geburtenzahl, Eianzahl und -gewicht) und zum Futter (Phasenfütterung, Futterbestandteile, Protein- und Energiegehalt, Umsetzbarkeit von Energie, Verdaulichkeit von organischer Substanz). Zur Aufteilung der vom Statistischen Bundesamt berichteten Puten-Gesamtzahl in Hähne und Hennen wird das Geschlechterverhältnis benötigt. Die benötigten Daten sind zum großen Teil nicht aus der amtlichen Statistik erhältlich. Sie wurden der allgemein verfügbaren Fachliteratur, Veröffentlichungen von Verbänden oder Regelwerken für die landwirtschaftliche Beratung in Deutschland entnommen oder durch Expertenbefragung gewonnen.

Tabelle 216 zeigt die mittleren Tiergewichte für Milchkühe, übrige Rinder, Schweine und Geflügel. Bei den Schweinen (2013) und beim Geflügel gibt es geringfügige Abweichungen zum NIR 2015. Der Grund liegt in aktualisierten Tiergewichten sowie beim Geflügel an aktualisierten Tierzahlen. Zu Details der Berechnung der mittleren Tiergewichte siehe HAENEL et al. (2016).

Tabelle 216: Mittlere Tiergewichte (3.A, 3.B)

[kg Tier <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	607,9	618,7	641,9	646,7	648,6	651,2	642,6	641,9	646,8	647,8	646,1	645,7	645,2
übrige Rinder	338,7	351,1	367,7	365,4	369,4	371,8	365,7	366,0	367,8	365,6	365,2	367,1	367,0
Schweine	66,7	69,0	67,3	67,0	66,9	66,9	66,6	66,7	65,3	64,1	63,7	63,6	63,6
Geflügel	1,63	1,60	1,69	1,78	1,79	1,78	1,76	1,79	1,78	1,74	1,72	1,69	1,69

Die Tiergewichte von Schafen, Ziegen und Pferden (siehe HAENEL et al., 2016) gehen nicht in die Emissionsberechnungen ein, wurden aber für CRF-3.B geschätzt (mittlere Gewichte bei Schafen und Pferden zur Berücksichtigung von Groß- und Kleintieren): Schafe 50 kg Tier<sup>-1</sup>, Ziegen 40 kg Tier<sup>-1</sup> und Pferde 490 kg Tier<sup>-1</sup>.

Tabelle 217 zeigt die mittlere tägliche Milchleistung bei Milchkühen, die der jährlichen Milchleistung dividiert durch 365 Tage entspricht.

Tabelle 217: Mittlere tägliche Milchleistung bei Milchkühen (3.A)

[kg d <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchleistung	12,93	14,80	16,65	18,53	18,77	19,03	18,69	19,11	19,41	19,84	20,06	20,12	20,66

Bei Milchkühen, Färsen, Mastbullen, Sauen, Aufzuchtferkeln und Mastschweinen wird die Aufnahme der Gesamtenergie (GE) leistungsabhängig berechnet. Hierfür wird angenommen, dass die Fütterung den tierischen NEL- bzw. ME-Energiebedarf<sup>82</sup> genau deckt. Aus dem Energiebedarf und dem mittleren NEL- bzw. ME-Energiegehalt des Futters wird ermittelt, welche Menge Futter bei gegebener Futterzusammensetzung zur Deckung des NEL- bzw.

<sup>82</sup> Der Energiebedarf wird bei der Milchkuh in der Einheit „Netto Energie Laktation (NEL)“ angegeben (siehe KIRCHGESSNER et al., 2008), während bei den anderen Tieren mit Energiebedarfsberechnung im deutschen Inventar die Einheit „Umsetzbare Energie (ME, metabolic energy)“ verwendet wird (siehe z. B. GfE, 2006).

ME-Energiebedarfs aufgenommen wird (HAENEL et al., 2016). Aus der aufgenommenen Futtermenge und dem mittleren GE-Gehalt des Futters wird die vom Tier aufgenommene Gesamtenergie GE berechnet. Bei Kälbern, Mutterkühen, männlichen Rindern ab 2 Jahren, Ebern, Ziegen, Schafen und Pferden wird die GE-Aufnahme mit Hilfe von Standardwerten ermittelt. Für Geflügel wird keine GE-Aufnahme berechnet.

Gegenüber dem NIR 2015 wurden folgende Leistungsdaten oder mit der Leistung in Zusammenhang stehende Daten und Methoden geändert (siehe dazu auch HAENEL et al., 2016):

- **Milchkühe (Daten):** Die Milchleistungswerte für 2013 wurden aktualisiert.
- **Kälber (Methodik):** Die Berechnung der Trockenmasse-Aufnahme wurde verbessert.
- **Mastschweine (Daten):** Datenlücken bei Zuwachsraten und Tiergewichten wurden bisher durch Fortschreibung geschlossen. Diese wurde durch lineare Interpolation ersetzt.
- **Legehennen (Daten):** Anfangs- und Endgewicht sowie Eigewicht wurden für alle Jahre der Zeitreihe aktualisiert.
- **Masthähnchen (Daten):** Die Eingangsgröße „Gesamt-Bruttoschlachtfleischmenge“ wurde für 2013 aktualisiert
- **Junghennen (Daten):** Das Endgewicht wurde Im Zusammenhang mit der Aktualisierung des Anfangsgewichtes der Legehennen angepasst.
- **Puten (Daten):** Die Aktivitätsdaten für 2013 (Gewicht, Zuwachs, Mastdauer, Futtermittelverwertung) wurden aktualisiert.

Tabelle 218 zeigt für Milchkühe, übrige Rinder sowie Schweine die tägliche Gesamtenergie-Aufnahme GE. In allen drei Tierkategorien gibt es in einzelnen Jahren geringe Abweichungen vom NIR 2015. Sie sind eine Folge der o. g. Änderungen bei Leistungsdaten, Aktivitätsdaten und Methoden.

Tabelle 218: Mittlere tägliche Gesamtenergie-Aufnahme (GE) (3.A)

[MJ Platz <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	259,9	277,8	295,1	310,3	311,8	314,7	310,2	314,1	317,5	320,3	321,9	321,9	326,0
übrige Rinder	103,3	105,5	107,0	105,5	105,8	105,6	105,1	105,5	105,3	104,8	104,3	104,4	103,8
Schweine	30,2	31,8	32,6	33,0	33,1	33,2	33,3	33,8	33,7	34,0	34,3	34,5	34,6

Tabelle 219 bis Tabelle 221 zeigen für Milchkühe, übrige Rinder und Schweine die Eingangsdaten für die VS-Berechnung, die der Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management zugrunde liegt (siehe Kapitel 5.3.2.2.1). Es handelt sich um Trockenmasseaufnahme, Verdaulichkeit organischer Substanz und Aschegehalt des Futters. Die Trockenmasseaufnahme ergibt sich aus der Futtermittelaufnahme unter Berücksichtigung des Trockenmassegehaltes der Futterkomponenten (siehe HAENEL et al., 2016). Die Verdaulichkeit organischer Substanz und der Aschegehalt des Futters sind als Futterkennwerte gegeben (BEYER et al., 2004; Herstellerangaben); sind die Daten nicht verfügbar, werden geeignete Ersatzwerte verwendet (siehe HAENEL et al., 2016). Geringfügige Abweichungen vom NIR 2015 resultieren aus den oben genannten Änderungen bei Leistungsdaten, Aktivitätsdaten und Methoden.

Tabelle 219: Tägliche Trockenmasseaufnahme

[kg <sup>-1</sup> Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	14,17	15,07	15,96	16,74	16,81	16,96	16,73	16,93	17,10	17,24	17,32	17,32	17,53
übrige Rinder	5,52	5,64	5,72	5,64	5,65	5,64	5,61	5,64	5,63	5,59	5,57	5,57	5,54
Schweine	1,83	1,93	1,98	2,00	2,01	2,01	2,02	2,05	2,05	2,06	2,08	2,10	2,10

Tabelle 220: Verdaulichkeit von organischer Substanz im Futter (3.A)

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	72,9	73,4	73,9	74,4	74,5	74,5	74,4	74,5	74,6	74,6	74,7	74,6	74,8
übrige Rinder	72,7	72,7	72,6	72,7	72,7	72,8	72,8	72,8	72,8	72,8	72,9	72,9	72,9
Schweine	84,7	84,7	84,7	84,8	84,8	84,8	84,8	84,8	84,8	84,8	84,9	84,9	84,9

Tabelle 221: Aschegehalt des Futters

[kg kg <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	0,096	0,093	0,091	0,089	0,089	0,088	0,089	0,088	0,088	0,087	0,087	0,087	0,087
übrige Rinder	0,089	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091	0,091
Schweine	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056

Weitere Angaben zur Tierhaltung, z. B. zu Ausscheidungen (N, VS), finden sich in den nachfolgenden Kapiteln.

In keinem der verwendeten Tiermodelle wird die mittlere prozentuale Trächtigkeit als Eingangsgröße verwendet. Sie wird der Vollständigkeit halber für Rinder in CRF-Tabelle 3.A berichtet.

#### 5.1.3.4 N-Ausscheidungen (3.B)

Bei Milchkühen, Färsen, Mastbullen, Schweinen, Legehennen, Junghennen, Masthähnchen und -hühnchen, Enten sowie Putenhähnen und Putenhennen werden die N-Ausscheidungen leistungsabhängig berechnet. Für die übrigen Tiere werden die N-Ausscheidungswerte der deutschen Fachliteratur entnommen (siehe HAENEL et al., 2016).

Die leistungsabhängige Berechnung der N-Ausscheidung basiert auf der Annahme einer Fütterung, die genau den Energiebedarf deckt (siehe Kapitel 5.1.3.3). Die vom Tier aufgenommene N-Menge ergibt sich aus der aufgenommenen Futtermenge und dem mittleren N-Gehalt der Futtermischung, der den nationalen Fütterungsempfehlungen entspricht. Von der aufgenommenen N-Menge werden die wachstumsbedingte N-Retention, die N-Abgabe über Produkte (Milch/Eier) sowie die N-Verluste durch Trächtigkeit/Nachwuchs abgezogen. Die verbleibende N-Menge ist die N-Ausscheidung:

In die Berechnung der N-Ausscheidung gehen folgende Parameter ein:

- Milchkühe: Milchleistung, Milcheiweiß-Gehalt, Milchfett-Gehalt, Tiergewicht, Gewichtszunahme, Zahl der Geburten pro Jahr, Futtereigenschaften;
- Färsen und Mastbullen: Gewichtszunahme, Endgewicht und Futtereigenschaften;
- Schweine: Tiergewicht; bei Sauen auch Zahl der Ferkel pro Jahr; bei Aufzuchtferkeln und Mastschweinen auch Gewichtszunahme und Futtereigenschaften;
- Legehennen, Junghennen, Enten, Puten: Gewichtszunahme, Endgewicht, Futtereigenschaften; bei Legehennen auch Legeleistung;
- Masthähnchen und -hühnchen: Brutto-Schlachtfleischenge, Futtereigenschaften.

Bei Tierkategorien mit Weidegang werden die pro Tierplatz und Jahr berechneten N-Ausscheidungen auf Weide und Stall aufgeteilt, da nur die Ausscheidungen im Stall in die Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen unter 3.B einfließen. Diese Aufteilung erfolgt proportional zu den relativen Zeitanteilen, die auf die Haltung im Stall und auf der Weide entfallen (siehe dazu Kapitel 19.3.1, Tabelle 495).

Tabelle 222 zeigt die Zeitreihen der N-Ausscheidungen.. Für Ziegen ist die N-Ausscheidung zeitlich konstant (11,0 kg Platz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>). Die Abweichungen zum NIR 2015, die sich aus Änderungen bei Leistungsdaten und Methoden (siehe Kapitel 5.1.3.3) sowie bei den

Sammelkategorien aus veränderten Tierplatzzahlen der Unterkategorien (siehe Kapitel 5.1.3.2) ergeben, sind gering.

Tabelle 222: N-Ausscheidungen pro Tierplatz und Jahr (3.B(b))

[kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	97,6	102,9	109,9	115,3	115,9	116,9	114,2	115,4	116,4	117,3	117,6	117,3	119,2
übrige Rinder	41,2	43,0	43,8	43,3	43,4	43,1	43,0	43,2	43,1	42,9	42,7	42,7	42,5
Schweine	12,1	12,6	12,7	12,8	12,8	12,8	12,8	12,9	12,8	12,9	12,9	13,0	13,0
Schafe	7,7	7,7	7,8	7,8	7,8	7,7	7,7	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
Pferde	48,2	48,1	49,0	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8	48,8
Geflügel	0,70	0,67	0,69	0,74	0,73	0,74	0,74	0,75	0,77	0,75	0,73	0,69	0,70

Tabelle 223 zeigt die jährlichen N-Ausscheidungen für die vier Wirtschaftsdünger-Managementsysteme „güllebasiert (ohne Vergärung)“, „strohbasierend (ohne Tiefstreu und ohne Vergärung)“, „Tiefstreu (ohne Vergärung)“ und „Vergärung“ sowie für „Weidegang“.

Tabelle 223: Jährliche N-Ausscheidungen, aufgeteilt nach Wirtschaftsdünger-Managementsystemen (3.B(b)) und Weidegang (3.D)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>insgesamt</b>	<b>1611,4</b>	<b>1382,9</b>	<b>1346,1</b>	<b>1297,6</b>	<b>1274,4</b>	<b>1286,0</b>	<b>1290,8</b>	<b>1301,2</b>	<b>1286,1</b>	<b>1291,3</b>	<b>1309,4</b>	<b>1324,6</b>	<b>1341,5</b>
güllebasiert <sup>a</sup>	898,6	848,0	823,7	766,3	733,6	719,3	706,5	692,9	656,3	635,6	635,8	622,4	620,6
strohbasierend <sup>b</sup>	447,7	310,0	297,4	284,5	282,7	287,4	287,8	288,4	287,0	289,6	294,9	299,1	301,7
Tiefstreu <sup>a</sup>	51,6	53,1	57,4	70,7	70,4	71,5	74,1	75,1	74,5	71,6	71,3	71,9	71,8
Vergärung	0,04	0,56	4,82	32,31	48,11	69,46	83,62	106,34	132,24	161,37	174,99	197,29	211,97
Weidegang	213,4	171,3	162,8	143,7	139,5	138,4	138,8	138,5	136,1	133,0	132,3	133,8	135,4

<sup>a</sup> ohne Vergärung

<sup>b</sup> ohne Tiefstreu und ohne Vergärung

### 5.1.3.5 VS-Ausscheidungen (3.B)

Die Berechnung der VS-Ausscheidungen erfolgt für Milchkühe, übrige Rinder Schweine und Geflügel (Ausnahme: Gänse) mit dem nationalen Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011):

Gleichung 5: Berechnung der VS-Ausscheidungen

$$VS_i = m_{\text{feed, DM, } i} \cdot (1 - X_{\text{DOM, } i}) \cdot (1 - x_{\text{ash, feed}})$$

$VS_i$	VS-Ausscheidung von Tierkategorie i (in kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$m_{\text{feed, DM, } i}$	Trockenmasse-Aufnahme, Tierkategorie i (in kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$X_{\text{DOM, } i}$	Verdaulichkeit organischer Substanz, Tierkategorie i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{ash, } i}$	Aschegehalt des Futters, Tierkategorie i (in kg kg <sup>-1</sup> )

Für Gänse wird die VS-Ausscheidung im Gegensatz zum NIR 2015 in Anlehnung an die VS-Ausscheidung von Enten geschätzt (HAENEL et al., 2016): 0,023 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Die Eingangsdaten für die VS-Berechnung sind: Trockenmasse-Aufnahme, Verdaulichkeit organischer Substanz und Aschegehalt des Futters; für eine Übersicht für Milchkühe, übrige Rinder und Schweine siehe Kapitel 5.1.3.3.

Die mit nationalen Eingangsdaten berechneten VS-Ausscheidungen für Milchkühe, übrige Rinder, Schweine und Geflügel sind in Tabelle 224 dargestellt. Änderungen gegenüber dem NIR 2015 sind Folge von Änderungen bei den Leistungsdaten und der Modellierung (siehe Kapitel 5.1.3.2.4) sowie bei den Tierplatzzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2). Die Änderungen sind gering.

Tabelle 224: Tägliche VS-Ausscheidung für Milchkühe, übrige Rinder, Schweine und Geflügel (3.B(a))

[kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	3,47	3,63	3,78	3,90	3,91	3,94	3,90	3,94	3,97	3,99	4,01	4,01	4,04
übrige Rinder	1,37	1,40	1,43	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,39	1,38	1,37	1,38	1,37
Schweine	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30
Geflügel	0,023	0,022	0,023	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,027	0,026	0,025	0,024	0,024

Tabelle 225 zeigt die täglichen VS-Ausscheidungen für Schafe, Ziegen und Pferde. Für erwachsene Schafe, Ziegen und Großpferde wurden die VS-Default-Werte nach IPCC (2006), Tabelle 10A-9, übernommen. Wegen der im Vergleich zu erwachsenen Schafen niedrigeren Leistung wird für Lämmer die VS-Ausscheidung mit 40 % der VS-Ausscheidung von erwachsenen Schafen angesetzt (HAENEL et al., 2016). Analog wurden die VS-Ausscheidungen der Kleinpferde und Ponys aus dem Verhältnis des Energiebedarfs aus den VS-Ausscheidungen für Großpferde abgeleitet (HAENEL et al., 2016).

Tabelle 225: Tägliche VS-Ausscheidungen für Schafe, Ziegen und Pferde (3.B(a))

[kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	VS
erwachsene Schafe	0,40
Lämmer	0,16
Ziegen	0,30
Großpferde	2,13
Kleinpferde und Ponys	1,38

Die mittlere VS-Ausscheidung für Schafe und Pferde ist wegen variierender Populationsanteile der jeweiligen Groß- und Kleintiere keine Konstante. Die jährliche Variation ist aber gering. Die über die Jahre gemittelte tägliche VS-Ausscheidung für Schafe liegt bei 0,31 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, für Pferde bei 1,95 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

### 5.1.3.6 Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren (CRF 3.B, 3.D)

#### 5.1.3.6.1 Häufigkeitsverteilungen (3.B, 3.D)

Das deutsche Inventar verwendet jährliche Häufigkeitsverteilungen von Haltungsformen (Anteile Weidehaltung/Stallhaltung; Anteile von Aufstallungsformen), Lagerungsformen und Wirtschaftsdünger-Ausbringungstechniken sowie Weidezeiten nach Tier-Unterkategorien. Auf Daten zu Wirtschaftsdünger-Vergärung und Gärrestlagerung wird in Kapitel 5.1.3.6.5 eingegangen.

Für die Jahre 1990 bis 1999 wurden die Häufigkeitsverteilungen zu Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie die Weidezeiten mit Hilfe des Agrarsektormodells RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationssystem für Deutschland) gewonnen<sup>83</sup>. Datengrundlage für diese RAUMIS-Daten waren nationale Fachstatistiken auf sektoraler und Kreisebene, KTBL-Normdaten zur Beschreibung der Produktionsverfahren, Daten der landwirtschaftlichen Gesamtrechnung, Sonderauswertungen des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (Bestandsgrößen-Klassenverteilung), sowie Daten aus Befragungen. Bei fehlenden statistischen Datengrundlagen wurde Expertenwissen in die Modellformulierung einbezogen.

<sup>83</sup> RAUMIS wird am Institut für Ländliche Räume des von Thünen-Instituts (vTI; bis 2008: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, FAL) betrieben. Für eine Einführung siehe WEINGARTEN (1995); eine detaillierte Beschreibung ist in HENRICHSMEYER et al. (1996) zu finden.

Nach 1999 konnten die vorgenannten RAUMIS-Daten nicht mehr aktualisiert werden. Erst für das Jahr 2010 konnten durch die Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010), die Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden sowie die Erhebung über Wirtschaftsdünger- ausbringung im Kalenderjahr 2010 aktuelle Daten gewonnen werden. Die Lücke zwischen diesen Daten und den RAUMIS-Daten von 1999 wurde i. d. R. durch lineare Interpolation geschlossen. In einigen Fällen wurden die Daten der LZ 2010 im Inventar allerdings bereits ab 1990 verwendet, um vergleichsweise unsicherere RAUMIS-Daten oder Annahmen zu ersetzen. Für Schafe z. B. wurden erstmals in der Landwirtschaftszählung 2010 offizielle Daten zum Weidegang erhoben; sie werden für die Jahre ab 1990 verwendet und ersetzen frühere Annahmen.

Für Legehennen liegen ab 1993 für jedes Jahr Angaben zur Verteilung der Haltungsformen vor (Statistisches Bundesamt). Die Datenlücke 1990 bis 1992 wird durch Übernahme des Wertes von 1993 geschlossen.

Zusätzlich wurden aufgrund von KTBL-Expertenurteilen folgende Festlegungen getroffen:

- Kälber wurden bis 2002 zu 50 % in Anbindehaltung auf planbefestigtem Boden mit Einstreu und 50 % auf Tiefstreu und ab 2003 wegen des Verbots der Anbindehaltung zu 100 % auf Tiefstreu gehalten.
- Bei Färsen werden alle strohbasierten Systeme als planbefestigter Boden mit Einstreu geführt, da dies in Deutschland am gebräuchlichsten ist.
- Bei Mutterkühen werden alle strohbasierten Systeme außer Anbindehaltung als Tiefstreu geführt, da dies in Deutschland am gebräuchlichsten ist.

Für die Jahre 2011 bis 2014 liegen keine Daten über Häufigkeitsverteilungen von Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren vor. Daher werden die Daten der LZ 2010 auch für diese Jahre verwendet. Abweichend davon wurden die Einarbeitungsfristen für Flüssigmist ab 2012 aktualisiert, da ab diesem Jahr auf unbewachsenen Boden ausgebrachter Flüssigmist (incl. flüssige Gärreste) aufgrund präziserer rechtlicher Durchführungsbestimmungen generell innerhalb von 4 Stunden einzuarbeiten ist.

Die Anzahl der Abluftreinigungsanlagen in Schweineställen bis 2012 (betrifft die für 3.D relevanten NH<sub>3</sub>-Emissionen) beruht auf Erhebungen von KTBL. Da mit Ausnahme von Niedersachsen 2014 keine neuen Daten für 2013 und 2014 verfügbar waren, wurden für alle anderen Bundesländer die Angaben von 2012 für 2013 und 2014 übernommen. Für Niedersachsen wurde der fehlende Wert von 2013 durch lineare Interpolation zwischen 2012 und 2014 geschätzt.

Die Anteile der anaeroben Vergärung von Gülle und Mist von Rindern, Schweinen und Geflügel in Biogasanlagen sowie die Häufigkeiten gasdichter Gärrestelager wurden durch KTBL für die Jahre 1990 – 2013 aktualisiert und für 2014 neu abgeleitet (KTBL, 2015).

Die dem deutschen Inventar zugrunde liegenden Verteilungen von Haltungs- Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Angaben zum Weidegang sind in Tabelle 495, Tabelle 496 und Tabelle 497 im Anhangkapitel 19.3.1 wiedergegeben. Diese Tabellen beinhalten auch Daten zur Vergärung von Wirtschaftsdünger aus der Rinder-, Schweine- und Geflügelhaltung sowie zur Ausbringung der Gärresten (siehe Kapitel 5.1.3.6.5).

Die nachfolgenden Tabellen zeigen für Milchkühe, übrige Rinder, Schweine und Geflügel die in CRF-3.B(a) zu berichtende Aufteilung der Tierpopulation auf die verschiedenen Wirtschaftsdünger-Managementsystemkategorien.

Tabelle 226: Güllebasierte Systeme ohne Vergärung, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a))

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	54,5	70,9	72,1	70,3	68,4	66,2	64,9	62,6	60,0	56,9	55,7	53,7	52,6
übrige Rinder	59,2	56,8	53,4	47,0	45,2	43,3	41,5	39,4	37,0	35,6	35,2	34,5	33,8
Schweine	80,6	87,2	89,0	88,4	87,7	86,5	85,8	84,7	82,8	81,3	80,8	79,1	78,2

Tabelle 227: Strohbasierete Systeme ohne Vergärung, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a))

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	27,8	15,7	14,8	15,4	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	15,4	15,3	15,2	15,2
übrige Rinder	19,6	18,3	18,5	18,4	18,7	18,9	19,3	19,7	20,2	20,1	19,8	19,7	19,7
Schweine	17,3	10,9	9,1	7,8	7,6	7,3	7,0	6,6	6,4	6,2	5,9	5,9	5,9
Geflügel	100,0	99,9	99,6	96,8	95,6	94,6	93,8	92,2	90,2	89,1	88,7	87,3	86,5

Tabelle 228: Tiefstreu ohne Vergärung, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a))

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
übrige Rinder	6,7	8,7	10,2	15,0	15,4	16,0	16,7	17,2	17,5	17,4	17,5	17,4	17,4
Schweine	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3

Tabelle 229: Alle Systeme mit Vergärung, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a))

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	0,003	0,051	0,49	3,1	5,2	7,6	9,2	11,6	14,4	17,5	18,7	20,6	21,7
übrige Rinder	0,003	0,033	0,28	2,0	2,9	4,0	4,6	5,8	7,2	8,9	9,7	10,6	11,2
Schweine	0,003	0,042	0,33	2,4	3,3	4,8	5,9	7,4	9,5	11,2	12,0	13,7	14,7
Geflügel	0,004	0,056	0,43	3,2	4,4	5,4	6,2	7,8	9,8	10,9	11,3	12,7	13,5

Tabelle 230: Weide, in % des ausgeschiedenen VS (3.B(a))

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	17,7	13,2	12,5	11,1	10,8	10,6	10,5	10,3	10,1	10,2	10,3	10,4	10,4
übrige Rinder	14,4	16,2	17,6	17,7	17,7	17,9	17,9	18,0	18,1	18,0	17,8	17,8	17,9

### 5.1.3.6.2 Einstreu bei Festmistsystemen

Bei Festmistsystemen gelangt mit der Einstreu zusätzlicher Stickstoff ins System, der im Inventar bei der Berechnung der Emissionen von N<sub>2</sub>O und NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management berücksichtigt wird. In Tabelle 495 in Kapitel 19.3.1 zeigt die vom Tierhaltungsverfahren abhängigen Einstreumengen in Frischmasse. Mit einem Trockenmassegehalt von 86 % und einem N-Gehalt der Trockenmasse von 0,58 % (siehe HAENEL et al., 2016) ergeben sich die in Tabelle 231 nach Tierkategorien angegebenen Einstreu-N-Mengen. Änderungen gegenüber dem NIR 2015 sind Folge von Modifikationen von Tierplatzzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2) und Methodik (siehe Kapitel 5.1.3.2.4).

Tabelle 231: Jahressummen des N-Eintrags durch Einstreu in strohbasiereten Systemen

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	17,1	7,6	7,1	6,7	6,5	6,5	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,8	6,9
übrige Rinder	23,9	21,1	21,3	20,3	20,2	20,4	21,1	21,3	21,3	20,6	20,5	20,7	20,8
Schweine	3,18	1,78	1,58	1,41	1,36	1,35	1,28	1,26	1,18	1,18	1,19	1,17	1,18
Schafe	0,83	0,75	0,70	0,68	0,65	0,64	0,62	0,60	0,58	0,51	0,50	0,48	0,48
Ziegen	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,11	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
Pferde	6,54	8,30	6,65	6,75	7,02	7,30	6,91	6,51	6,12	6,12	6,12	6,12	6,11
Geflügel	0,80	0,91	1,10	1,27	1,31	1,35	1,39	1,46	1,52	1,62	1,72	1,83	1,88

### 5.1.3.6.3 Maximale Methan-Bildungsrate B<sub>0</sub> (3.B(b))

Die mit der Lagerung von Wirtschaftsdünger verbundene Methanbildung wird für die Emissionsberechnung (siehe Kapitel 5.3.2.2.1) durch die tierspezifische maximale Methan-Bildungsrate B<sub>0</sub> und den lagerspezifischen Methan-Umwandlungsfaktor MCF charakterisiert. Zum MCF siehe Kapitel 5.1.3.6.4.

Tabelle 232 zeigt die verwendeten  $B_0$ -Werte und die Datenherkunft. Bei Rindern und Schweinen handelt es sich um nationale Daten. Für die übrigen Tiere außer Junghennen und Gänsen wurden IPCC-Default-Werte verwendet. Für Junghennen und Gänse existieren keine IPCC (2006)-Default-Werte. Für Junghennen wurde konservativ der IPCC (2006)-Default-Wert der Legehennen angenommen. Für  $B_0$  bei Gänsen wird nach HAENEL et al. (2016) ein Wert von  $0,36 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  angesetzt (NIR 2015:  $0,39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ ). Das mittlere  $B_0$  für Geflügel ist wegen variierender Populationsanteile der verschiedenen Geflügelkategorien keine Konstante, wie Tabelle 233 zeigt.

Tabelle 232: Maximale Methan-Bildungskapazität  $B_0$  (3.B(b))

	$[\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}]$	$B_0$	Quelle
Rinder		0,23	DÄMMGEN et al. (2012a)
Schweine		0,30	DÄMMGEN et al. (2012a)
Schafe		0,19	IPCC (2006), 10.82
Ziegen		0,18	IPCC (2006), 10.82
Pferde		0,30	IPCC (2006), 10.82
Legehennen		0,39	IPCC (2006), 10.82
Masthähnchen		0,36	IPCC (2006), 10.82
Enten		0,36	IPCC (2006), 10.82
Puten		0,36	IPCC (2006), 10.82
Junghennen		0,39	Annahme (siehe Text)
Gänse		0,36	HAENEL et al. (2016)

Tabelle 233: Maximale Methan-Bildungskapazität  $B_0$  für Geflügel (3.B(b))

$[\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}]$	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Geflügel	0,380	0,377	0,375	0,372	0,372	0,372	0,371	0,371	0,370	0,370	0,371	0,371	0,371

#### 5.1.3.6.4 Methan-Umwandlungsfaktoren MCF (3.B)

In CRF 3.B(a) sind unter „Additional Information“ die MCF-Werte der nationalen Wirtschaftsdünger-Managementkategorien zu berichten. In Deutschland sind dies „güllebasiert ohne Vergärung“, „strohbasierend ohne Vergärung“ (Festmistlager), „Tiefstreu ohne Vergärung“, „Vergärung“ und „Weide“. Es handelt sich dabei um gewichtete Mittelwerte über alle Tierkategorien, die auf den nachfolgend beschriebenen MCF-Werten beruhen. Dabei umfasst die Kategorie „güllebasiert ohne Vergärung“ alle güllebasiert gehaltenen Tiere, deren Wirtschaftsdünger nicht vergoren wird. Entsprechendes gilt für die Kategorien „strohbasierend ohne Vergärung (Festmistlager)“ und „Tiefstreu ohne Vergärung“. Die Kategorie „Vergärung“ fasst alle Tiere zusammen, deren Wirtschaftsdünger vergoren wird.

In Tabelle 234 sind die MCF-Werte für Rinder nach den in Deutschland gebräuchlichen Lagerungsverfahren dargestellt. Die von DÄMMGEN et al. (2012a) vorgeschlagenen nationalen Werte sind fettgedruckt. Mangels IPCC-Defaultwerten oder nationalen Werten wurde für „Flüssigmist mit fester Abdeckung“ (incl. Zeltstrukturen), „Flüssigmist mit Schwimmdecke aus Strohhäckseln“ und „Flüssigmist mit schwimmender Abdeckfolie“ konservativ der MCF von „Flüssigmist ohne Schwimmdecke“ übernommen. Die Werte für Tiefstreu und Weide wurden aus IPCC (2006)-10.44ff übernommen.

Tabelle 234: Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF* (in Prozent von  $B_0$ ) für Rinder (3.B(a))

	<b>MCF [%]</b>	
<b>Flüssigmist</b>	Außenlager ohne Abdeckung, ohne Schwimmdecke	<b>17</b>
	festе Abdeckung	17
	natürliche Schwimmdecke	<b>10</b>
	Schwimmdecke aus Strohhäckseln	17
	schwimmende Abdeckfolie	17
	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	<b>17</b>
<b>Festmist</b>	Tiefstreu	17
	Festmistlager	<b>2</b>
<b>Weide</b>	1	

Tabelle 235 zeigt die Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF* für die Wirtschaftsdüngerlagerung in der Schweinehaltung. Wie bei den Rindern handelt es sich um nationale Werte (DÄMMGEN et al., 2012a, fett gedruckt), Defaultwerte aus IPCC (2006)-10.44ff sowie konservative Annahmen in Fällen, in denen kein *MCF* bekannt ist. Da bei den Rindern der *MCF* für „Tiefstreu“ gleich dem für Flüssigmist ohne Schwimmdecke ist, wurde dies auch für die Schweine angenommen. Freilandhaltung von Schweinen („Weide“) ist in Deutschland von sehr geringer Bedeutung und wird daher im Inventar nicht berücksichtigt (not occurring, NO).

Tabelle 235: Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF* (in Prozent von  $B_0$ ) für Schweine (3.B(a))

	<b>MCF [%]</b>	
<b>Flüssigmist</b>	Außenlager ohne Abdeckung, ohne Schwimmdecke	<b>25</b>
	festе Abdeckung	25
	natürliche Schwimmdecke	<b>15</b>
	Schwimmdecke aus Strohhäckseln	25
	schwimmende Abdeckfolie	25
	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	<b>25</b>
<b>Festmist</b>	Tiefstreu	25
	Festmistlager	<b>3</b>

Die mittleren Methan-Umwandlungsfaktoren für güllebasierte Systeme ohne Vergärung bei Milchkühen, übrigen Rindern und Schweinen sind von der Häufigkeit der verschiedenen Haltungsverfahren abhängig und damit nicht konstant, wie Tabelle 236 zeigt.

Tabelle 236: Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF* (in Prozent von  $B_0$ ) für güllebasierte Systeme ohne Vergärung (3.B(a))

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	14,3	14,0	14,0	14,4	14,5	14,7	14,8	14,9	15,1	15,2	15,2	15,3	15,3
übrige Rinder	14,5	14,4	14,6	14,9	15,0	15,0	15,1	15,2	15,3	15,3	15,3	15,4	15,4
Schweine	24,7	23,7	23,6	22,8	22,6	22,5	22,4	22,2	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1

Für die Wirtschaftsdüngerlagerung der übrigen Tiere (Ziegen, Schafe, Pferde und Geflügel) werden Defaultwerte aus IPCC (2006)-10.44ff verwendet (siehe Tabelle 237).

Tabelle 237: Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF* (in Prozent von  $B_0$ ) für Ziegen, Schafe, Pferde und Geflügel (3.B(a))

<b>MCF [%] <sup>a</sup></b>	
Festmistlager	2
Geflügelmist	1,5
Weide	1

Bei Systemen, deren Wirtschaftsdünger vergoren wird, ergibt sich unter Berücksichtigung von Teilbeiträgen von Vorlager, Fermenter und Gärrestelager ein variabler *MCF*, siehe Kapitel 5.1.3.6.5.

### 5.1.3.6.5 Wirtschaftsdünger-Vergärung und Gärreste-Management (3.B)

Nach IPCC (2006), Tabelle 10.17, gilt die anaerobe Vergärung von Wirtschaftsdünger und die Lagerung der daraus resultierenden Gärreste insgesamt als eigenständiger Lager-Typ. Dieser wird im NIR 2016 der deutschen Situation entsprechend für Rinder, Schweine und Geflügel berücksichtigt (HAENEL und WULF, 2016; HAENEL et al., 2016). Die Zeitreihen der Aktivitätsdaten wurden durch KTBL insbesondere unter Verwendung von Daten des DBFZ bereitgestellt, siehe KTBL (2015).

Gleichung 6 beschreibt am Beispiel von Gülle das von KTBL (2014) verwendete Konzept zur Ermittlung der relativen Anteile des in die Vergärung gehenden Wirtschaftsdüngers. Gleichung 6 wird analog auch für Mist (einschließlich N aus Einstreu) angewendet. Die Aggregation zu „Wirtschaftsdünger insgesamt“ erfolgt mithilfe von Tierzahl und tierspezifischer Produktion von Wirtschaftsdünger.

Gleichung 6: Konzept zur Berechnung der prozentualen Anteile vergorenen Wirtschaftsdüngers an der Gesamtproduktion an Wirtschaftsdünger

$$pct_{SL, dig, i}(y) = 100 \cdot \frac{SL_{dig, i}(y)}{SL_{total, i}(y)} = 100 \cdot \frac{W_{el, dig}(y) \cdot s_i}{SL_{total, i}(y)}$$

mit

$pct_{SL, dig, i}$	Anteil vergorener Gülle an der Gesamtgülleproduktion der Tierkategorie $i$ (in %)
$i$	Index der Tierkategorie
$y$	Jahr (1990, 1991, ...)
$SL_{dig, i}$	Stickstoffmenge in vergorener Gülle der Tierkategorie $i$ (in $kg a^{-1}$ )
$SL_{total, i}$	Gesamtgülleproduktion (Stickstoffmenge) der Tierkategorie $i$ (in $kg a^{-1}$ )
$W_{el, dig}$	jährliche elektrische Arbeit deutscher Biogasanlagen (in $GWh_{el} a^{-1}$ )
$s_i$	arbeitsspezifischer Substratinput (Stickstoffmenge) der Tierkategorie $i$ (in $kg GWh_{el}^{-1}$ )

KTBL (2015) leitete die jährliche elektrische Arbeit  $W_{el, dig}$  differenziert nach Bundesländern und Anlagen-Leistungsklassen aus Daten des Biogasanlagenregisters ab (Stand 31.12.2013, 9129 Anlagen). Dabei werden über eine äquivalente elektrische Arbeit erstmals auch die Biogasanlagen berücksichtigt, die keinen Strom erzeugen, sondern Biomethan in das Gasnetz einspeisen. Der arbeitsspezifische Substratinput  $s_i$  wurde anhand der Daten von 1664 Biogasanlagen getrennt für Rindergülle, Rindermist, Schweinegülle und Geflügelmist berechnet und mangels detaillierterer Daten als konstant für alle Jahre angenommen. Die Stickstoffmengen  $SL_{total, i}$  wurden aus den Tierzahlen und der tierspezifischen Gülle- und Mistproduktion (einschließlich Einstreu) abgeleitet.

Tabelle 238 zeigt die sich daraus ergebenden Anteile der Vergärung von Rindergülle, Rindermist, Schweinegülle und Geflügelmist in Prozent der ins Lager gehenden N-Mengen. Für Schweinemist wird keine Vergärung berücksichtigt, da wegen des geringen Aufkommens die Datenlage unsicher ist.

Tabelle 238: Relative Anteile des in die Vergärung gehenden Wirtschaftsdüngers (in % der ins Lager gehenden N-Mengen)

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>insgesamt</b>	<b>0,003</b>	<b>0,046</b>	<b>0,41</b>	<b>2,8</b>	<b>4,2</b>	<b>6,1</b>	<b>7,3</b>	<b>9,1</b>	<b>11,5</b>	<b>13,9</b>	<b>14,9</b>	<b>16,6</b>	<b>17,6</b>
Rindergülle	0,005	0,061	0,57	3,9	6,2	9,1	11,0	13,9	17,4	21,5	23,2	25,6	27,0
Rindermist	0,001	0,013	0,12	0,8	1,3	1,7	1,9	2,4	3,0	3,7	4,1	4,4	4,7
Schweinegülle	0,003	0,048	0,38	2,7	3,6	5,3	6,4	8,0	10,3	12,2	13,0	14,8	15,8
Geflügelmist	0,004	0,055	0,43	3,2	4,3	5,3	6,2	7,8	9,7	10,8	11,2	12,6	13,5

Die Daten aus Tabelle 238 werden auch dafür verwendet, den Anteil der dem Lager zugeführten VS-Mengen zu berechnen, der in die Vergärung geht.

Die Berechnung des Gesamt-*MCF* für die Vergärung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen einschließlich Substrat-Vorlager und Gärrestelagerung erfolgt nach einer nationalen Methodik, siehe Gleichung 7. Sie erweitert den in IPCC (2000), S. 4.36, Fußnote 1/ Formula 1, beschriebenen Ansatz um das Substrat-Vorlager.

Gleichung 7: Berechnung des Gesamt- *MCF* für die Vergärung von Wirtschaftsdünger in Biogasanlagen einschließlich Vorlagerung des Substrats und Lagerung der Gärreste

$$MCF\% = MCF\%_{ps} + (100\% - MCF\%_{ps}) \cdot \left( (1 - \mu_{rg}) \cdot L_{prod} + \mu_{rg} \cdot \frac{MCF\%_{residues}}{100\%} \right)$$

mit

<i>MCF</i> %	Gesamt- <i>MCF</i> für das System "Vorlager + Fermenter + Gärrestelager" (in %)
<i>MCF</i> % <sub>ps</sub>	<i>MCF</i> für das Vorlager (in %)
$\mu_{rg}$	Restgaspotential bezogen auf $B_0$ (with $0 \leq \mu_{rg} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$L_{prod}$	relative Leckagerate des Fermenters, bezogen auf die im Fermenter produzierte $\text{CH}_4$ -Menge (mit $0 \leq L_{prod} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
<i>MCF</i> % <sub>residues</sub>	<i>MCF</i> für das Gärrestelager (in %)

Tabelle 239 zeigt die Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF*%<sub>ps</sub> für das Vorlager. Zur Ableitung siehe RÖSEMANN et al. (2015).

Tabelle 239: Methan-Umwandlungsfaktoren für das Vorlager (in Prozent von  $B_0$ )

<i>MCF</i> % <sub>ps</sub> [%]	
Rindergülle	1,7
Rindermist	0,2
Schweinegülle	2,5
Geflügelkot	0,15

Basierend auf KTBL (2015) wurde die auf  $B_0$  bezogene potentielle  $\text{CH}_4$ -Restgasmenge  $\mu_{rg}$  mit 4,6 % (bzw.  $0,046 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) angesetzt, siehe HAENEL et al. (2016).

Die Leckagerate des Fermenters  $L_{prod}$  wird in Anlehnung an BACHMEIER & GRONAUER (2007), BÖRJESSON & BERGLUND (2008), GÄRTNER et al. (2008) und ROTH et al. (2011) mit 1 % bzw.  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  angesetzt (KTBL, 2015).

Auch beim gasdichten Gärrestelager wird eine Leckagerate unterstellt; es wird angenommen, dass sie der Leckagerate des Fermenters entspricht. Unter Berücksichtigung des relativen Anteils der gasdichten Lager an der gesamten Gärrestelagerung, ergibt sich Gleichung 8.

Gleichung 8: Berechnung des *MCF* für das Gärrestelager

$$MCF\%_{residues} = x_{gts} \cdot (100 \cdot L_{sto,gt}) + (1 - x_{gts}) \cdot MCF\%_{ngts}$$

mit

<i>MCF</i> % <sub>residues</sub>	<i>MCF</i> für das Gärrestelager (in %)
$x_{gts}$	relativer Anteil der gasdichten Gärrestelagerung (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$L_{sto,gt}$	relative Leckagerate bei der gasdichten Gärrestelagerung ( $L_{sto,gt} = L_{prod}$ )
<i>MCF</i> % <sub>ngts</sub>	<i>MCF</i> für das nicht gasdichte Gärrestelager (in %)

Gärreste sind im Allgemeinen flüssig. Dabei wird angenommen, dass sich bei der nicht gasdichten Gärrestelagerung aufgrund der Ko-Fermentierung von Energiepflanzen und des damit erhöhten Trockensubstanzgehaltes der Gärreste eine natürliche Schwimmdecke bildet.

Die Lagerung ähnelt dabei der offenen Lagerung von unvergorener Rindergülle mit Schwimmdecke. Daher wird für  $MCF\%_{ngts}$  der entsprechende  $MCF$  für unvergorene Rindergülle verwendet: 10 % (siehe Kapitel 5.1.3.6.4).

Tabelle 240 zeigt den Anteil gasdichter Lagerung von Wirtschaftsdünger-Gärresten der gesamten Wirtschaftsdünger-Gärrestelagerung in Prozent des eingesetzten N. Diese Daten wurden durch KTBL (2015) aus den Gärsubstratinputmengen nach Ländern und Anlagenleistungsklassen und dem Anteil der Biogasanlagen mit gasdicht abgedeckten Gärrestlagern nach Leistungsklassen in Deutschland abgeleitet. Der starke Anstieg in der Verbreitung der gasdichten Gärrestlagerung von 2011 zu 2012 wird auf das Energieeinspeisegesetz 2012 zurückgeführt, das für alle Gärrestlager, die ab 1. Januar 2012 in Betrieb genommen wurden, eine gasdichte Abdeckung vorschreibt. Da für 2014 kein Wert für die Abdeckung verfügbar war, wurde der Wert von 2013 beibehalten.

Tabelle 240: Anteile der Lagerung von Wirtschaftsdünger-Gärresten in gasdichten und nicht gasdichten Lagern (in Prozent der in Biogasanlagen eingesetzten N-Mengen)

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
gasdicht	0,0	4,5	9,1	15,2	20,3	25,3	30,4	35,5	40,6	45,6	57,0	58,4	58,4
nicht gasdicht	100,0	95,5	90,9	84,8	79,7	74,7	69,6	64,5	59,4	54,4	43,0	41,6	41,6

Die sich aus Gleichung 7 ergebenden Gesamt- $MCF$ -Werte der Systeme "Vorlager + Fermenter + Gärrestelager" bei Milchkühen, übrigen Rindern, Schweinen und Geflügel sind in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 241: Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  (in Prozent von  $B_0$ ) für Wirtschaftsdüngersysteme mit Vergärung (3.B(a))

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	3,00	3,02	3,00	2,97	2,95	2,93	2,92	2,90	2,87	2,85	2,81	2,80	2,80
übrige Rinder	2,99	2,91	2,87	2,81	2,79	2,77	2,74	2,72	2,69	2,67	2,62	2,61	2,61
Schweine	3,88	3,86	3,84	3,82	3,80	3,78	3,75	3,73	3,71	3,69	3,65	3,64	3,64
Geflügel	1,56	1,54	1,53	1,50	1,48	1,46	1,44	1,42	1,40	1,38	1,33	1,33	1,33

Die mit der Vergärung verbundene Minderung der  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management hängt vom Anteil des Wirtschaftsdüngers, der vergoren wird, und von der relativen Häufigkeit gasdichter Gärrestelager ab. Die sich in Deutschland ergebenden Minderungen sind in Kapitel 5.3.2.2.3, wiedergegeben.

Tabelle 242 zeigt, welche  $N_2O$ -Emissionen für die verschiedenen Teilsysteme und Wirtschaftsdünger im Inventar berücksichtigt werden. Zu Details siehe HAENEL et al. (2016).  $N_2O$ -, und  $NO$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden als Folge der Ausbringung der Gärreste werden in Kapitel 5.5 beschrieben.

Tabelle 242: Berechnung der  $N_2O$ -Emissionen aus der Vergärung

	Gülle	Mist/Geflügelkot
<b>Vorlager</b>	0	Gleichung 9
<b>Fermenter</b>	0	0
<b>Gärrestelager</b>	gasdicht	0
	nicht gasdicht	Gleichung 10

Gleichung 9: Berechnung der  $N_2O$ -Emissionen aus dem Vorlager für Mist und Geflügelkot

$$E_{N_2O-N, dig, ps} = (N_{excr, dig} + N_{straw, dig}) \cdot EF_{N_2O-N, dig, ps}$$

mit

$$E_{N_2O-N, dig, ps} \quad N\text{-Verlust durch } N_2O\text{-Emissionen aus dem Vorlager von Mist oder Geflügelkot (in } kg \ a^{-1}\text{)}$$

$N_{\text{excr, dig}}$	Anteil der jährlichen N-Ausscheidung im Stall, der in die Vergärung geht (in kg a <sup>-1</sup> )
$N_{\text{straw, dig}}$	Anteil des jährlichen N-Eintrags durch Einstreu, der in die Vergärung geht (in kg a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ps}}$	N <sub>2</sub> O-N-Emissionsfaktor für die Vorlagerung von Mist oder Geflügelkot (in kg N <sub>2</sub> O-N pro kg N)

Gleichung 10: Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem nicht gasdichten Gärrestelager

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ngts}} = (1 - x_{\text{gts}}) \cdot N_{\text{tot, dig, ferm}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ngts}}$$

mit

$E_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ngts}}$	N-Verlust durch N <sub>2</sub> O-Emissionen aus dem nicht gasdichten Gärrestelager (in kg a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{gts}}$	relativer Anteil der gasdichten Gärrestelagerung (in kg kg <sup>-1</sup> )
$N_{\text{tot, dig, ferm}}$	Gesamte Gärreste-N-Menge beim Verlassen des Fermenters (in kg a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ngts}}$	N <sub>2</sub> O-N-Emissionsfaktor für das nicht gasdichte Gärrestelager (in kg N <sub>2</sub> O-N pro kg N)

Die im Inventar verwendeten N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren gehen aus Tabelle 243 hervor. Zu ihrer Ableitung wird auf HAENEL et al. (2016) verwiesen.

Tabelle 243: N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren für Vorlager und Gärrestelager

	[kg kg <sup>-1</sup> ]	Mist	Geflügelkot
<b>Vorlager</b>	$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ps}}$	0,001	0,0001
<b>Gärrestelager, nicht gasdicht</b>	$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ngts}}$	0,005	0,005

Die N-Menge in den Gärresten zu Beginn der Lagerung ( $N_{\text{tot, dig, ferm}}$ ) berechnet sich unter Berücksichtigung der N-Verluste aus dem Vorlager. Für den Fermenter wird davon ausgegangen, dass keine N-Verluste auftreten.

Die im Zusammenhang mit der Wirtschaftsdünger-Vergärung entstehenden NO-Emissionen werden analog zu den N<sub>2</sub>O-Emissionen berechnet. Wie im deutschen Inventar im Bereich Wirtschaftsdünger-Management üblich (siehe HAENEL et al., 2016) wird angenommen, dass der NO-N-Emissionsfaktor ein Zehntel des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors beträgt.

Für die Berechnung der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden infolge der Deposition reaktiven Stickstoffs (siehe Kapitel 5.5.2.1.2) ist auch die Berechnung der NH<sub>3</sub>-Emissionen erforderlich, die im Zusammenhang mit der Wirtschaftsdünger-Vergärung entstehen. Für die Vorlagerung von Mist und Geflügelkot, für das nicht gasdichte Gärrestelager und die Ausbringung der Gärreste werden NH<sub>3</sub>-Emissionen berechnet. In den übrigen Bereichen wird davon ausgegangen, dass keine NH<sub>3</sub>-Emissionen entstehen oder dass sie vernachlässigbar sind. Zu Details der umfangreichen NH<sub>3</sub>-Berechnungsmethodik wird auf HAENEL et al. (2016) verwiesen.

## 5.1.4 Vergärung von Energiepflanzen: Konzept und Aktivitätsdaten

### 5.1.4.1 Konzept und Berücksichtigung in den CRF-Tabellen

Das Inventar berücksichtigt die in Deutschland mengenmäßig relevanten sechs Energiepflanzen-Kategorien Maissilage, Grassilage, Ganzpflanzensilage, Weizenkorn, Roggenkorn und Corn-Cob-Mix (CCM). Sie unterscheiden sich nur wenig in ihren wesentlichen Eigenschaften (N- und VS-Gehalt der Trockenmasse, maximales Methanausbeute-Potenzial  $B_0$ , siehe KTBL (2015)). Dies erlaubt die Behandlung der Gesamttrockenmasse aller berücksichtigten Energiepflanzen als eine einzige Energiepflanzenkategorie. Die

Emissionsberechnung erfolgt analog zur Vergärung von Mist (siehe Kapitel 5.1.3.6.5), allerdings ohne Vorlager.

Trotz der in der Praxis als Regelfall vorkommenden gemeinsamen Vergärung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen werden die Emissionen im Zusammenhang mit der Vergärung dieser beiden Substratkategorien getrennt berechnet, um den Beitrag der Energiepflanzenvergärung zur Treibhausgasbilanz besser sichtbar werden zu lassen.

Zu weiteren Details der Emissionsberechnung im Zusammenhang mit der Vergärung von Energiepflanzen siehe HAENEL et al. (2016).

Berechnet werden folgende Emissionen, die sich als direkte oder indirekte Folge aus der Vergärung von Energiepflanzen sowie der Gärrestelagerung und -ausbringung ergeben:

#### *Fermenter*

- CH<sub>4</sub> (durch Leckage)

#### *Lagerung*

- CH<sub>4</sub> (durch Leckage)
- direktes N<sub>2</sub>O
- indirektes N<sub>2</sub>O als Folge der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus der Lagerung
- NO

#### *Ausbringung*

- direktes N<sub>2</sub>O
- indirektes N<sub>2</sub>O als Folge der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus der Ausbringung
- indirektes N<sub>2</sub>O durch Auswaschung/Oberflächenabfluss des durch die Ausbringung in den Boden gelangenen N
- NO

Die Emissionen aus Fermenter und Gärrestelager werden in Kapitel 5.9 beschrieben und unter 3.J (CRF 3s2) berichtet. Die direkten und indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Gärreste-Ausbringung werden in Kapitel 5.5 beschrieben und unter 3.D berichtet (CRF 3.D: a.2.c, b.1 und b.2). Die parallel entstehenden NO-Emissionen werden in entsprechender Aufteilung unter CRF 3s2 berichtet.

### 5.1.4.2 Aktivitätsdaten und Parameter

Als Aktivitätsdaten für die Berechnung der Emissionen werden die der Vergärung zugeführten Trockenmasse-Gesamt mengen der Energiepflanzen verwendet, siehe Tabelle 244. Die zugrunde liegenden Substratmengen wurden durch KTBL (2015) im Zusammenhang mit der Wirtschaftsdünger-Vergärung (siehe Kapitel 5.1.3.6.5) abgeleitet.

Tabelle 244: Gesamte Trockenmasse der in Biogasanlagen eingesetzten Energiepflanzen

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	3,4	43,2	374,2	3.175	4.457	6.095	7.105	9.115	11.461	14.295	15.657	18.862	20.382

Aus den  $B_o$ -Werten der sechs Energiepflanzen-Kategorien (siehe Kapitel 5.1.4.1) wurde unter Berücksichtigung des IPCC-Defaultwertes für die Dichte von Methan (0,67 kg m<sup>-3</sup>) ein gewichtet gemittelter  $B_o$ -Wert von 0,36 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> abgeleitet. Als gewichtete Mittelwerte der VS- und N-Gehalte ergaben sich (bezogen auf die Trockenmasse): VS-Gehalt 0,947 kg kg<sup>-1</sup>, N-Gehalt 0,0148 kg kg<sup>-1</sup>.

Aus der Multiplikation der Trockenmasse mit dem mittleren VS-Gehalt ergibt sich die für die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen benötigte VS-Menge, siehe Tabelle 245.

Tabelle 245: Gesamte VS-Menge der in Biogasanlagen eingesetzten Energiepflanzen

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	3,2	40,9	354,3	3.007	4.221	5.772	6.729	8.632	10.854	13.538	14.827	17.862	19.302

Mithilfe des mittleren N-Gehaltes erhält man die für die Berechnung von N-Emissionen benötigten N-Mengen, siehe Tabelle 246.

Tabelle 246: Gesamte N-Menge der in Biogasanlagen eingesetzten Energiepflanzen

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	0,05	0,64	5,5	47,0	66,0	90,2	105,2	134,9	169,6	211,6	231,7	279,2	301,7

Die Leckageraten für Fermenter und gasdichtes Gärrestelager werden nach KTBL (2015) wie bei der Vergärung von Wirtschaftsdünger angesetzt (siehe Kapitel 5.1.3.6.5).

Tabelle 247 zeigt den Anteil der gasdichten Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten in Prozent der eingesetzten Frischmasse (KTBL, 2015). Der starke Anstieg in der Verbreitung der gasdichten Gärrestlagerung von 2011 zu 2012 wird auf das Energieeinspeisegesetz 2012 zurückgeführt, das für alle Gärrestlager, die ab 1. Januar 2012 in Betrieb genommen wurden, eine gasdichte Abdeckung vorschreibt. Da für 2014 kein Wert verfügbar war, wurde der Wert von 2013 beibehalten. Die Daten unterscheiden sich etwas von denen bei der Lagerung von Wirtschaftsdünger-Gärresten (siehe Tabelle 240). Dies ist darauf zurück zu führen (KTBL, 2015), dass der Gesamtanteil von Energiepflanzen am Substratmix Wirtschaftsdünger/Energiepflanzen mit der Anlagengröße zunimmt, was auch für den Abdeckungsgrad der Gärrestelager gilt.

Tabelle 247: Anteil der Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten in gasdichten und nicht gasdichten Lagern (in Prozent der zur Vergärung eingesetzten Frischmasse)

[%]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
gasdicht	0,0	4,7	9,4	15,8	21,1	26,4	31,7	37,0	42,2	47,5	59,4	61,2	61,2
nicht gasdicht	100,0	95,3	90,6	84,2	78,9	73,6	68,3	63,0	57,8	52,5	40,6	38,8	38,8

Die Ausbringung erfolgt mit verschiedenen Techniken und unterschiedlichen Einarbeitungszeiten auf Ackerland und Grünland. Die dazu verfügbaren relativen Häufigkeiten stammen aus einer 2011 durchgeführten Erhebung des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2010, siehe Kapitel 19.3.1, Tabelle 497. Sie werden mangels anderer Daten für alle Jahre der Zeitreihe eingesetzt, mit der Ausnahme, dass bei der Ausbringung die Einarbeitung ab 2012 innerhalb von 4 Stunden erfolgt.

## 5.1.5 Aktivitätsdaten für Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Kulturen

### 5.1.5.1 N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (3.D)

#### 5.1.5.1.1 Den direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen zugrunde liegende N-Mengen (3.D)

Tabelle 248 gibt die aus verschiedenen Quellen stammenden N-Mengen an, die der Berechnung der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen nach IPCC (2006)-11.7 (siehe Kapitel 5.5.2.1.1) zugrunde gelegt werden.

Da keine Daten zur Minereraldüngerbringung erhoben werden, setzt das Inventar die N-Mengen der Mineraldüngerbringung den offiziell auf Bundesland-Ebene erfassten N-

Mengen des Mineraldüngerverkaufs gleich. Diese Erfassung erfolgt um ein halbes Jahr versetzt gegenüber dem Kalenderjahr. Für das Inventar wird angenommen, dass der gesamte im zweiten Halbjahr des Jahres  $j-1$  und im ersten Halbjahr des Jahres  $j$  verkaufte Mineraldünger im Jahr  $j$  ausgebracht wurde.

Die mit Wirtschaftsdünger und Wirtschaftsdünger-Gärresten ausgebrachte N-Menge entspricht der Summe der im Stall ausgeschiedenen und ggf. durch Einstreu eingebrachten N-Menge abzüglich der Verluste durch N-Emissionen aus Stall und Lager nach dem N-Fluss-Konzept (Wirtschaftsdünger: Kapitel 5.1.2.4; Gärreste aus Wirtschaftsdünger-Vergärung: Kapitel 5.1.3.6.5).

Die N-Menge, die mit Energiepflanzen-Gärresten ausgebracht wird, ergibt sich aus der N-Menge in den zur Vergärung eingesetzten Energiepflanzen abzüglich der N-Verluste durch Emissionen aus dem Gärrestelager.

Die N-Menge der Klärschlammausbringung wird für jedes Bundesland aus Aufstellungen des Umweltbundesamtes bzw. seit 2009 des Statistischen Bundesamtes entnommen.

Die Berechnung direkter  $N_2O$ -Emissionen infolge von N-Ausscheidungen beim Weidegang erfolgt proportional zu der auf der Weide ausgeschiedenen N-Menge (siehe Kapitel 5.1.3.4).

Die durch Ernterückstände im Boden verbleibenden N-Mengen ergeben sich aus den Anbauflächen, den Erträgen und den kulturspezifischen N-Gehalten. Daten zu Anbauflächen und Frischmasseerträgen berichtet STATISTISCHES BUNDESAMT (Fachserie 3, Reihe 3). Die Umrechnung in Trockenmasseerträge erfolgt mithilfe von Trockenmassegehalten aus der Düngeverordnung (DüV, 2007). Die Werte der in den Ernterückständen enthaltenen relativen N-Gehalte werden der Düngeverordnung (DüV, 2007) sowie einer Aufstellung des Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ, 2007) entnommen. Die mit Stroh als Einstreu für die Tierhaltung von der Fläche entfernten N-Mengen werden abgezogen. Zu Eingangsdaten und Berechnungsmethodik siehe Haenel et al. (2016).

Folgende Änderungen der verfügbaren N-Mengen sind im Vergleich zum NIR 2015 festzustellen:

- **Mineraldünger (Aktivitätsdaten):** Die bislang für die Jahre 1990 bis 2001 fehlenden Aktivitätsdaten von Berlin wurden ergänzt.
- **Wirtschaftsdünger incl. Wirtschaftsdünger-Gärreste (Aktivitätsdaten):** Die N-Mengen haben sich aufgrund aktualisierter Eingangsdaten in der Tierhaltung (Tierzahlen, tierische Leistung, Verbreitung der Vergärung von Wirtschaftsdünger und der gasdichten Gärrestlagerung) mit unterschiedlichem Vorzeichen im Promillebereich verändert.
- **Energiepflanzen-Vergärung (Aktivitätsdaten):** Die Zeitreihen der Substratmengen wurden aktualisiert, woraus ein Anstieg der mit den Gärresten ausgebrachten N-Mengen folgte.
- **Klärschlämme (Aktivitätsdaten):** Die ausgebrachten Klärschlamm-mengen der Jahre 2007 bis 2012 wurden von einigen Bundesländern nach unten korrigiert. Für 2013 liegen erstmals Daten vor, die die fortgeschriebenen Daten des NIR 2015 ersetzen. Der fehlende Wert für 2014 wurde durch Fortschreibung des Wertes von 2013 geschätzt.

- Bemerkenswert ist in der Zeitreihe der N-Mengen aus Ernterückständen der starke Anstieg von 2013 zu 2014, der eine direkte Folge der sehr guten Ernte im Jahr 2014 ist.

Tabelle 248: Den direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden zugrunde liegende N-Mengen (3.D)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Mineraldünger	2163,7	1787,4	2014,4	1778,4	1783,7	1599,8	1807,2	1550,6	1569,0	1786,5	1640,4	1648,8	1675,3
Wirtschaftsdünger inkl. Wirtschaftsdünger-Gärreste	1152,2	1001,9	973,9	943,3	927,6	938,1	943,0	952,6	945,3	953,1	969,1	982,5	996,6
Energiepflanzen-Gärreste	0,0	0,6	5,3	45,2	63,6	87,2	101,9	131,0	165,1	206,5	227,4	274,2	296,3
Klärschlämme	27,4	35,3	33,0	27,4	27,0	26,0	25,9	25,8	26,0	25,1	24,9	21,4	21,4
Weidegang	213,4	171,3	162,8	143,7	139,5	138,4	138,8	138,5	136,1	133,0	132,3	133,8	135,4
Ernterückstände	484,3	497,6	559,5	586,5	548,7	551,3	614,6	643,8	571,5	559,5	604,2	604,2	687,7

### 5.1.5.1.2 Flächen bewirtschafteter organischer Böden (3.D)

Tabelle 249 zeigt die Flächen der bewirtschafteten organischen Böden, gegliedert nach Acker und Grünland. Die Daten wurden durch den LULUCF-Sektor bereitgestellt. Die Werte für Grünland unterscheiden sich von den Grünlandflächen, die der LULUCF-Sektor berichtet, da LULUCF zusätzlich zu den in Tabelle 249 angegebenen Flächen drainierten Grünlands auch die Flächen nicht drainierten Nassgrünlandes einbezieht.

Tabelle 249: Flächen der bewirtschafteten organischen Böden (3.D)

[1000 ha]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>insgesamt</b>	<b>1307,6</b>	<b>1303,1</b>	<b>1298,6</b>	<b>1279,3</b>	<b>1275,2</b>	<b>1271,1</b>	<b>1267,0</b>	<b>1264,3</b>	<b>1261,6</b>	<b>1258,9</b>	<b>1256,2</b>	<b>1252,0</b>	<b>1247,7</b>
Acker	301,5	306,1	310,7	315,5	326,5	337,5	348,4	355,5	362,5	369,6	376,6	378,0	379,3
Grünland (drainiert)	1006,1	997,0	987,9	963,8	948,7	933,7	918,6	908,8	899,1	889,3	879,6	874,0	868,4

### 5.1.5.1.3 Deposition reaktiven Stickstoffs (3.B, 3.D, 3.J)

Die Deposition reaktiven Stickstoffs wird aus den im Inventar berechneten NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft abgeleitet. Dies erfolgt getrennt für die NH<sub>3</sub>- und NO-Quellbereiche „Stall & Lager“ (3.B), „Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten“ (3.J) sowie „Ausbringung & Weide“ (3.D). „Ausbringung“ umfasst neben Wirtschaftsdünger und Wirtschaftsdünger-Gärresten auch die Ausbringung von Mineraldünger und Energiepflanzen-Gärresten.

Tabelle 250 zeigt für die Sektoren 3.B und 3.J die Mengen an reaktivem Stickstoff, die der Berechnung von indirektem N<sub>2</sub>O aus der N-Deposition zugrunde liegen. Entsprechende Daten für den Sektor 3.D sind Tabelle 251 zu entnehmen.

Tabelle 250: Sektoren 3.B und 3.J: Reaktiver Stickstoff aus der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
3.B, Wirtschaftsdünger inkl. Wirtschaftsdünger-Gärreste	265,4	223,3	222,3	222,6	219,5	222,0	221,9	222,8	217,2	217,5	220,7	221,4	222,7
3.J, Energiepflanzen-Gärreste	0,0	0,0	0,1	1,0	1,3	1,7	1,8	2,2	2,5	2,9	2,4	2,8	3,0

Tabelle 251: Sektor 3.D: Reaktiver Stickstoff aus der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>3.D, insgesamt</b>	<b>403,6</b>	<b>336,2</b>	<b>345,7</b>	<b>331,9</b>	<b>338,1</b>	<b>336,3</b>	<b>347,5</b>	<b>360,5</b>	<b>343,3</b>	<b>380,5</b>	<b>362,2</b>	<b>383,0</b>	<b>391,0</b>
3.D, Wirtschaftsdünger, Wirtschaftsdünger-Gärreste, Mineraldünger, Weide	403,5	336,1	344,7	323,1	325,4	319,1	327,6	334,8	310,9	339,8	319,4	332,0	336,0
3.D, Energiepflanzen-Gärreste	0,0	0,1	1,0	8,8	12,7	17,2	19,9	25,7	32,5	40,7	42,7	50,9	55,1

Abweichungen der Gesamtmenge an reaktivem Stickstoff (Summe aus Tabelle 250 und Tabelle 251) vom NIR 2015 beruhen auf Änderungen bei den Leistungsdaten und der Modellierung der Tierhaltung (siehe Kapitel 5.1.3.3), den Tierplatzzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2) und den Mengen der vergorenen Energiepflanzen (siehe Kapitel 5.1.4).

#### 5.1.5.1.4 Auswaschung und Oberflächenabfluss (3.D)

Die im Boden für Auswaschung und Oberflächenabfluss verfügbare N-Menge ergibt sich als Summe folgender Teil-Aktivitätsgrößen:

- N aus der Ausbringung von Mineraldünger, Wirtschaftsdünger und Gärresten (incl. Energiepflanzen-Gärreste) sowie Weidegang, bestehend aus den ausgebrachten bzw. ausgeschiedenen N-Mengen, vermindert um N-Verluste durch  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Ausbringung sowie direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen und Emissionen von NO- und  $\text{N}_2$ -aus dem Boden;
- N aus der Klärschlammasbringung, bestehend aus der ausgebrachten N-Menge, vermindert um N-Verluste durch direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen (es werden keine  $\text{NH}_3$ -, NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen berechnet);
- N in Ernterückständen (siehe Kapitel 5.1.5.1), vermindert um N-Verluste durch direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen sowie  $\text{N}_2$ -Emissionen (es werden keine  $\text{NH}_3$ - und NO-Emissionen berechnet).

Zur Berechnung der in dieser Auflistung genannten  $\text{NH}_3$ -, NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen wird auf HAENEL et al. (2016) verwiesen, für die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 5.5.2.1.1.

Nur ein Teil der so im Boden verfügbaren N-Menge wird ausgewaschen. Dieser Anteil wird durch die Größe  $Frac_{LEACH}$  beschrieben (siehe IPCC (2006)-11.21). Deutschland verwendet für  $Frac_{LEACH}$  den IPCC-Defaultwert  $0,30 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC (2006)-11.24, Tabelle 11.3). Die damit berechnete Menge an ausgewaschenem Stickstoff ist in Tabelle 252 wiedergegeben. Der starke Anstieg von 2013 zu 2014 ist eine Folge der sehr guten Ernte 2014. Änderungen im Vergleich zum NIR 2015 werden in Kapitel 5.5.5 erläutert.

Tabelle 252: Ausgewaschene N-Menge (incl. Oberflächenabfluss) (3.D)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	990,2	860,6	928,1	870,7	859,5	818,7	895,6	839,5	836,6	894,7	882,1	894,2	932,5

#### 5.1.5.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kalkung und Harnstoffanwendung (3.G-I)

Daten zu ausgebrachten Düngerkalkmengen sind nicht verfügbar. Daher wird die Ausbringung den im Inland verkauften und statistisch erfassten Produktmengen gleichgesetzt. Diese Erfassung erfolgt um ein halbes Jahr versetzt gegenüber dem Kalenderjahr. Für das Inventar wird angenommen, dass der gesamte im zweiten Halbjahr des Jahres j-1 und im ersten Halbjahr des Jahres j verkaufte Düngerkalk im Jahr j ausgebracht wurde. Wie in HAENEL et al. (2016) beschrieben, wurden die in der Officialstatistik (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4, Reihe 8.2) in CaO- oder N-Einheiten berichteten Produktmengen für die Emissionsberechnungen in  $\text{CaCO}_3$ -Einheiten umgerechnet. Diese Mengen umfassen auch die im Forst angewendeten Düngerkalkmengen, wie es für die Berichterstattung vorgesehen ist (siehe Kapitel 5.8.).

Tabelle 253 zeigt den zeitlichen Verlauf der  $\text{CaCO}_3$ -Gesamt mengen. Dolomit ist darin enthalten und kann nicht einzeln ausgewiesen werden (included elsewhere, IE). Die Daten unterscheiden sich von denen des NIR 2015 dadurch, dass nun auch die Kalkammonsalpeter-

Mengen der Jahre 1990 – 1993 berücksichtigt wurden und dass die Umrechnung in  $\text{CaCO}_3$  IPCC-konform auf die Verwendung ganzzahliger Molgewichte umgestellt wurde. Die Änderungen sind mit Ausnahme der Jahre 1990 – 1993 geringfügig. In den Jahren 1990 – 1993 sind die dem NIR 2016 zugrunde liegenden Mengen im Mittel um 10,6 % höher als im NIR 2015.

Tabelle 253: Düngekalkmengen, angegeben als  $\text{CaCO}_3$  (3.G)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	3238,2	3736,2	4873,2	3820,1	3669,5	3955,1	4087,8	3977,5	3859,2	4186,4	4334,6	4446,6	4995,4

Die Berechnung von  $\text{CO}_2$ -Emissionen aus der Harnstoffanwendung erfolgt proportional zu den in Tabelle 254 angegebenen Mengen an ausgebrachtem Harnstoff (einschließlich Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung). Diese Mengen wurden auf stöchiometrischem Wege (Multiplikation mit dem Molgewichtsverhältnis 60/28) aus den in der Officialstatistik berichteten Harnstoff-N-Mengen abgeleitet.

Tabelle 254: Harnstoffanwendung einschließlich Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung (3.H)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	654,0	650,8	788,9	815,4	891,5	874,1	883,5	1084,1	801,0	1022,6	852,0	947,8	951,6

### 5.1.5.3 NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen

Tabelle 255 zeigt die Eingangsdaten für landwirtschaftliche Kulturen, für die NMVOC-Emissionen nach EMEP (2013)-3D-32 ff berechnet werden (siehe Kapitel 5.5.2.1.5). Für die Anbauflächen und die Frischmassenerträge sind exemplarisch Anfangs- und Endjahr der Zeitreihe dargestellt. Daten zu Anbauflächen und Frischmasseerträgen berichtet STATISTISCHES BUNDESAMT (Fachserie 3, Reihe 3). Die Umrechnung in Trockenmasseerträge erfolgt über die Trockenmassegehalte aus der Düngeverordnung (DüV, 2007). Die relative Emissionsdauer wurde für Weizen, Roggen, Raps und Gras aus EMEP (2013)-3D-34, Tabelle A3-2, entnommen und sinngemäß auf die übrigen Kulturen übertragen.

Tabelle 255: Eingangsdaten für die Berechnung von NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen (Übersicht)

Kultur	Anbaufläche [ha]		Frischmasseertrag [kg ha <sup>-1</sup> ]		Trockenmassegehalt [kg kg <sup>-1</sup> ]	relative Emissionsdauer [a a <sup>-1</sup> ]
	1990	2014	1990	2014		
Weizen	2419,9	3208,1	6,3	8,6	0,86	0,3
Roggen	1067,1	629,9	3,8	6,1	0,86	0,3
Gerste	2612,5	1573,5	5,4	7,3	0,86	0,3
Hafer	533,5	138	4,5	5,1	0,86	0,3
Triticale	77,4	418,1	5,1	7,1	0,86	0,3
Körnermais	228,4	481,4	6,8	10,8	0,86	0,3
Silomais	1365,4	2092,7	40,4	47,3	0,28	0,3
Raps	557,5	1392	3,0	4,5	0,91	0,3
Hackfrüchte	1249,6	617,0	40,6	69,7	0,22	0,3
Kleegras, Alfalfa, Futtergras	856,6	621,2	34,0	39,7	0,2	0,5
Hülsenfrüchte	121,2	92,2	3,6	3,8	0,86	0,3
Wiesen und Mähweiden	5417,2	4449,9	31,6	36,4	0,2	0,5

### 5.1.6 Gesamtunsicherheit aller THG-Emissionen des Sektors 3

Ergänzend zu den Emissionsberechnungen wurde die Gesamtunsicherheit aller THG-Emissionen des Sektors 3 berechnet. Grundlage war das in IPCC (2006), Kapitel 3, als

„Approach 1“ beschriebene Verfahren, das auf der Anwendung der Gaußschen Fehlerrechnung beruht. Dabei bleibt per Konvention unberücksichtigt, dass diese Fehlerrechnung Normalverteilung voraussetzt, eine Forderung, die von einigen der eingehenden Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren nicht erfüllt wird oder nicht geprüft werden kann. Für asymmetrische Verteilungen wurde, wie von IPCC (2006) für das „Approach 1“-Verfahren gefordert, von den beiden Intervallen [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] das größere verwendet. (Für eine Unsicherheitsberechnung mit dem „Approach 2“-Verfahren durch das Umweltbundesamt werden für alle Unsicherheiten die untere und die obere Schranke des 95 %-Konfidenzintervalles sowie der Typ der Verteilung bereitgestellt.) Weitere Details zur Unsicherheitenberechnung für das deutsche Inventar finden sich in HAENEL et al. (2016).

Tabelle 256 zeigt für das Jahr 2014 die mit dem „Approach 1“-Verfahren berechnete Gesamtunsicherheit aller Emissionen des Sektors „Landwirtschaft“ (Sektor 3) einschließlich der Vergärung von Energiepflanzen und Lagerung und Ausbringung der Energiepflanzen-Gärreste. Die Unsicherheit des Gesamttrends seit 1990 ist ebenfalls aus Tabelle 256 zu entnehmen. Alle Emissionswerte sind in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben, wobei gemäß IPCC (2006) die Umrechnungsfaktoren (GWP) von 25 kg kg<sup>-1</sup> für CH<sub>4</sub> und 298 kg kg<sup>-1</sup> für N<sub>2</sub>O zugrunde gelegt wurden.

Der besseren Übersichtlichkeit wegen erfolgt die Darstellung in Tabelle 256 unter Verwendung der Tiersammelkategorien „Übrige Rinder“, „Schweine“, „Pferde“ und „Geflügel“, für die bei Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren repräsentative Unsicherheiten angegeben sind. Diese Unsicherheiten leiten sich aus den entsprechenden Unsicherheiten der in den Sammelkategorien enthaltenen Tierunterkategorien ab. Die Ergebnisse in Tabelle 256 (Unsicherheit der Höhe des THG-Gesamtinventars und Unsicherheit des Trends) entsprechen der vollständigen Berechnung mit den in den Sammelkategorien enthaltenen Tierunterkategorien (siehe HAENEL et al., 2016).

Deutlich zu erkennen ist, dass die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren in der Regel deutlich über denen der Aktivitätsdaten liegen, so dass sie die kombinierte Unsicherheit in Spalte „Combined uncertainty as % of total national emissions“ dominieren.

Die Gesamtunsicherheit der Emissionen des Sektors 3 (Tierhaltung, Nutzung landwirtschaftlicher Böden, Energiepflanzen-Vergärung) beträgt 37,5 % (gültig für das Jahr 2014). Sie geht zum großen Teil auf die Unsicherheiten der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden zurück, wie der Spalte „Combined uncertainty as % of total national emissions“ zu entnehmen ist. Die Unsicherheit des Trends 1990 – 2014 liegt bei 12,8 %.

Tabelle 256: Gesamtunsicherheitsberechnung für die Emissionen des Sektors 3 (Tierhaltung, Nutzung landwirtschaftlicher Böden) incl. Energiepflanzen-Vergärung

Source category  EntFer = Enteric Fermentation MM = Manure Management DEP = Digestion of Energy Plants	Gas	Base year emissions, in CO <sub>2</sub> equivalents	Year 2014 emissions, in CO <sub>2</sub> equivalents	Activity data uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Auxiliary calculations <sup>A</sup>	Type A sensitivity	Type B sensitivity	Uncertainty in trend in national emissions introduced by emission factor uncertainty	Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty	Square of "Uncertainty introduced into the trend in total national emissions" <sup>B</sup>
		(GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub> = 25, GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)										
EntFer, dairy cows	CH <sub>4</sub>	19089.1	14555.8	4	40	40.2	78.4	0.02	0.19	0.86	1.06	1.86
EntFer, other cattle	CH <sub>4</sub>	14163.3	9151.0	4	40	40.2	31.0	0.04	0.12	1.49	0.67	2.65
EntFer, pigs	CH <sub>4</sub>	677.7	668.0	4	40	40.2	0.2	0.00	0.01	0.05	0.05	0.00
EntFer, sheep	CH <sub>4</sub>	506.0	294.0	10	60	60.8	0.1	0.00	0.00	0.11	0.05	0.01
EntFer, goats	CH <sub>4</sub>	11.3	15.5	20	60	63.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
EntFer, horses	CH <sub>4</sub>	204.6	190.9	10	60	60.8	0.0	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00
MM, dairy cows	CH <sub>4</sub>	2646.8	2211.4	4	40	40.2	1.8	0.00	0.03	0.02	0.16	0.03
MM, other cattle	CH <sub>4</sub>	2602.9	1463.5	4	40	40.2	0.8	0.01	0.02	0.39	0.11	0.16
MM, pigs	CH <sub>4</sub>	2684.7	2384.3	4	40	40.2	2.1	0.00	0.03	0.05	0.17	0.03
MM, sheep	CH <sub>4</sub>	17.0	9.9	10	60	60.8	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, goats	CH <sub>4</sub>	0.5	0.7	20	60	63.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, horses	CH <sub>4</sub>	31.7	29.6	10	40	41.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MM, poultry	CH <sub>4</sub>	90.3	146.9	10	40	41.2	0.0	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00
MM, direct N <sub>2</sub> O, dairy cows	N <sub>2</sub> O	1565.6	997.5	4	100	100.1	2.3	0.00	0.01	0.43	0.07	0.19
MM, direct N <sub>2</sub> O, other cattle	N <sub>2</sub> O	1456.2	1014.7	4	100	100.1	2.4	0.00	0.01	0.29	0.07	0.09
MM, direct N <sub>2</sub> O, pigs	N <sub>2</sub> O	548.7	565.7	4	100	100.1	0.7	0.00	0.01	0.13	0.04	0.02
MM, direct N <sub>2</sub> O, sheep	N <sub>2</sub> O	74.2	42.9	10	300	300.2	0.0	0.00	0.00	0.08	0.01	0.01
MM, direct N <sub>2</sub> O, goats	N <sub>2</sub> O	4.2	5.8	20	300	300.7	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, direct N <sub>2</sub> O, horses	N <sub>2</sub> O	156.1	146.0	10	300	300.2	0.4	0.00	0.00	0.05	0.03	0.00
MM, direct N <sub>2</sub> O, poultry	N <sub>2</sub> O	37.5	67.5	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00

Source category  EntFer = Enteric Fermentation MM = Manure Management DEP = Digestion of Energy Plants	Gas	Base year emissions, in CO <sub>2</sub> equivalents	Year 2014 emissions, in CO <sub>2</sub> equivalents	Activity data uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Auxiliary calculations <sup>A</sup>	Type A sensitivity	Type B sensitivity	Uncertainty in trend in national emissions introduced by emission factor uncertainty	Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty	Square of "Uncertainty introduced into the trend in total national emissions" <sup>B</sup>
		(GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub> = 25, GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)										
MM, indirect N <sub>2</sub> O, all animals	N <sub>2</sub> O	1242.9	1042.9	10	400	400.1	39.9	0.00	0.01	0.07	0.19	0.04
Soils, mineral fertilizers	N <sub>2</sub> O	10132.1	7845.1	1	200	200.0	564.0	0.01	0.10	1.98	0.14	3.94
Soils, spreading of manure	N <sub>2</sub> O	5395.7	4666.7	60	200	208.8	217.5	0.00	0.06	0.20	5.10	26.01
Soils, sewage sludge	N <sub>2</sub> O	128.4	100.4	20	200	201.0	0.1	0.00	0.00	0.02	0.04	0.00
Soils, crop residues	N <sub>2</sub> O	2267.8	3220.3	50	200	206.2	101.0	0.02	0.04	3.32	2.93	19.64
Soils, organic soils	N <sub>2</sub> O	2782.7	2998.7	1	200	200.0	82.4	0.01	0.04	1.63	0.05	2.65
Soils, grazing	N <sub>2</sub> O	1909.0	1206.3	20	200	201.0	13.5	0.01	0.02	1.07	0.44	1.34
Soils, indirect N <sub>2</sub> O (deposition)	N <sub>2</sub> O	1889.8	1573.2	50	400	403.1	92.1	0.00	0.02	0.17	1.43	2.08
Soils, indirect N <sub>2</sub> O (leaching, run-off)	N <sub>2</sub> O	3477.6	3045.8	170	230	286.0	173.8	0.00	0.04	0.26	9.42	88.89
DEP, digester and storage	CH <sub>4</sub>	0.3	1350.9	10	40	41.2	0.7	0.02	0.02	0.70	0.25	0.54
DEP, storage, direct N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	0.1	274.1	10	100	100.5	0.2	0.00	0.00	0.35	0.05	0.13
DEP, storage, indirect N <sub>2</sub> O (deposition)	N <sub>2</sub> O	0.0	14.1	10	400	400.1	0.0	0.00	0.00	0.07	0.00	0.01
DEP, soils, direct N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	0.2	1387.6	10	200	200.2	17.7	0.02	0.02	3.57	0.25	12.82
DEP, soils, indirect N <sub>2</sub> O (deposition)	N <sub>2</sub> O	0.0	257.9	10	400	400.1	2.4	0.00	0.00	1.33	0.05	1.76
DEP, soils, indirect N <sub>2</sub> O (leaching, run-off)	N <sub>2</sub> O	0.0	229.2	10	230	230.2	0.6	0.00	0.00	0.68	0.04	0.46
Liming (agriculture and forest)	CO <sub>2</sub>	1424.8	2198.0	1	3	3.2	0.0	0.01	0.03	0.04	0.04	0.00
Application of urea	CO <sub>2</sub>	479.6	697.8	1	1	1.4	0.0	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
<b>Total</b>		<b>77699.2</b>	<b>66070.4</b>									
						percentage uncertainty in total inventory:	37.5			trend uncertainty (percentage):		12.8

<sup>A</sup> The data in this column describes auxiliary data needed to derive the percentage uncertainty in total inventory in the bottommost cell of this column. In order to calculate the data the calculation procedure provided by IPCC (2006)-3.31, Table 3.2, column H, has been used. Note, however, that the head of column as prescribed by IPCC (2006)-3.31, Table 3.2, column H („Contribution to Variance by Category“) does not correctly describe the data in column H. Hence the head of column had been modified.

<sup>B</sup> The head of this column as prescribed by IPCC (2006)-3.31, Table 3.2, column M („Uncertainty introduced into the trend in total national emissions“), has been modified in order to match the formula provided by IPCC (2006) and applied in the table above to calculate the data in this column.

### **5.1.7 Qualitätssicherung und -kontrolle**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

#### **5.1.7.1 Qualitätsmanagement Emissionsinventare des Thünen-Instituts**

Das Qualitätsmanagement der Emissionsinventarerstellung am Thünen-Institut wurde konform zu den IPCC-Richtlinien und dem QSE (Kapitel 1.6.1) entwickelt. Rahmenbedingungen und Durchführung des Qualitätsmanagements sind im Konzept (BMELV, 2012) und in der Ausführungsbestimmung des Konzepts (TI, 2012) ausführlich beschrieben. Für die Qualitätskontrolle wichtige Dokumente werden in der Inventarbeschreibung abgelegt, die von der Nationalen Koordinierungsstelle archiviert wird. Die Vorgaben und Abläufe der Ausführungsbestimmung wurden vollständig eingehalten. Im Folgenden werden die besonderen zusätzlichen Qualitätskontrollen für diese Submission beschrieben.

#### **5.1.7.2 Eingangsdaten, Berechnungsverfahren und Emissionsergebnisse**

Die Details der Daten und Berechnungswege sind weitgehend die gleichen wie für den Submission 2015. Aktualisierungen und Neuberechnungen wurden konsequent gegengeprüft.

Die Tabellen im Anhang von HAENEL et al. (2016) beinhalten die Zwischenergebnisse und detaillierten Berechnungsergebnisse aller im Inventar verwendeten Sub-Kategorien sowie abgeleitete erklärende Kenngrößen und nationale Mittelwerte als Hintergrund für die im NIR 2016 und den CRF-Tabellen gezeigten Ergebnisse.

Im Folgenden sind die Testkriterien gelistet, die in der diesjährigen Prüfung der Inventarberechnungen und des Inventarberichts zum Einsatz kamen. Diese gehen über die Anforderungen der Ausführungsbestimmung hinaus.

- Aktivitätsdaten und emissionsbestimmende Faktoren
  - Die Aktivitätsdaten sind korrekt übernommen.
  - Die N-Flüsse im N-Fluss-Modell sind vollständig und logisch.
  - Die Fläche der organischen Böden unter Acker und Nutzgrünland sind konsistent zwischen LULUC (Kap. 4.B, 4.C) und Landwirtschaft (3.D).
  - Die Zeitreihen sind konsistent. Fluktuationen und Trends in den Zeitreihen sind erklärbar und die wichtigen sind im NIR beschrieben.
- Emissionsfaktoren
  - Die Daten für EFs sind korrekt
  - Die Zeitreihen sind konsistent
- Berechnungsmethodik und -ergebnisse
  - Die Basisberechnungen sind korrekt
  - Die Übersichtstabellen sind korrekt
- Die Dokumentation der Änderungen und neuen Methoden ist vollständig und korrekt.
- Die IEFs und weitere erklärende Kenngrößen der Nachbarstaaten sind korrekt übernommen bzw. berechnet. Die deutschen Werte sind konsistent mit denen der Nachbarstaaten.

In diesem Jahr wurden insbesondere die Aggregierungsschritte für die Übersichtstabellen und von Indikatoren in den Kapiteln 3.A und 3.B geprüft, die nicht in die Berechnungen eingehen.

Ergebnisse der Qualitätskontrollen:

1. Alle Berechnungen sind in der Endfassung korrekt.
2. Die Ergebnisse sind konsistent mit den Berechnungen des Vorjahres und den Werten der Nachbarstaaten, soweit diese vergleichbar sind. Abweichungen lassen sich in jedem Einzelfall begründen.

Nach Eingabe der Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren (IEF) in die ZSE-Datenbank (Zentrales System Emissionen) wurde zur Kontrolle ein Abgleich der im ZSE berechneten Emissionen mit den Emissionsergebnissen durchgeführt, die mit dem Inventarmodell GAS-EM erstellt wurden. Ebenso wurden die Daten im Text mit denen in den Datentabellen auf Konsistenz geprüft.

### 5.1.7.3 Verifizierung

Die mit dem Inventarmodell GAS-EM berechneten nationalen Emissionsergebnisse können nicht mit anderen Daten aus Deutschland verglichen werden, da solche Daten nicht vorliegen. Soweit möglich wird stattdessen ein Vergleich von emissionsrelevanten Größen mit IPCC-Defaultwerten und entsprechenden Daten anderer Staaten durchgeführt. Hierauf wird im Folgenden in entsprechenden Unterkapiteln eingegangen.

Eine für den NIR 2014 im Rahmen eines Verifizierungsprojektes durchgeführte Verifizierung der deutschen Emissionsberechnungen durch einen externen Experten (Zsolt Lengyel, Verico SCE) erbrachte, dass die Eingangsdaten konsistent sind, und dass die durchgeführten Berechnungen konsistent und korrekt nach den methodischen Anforderungen der IPCC Guidelines durchgeführt wurden.

Das GAS-EM-Modell wird im Rahmen der EAGER-Gruppe und durch Prüfung von Modulen durch das KTBL kontinuierlich validiert und verifiziert.

Zusätzlich wurde in diesem Jahr eine Plausibilitätsprüfung der VS- und N-Ausscheidungen durchgeführt. Die Berechnungen der VS- und der N-Ausscheidungen beruhen teilweise auf unterschiedlichen Eingangsgrößen. Die berechneten VS- und N-Ausscheidungen müssen aber in einem tierphysiologisch plausiblen Bereich liegen. Als Testgröße diente das C:N-Verhältnis in den tierischen Ausscheidungen. Das VS-Konzept bei der Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen macht einen direkten Test allerdings unmöglich, da in den IPCC-Richtlinien nicht definiert ist, wie hoch der C-Gehalt in den VS ist. Daher wurden aus der Literatur mögliche gemessene Spannen zum Vergleich verwendet, die einen plausiblen Bereich für das VS:N-Verhältnis der Ausscheidungen nach Tierkategorie liefern. Die folgenden 17 Tierkategorien wurden geprüft: Milchkühe, Kälber, Färsen, männl. Mastrinder, Mutterkühe, männl. Rinder älter als 2 Jahre, Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine, Eber, Legehennen, Masthähnchen, Junghennen, Gänse, Enten, Puten-Hähne, Puten-Hennen.

Im Ergebnis waren 16 der 17 VS:N-Verhältnisse physiologisch plausibel (Ausnahme: Gänse). Auch die VS:N-Verhältnisse der Tierkategorien innerhalb der Gruppen Rinder, Schweine und Geflügel (Ausnahme: Gänse) waren innerhalb der Unsicherheiten plausibel. Bei Gänsen lag das VS:N-Verhältnis um Faktor 2 über dem physiologisch plausiblen Bereich. VS wurde bisher (siehe NIR 2015) bei Gänsen nicht für die CH<sub>4</sub>-Berechnungen verwendet, sondern nur

konsistent mit dem verwendeten IPCC Default-EF für CH<sub>4</sub> für die Aggregation der VS-Ausscheidungen für Geflügel geschätzt. Die N-Ausscheidung der Gänse stammt dagegen aus einer nationalen Datenquelle (DLG, 2005). Die Plausibilitätsprüfung ergab somit, dass der IPCC Default-EF für CH<sub>4</sub> ungeeignet für deutsche Bedingungen ist. Daraufhin wurde die Methodik auf ein Tier 2-Verfahren mit nationalen Daten umgestellt.

#### 5.1.7.4 Reviews und Reports

Empfehlungen aus Reviews bis zur Submission 2012 wurden in früheren Submissionen bereits vollständig umgesetzt.

Den Empfehlungen aus dem Individual Review zu Submission 2013 bzgl. Verbesserung der Transparenz und der Begründung von Aktivitätsdaten und Parametern der Biogas-Berechnungen sowie des nationalen N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für Festmist wird durch Beifügen des umfangreichen Detailberichts (aktuelle Fassung: HAENEL et al., 2016) zum NIR und durch Verweis auf weitere relevante Dokumente entsprochen. Die Forderung nach Zeitreihenkonsistenz bei Tierzahlen nach Verlegung des Erhebungstichtages führte zu der ab Submission 2015 vorgenommenen Korrektur der Schafzahlen ab 2010. Die Empfehlung des ERT, die Aktivitätsdaten der Mineraldüngerausbringung im NIR explizit darzustellen, wurde für die Submission 2015 umgesetzt.

Die Empfehlungen zum Sektor Landwirtschaft aus dem Entwurf des ERT-Berichts des Centralized Review zur Submission 2014 wurden in der Submission 2015 umgesetzt. Ein Review der Submission 2015 ist nicht durchgeführt worden.

## 5.2 Fermentation bei der Verdauung (3.A)

### 5.2.1 Beschreibung der Quellgruppe (3.A)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	3.A.1A Enteric Fermentation	Dairy Cattle	CH <sub>4</sub>	19.089,1	1,57%	14.555,8	1,64%	-23,7%
L/T	3.A.1A Enteric Fermentation	Non-Dairy Cattle	CH <sub>4</sub>	14.163,3	1,16%	9.151,0	1,03%	-35,4%
-/-	3.A.2-4 Enteric Fermentation	Other Lifestock (sheep, goats, horses, swine)	CH <sub>4</sub>	1.399,5	0,11%	1.168,4	0,13%	-16,5%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	CS/Tier1/Tier2/Tier3	M/Q/AS/RS/NS	CS/D

Innerhalb der Quellgruppe *Fermentation bei der Verdauung* ist die Kategorie *Milchkühe* die wichtigste Emissionsquelle. Sie stellt für Methan nach Emissionshöhe und dem Trend eine Hauptkategorie dar. Dies liegt an den hohen Tierzahlen und der hohen Leistung. Die Kategorie der übrigen Rinder ist ebenfalls eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend.

CH<sub>4</sub> aus der Fermentation entsteht durch mikrobielle Umsetzungen im Verdauungstrakt. Die je Tier und Zeiteinheit abgegebenen Mengen sind von der Tierart, der individuellen Leistung der Tiere und der Nahrungszusammensetzung abhängig.

Deutschland berichtet über die Emissionen von CH<sub>4</sub> aus der Fermentation bei der Verdauung von Milchkühen, übrigen Rindern (Kälbern, Färsen, Bullen, Mutterkühe, männliche Rinder ab 2 Jahren), Schweinen (Sauen incl. Saugferkel mit einem Gewicht bis 8 kg pro Tier, Aufzuchtferkel, Mastschweine und Eber), Schafen, Ziegen und Pferden.

Der Trend der CH<sub>4</sub>-Emissionen wird bestimmt durch abnehmende Tierzahlen, v. a. der Rinder im Gesamtzeitraum und aller Tierkategorien Anfang der 1990er Jahre, und bessere Verdaulichkeit des Futters, teilweise kompensiert durch steigende GE-Aufnahme infolge von Anstiegen bei Milchleistung und Tiergewichten.

Der Anteil der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung an der gesamten CH<sub>4</sub>-Emission aus der deutschen Landwirtschaft (incl. der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen und der Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten) hat über die Jahre leicht abgenommen (1990: 81,1 %; 2014: 76,6 %). Insgesamt sind die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung zwischen 1990 und 2014 um 28,2 % gefallen.

## 5.2.2 Methodische Aspekte (3.A)

### 5.2.2.1 Methodik (3.A)

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung der Milchkühe werden mit einem nationalen Verfahren berechnet (Tier 3), s. u. Für sonstige Rinder und Schweine erfolgt die Berechnung mit einem Tier-2-Verfahren (IPCC, 2006, 10.24 ff), s. u. Schafe, Ziegen und Pferde werden mit dem Tier-1-Verfahren gerechnet, das Default-Emissionsfaktoren verwendet (siehe Kapitel 5.2.2.2).

Im nationalen Verfahren zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung bei Milchkühen (DÄMMGEN et al., 2012b) wird der Emissionsfaktor nach KIRCHGESSNER et al. (1994) als Funktion der Aufnahme von Rohfasern, N-freien Extrakten, Rohprotein und Fett berechnet:

Gleichung 11: Berechnung des CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktors für Milchkühe (nationales Verfahren)

$$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}} = a \cdot M_{\text{XFi}} + b \cdot M_{\text{NFE}} + c \cdot M_{\text{XP}} + d \cdot M_{\text{XF}} + e$$

mit

$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$	Emissionsfaktor für CH <sub>4</sub> aus der Verdauung (in kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$a$	Koeffizient ( $a = 0,079 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$M_{\text{XFi}}$	Rohfaser-Aufnahme (in kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$b$	Koeffizient ( $b = 0,010 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$M_{\text{NFE}}$	Aufnahme von N-freien Extrakten (in kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$c$	Koeffizient ( $c = 0,026 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$M_{\text{XP}}$	Aufnahme an Rohprotein (in kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$d$	Koeffizient ( $d = -0,212 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$M_{\text{XF}}$	Aufnahme an Fett (in kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$e$	Konstante ( $e = 365 \cdot 0,063 \text{ kg Platz}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )

Die Aufnahme von Rohfaser, N-freien Extrakten, Rohprotein und Fett ergibt sich aus den Kennwerten der Futterzusammensetzung und der Menge des aufgenommenen Futters (siehe Kapitel 5.1.3.3).

Daraus wird mit Hilfe der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.1.3.3) der Methanumwandlungsfaktor berechnet:

$$x_{\text{CH}_4, \text{GE}} = \frac{\eta_{\text{CH}_4} \cdot EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}}{GE}$$

mit

$x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$	Methan-Umwandlungsfaktor für Milchkühe (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{CH}_4}$	Energiegehalt von Methan ( $\eta_{\text{CH}_4} = 55,65 \text{ MJ (kg CH}_4\text{)}^{-1}$ )
$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$	Emissionsfaktor für CH <sub>4</sub> aus der Verdauung (in kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$GE$	Gesamtenergie-Aufnahme (in MJ Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE)

Während der Methanumwandlungsfaktor für Milchkühe von 0,071 MJ MJ<sup>-1</sup> im Jahr 1990 auf 0,063 MJ MJ<sup>-1</sup> im Jahr 2014 sank, stieg der Emissionsfaktor als Folge des ständigen

Leistungsanstiegs von 120,2 kg CH<sub>4</sub> pro Tierplatz und Jahr für 1990 auf 135,5 kg CH<sub>4</sub> pro Tierplatz und Jahr für 2014 (siehe Kapitel 5.2.2.2).

Das für die übrigen Rinder und Schweine verwendete Tier-2-Verfahren berechnet den Emissionsfaktor aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.1.3.3) und dem Methan-Umwandlungsfaktor nach folgender Formel:

Gleichung 12: Berechnung des CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktors (Tier-2-Verfahren, IPCC (2006), S. 10.31)

$$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}} = GE \cdot \frac{x_{\text{CH}_4, \text{GE}}}{\eta_{\text{CH}_4}}$$

mit

$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$	Emissionsfaktor für CH <sub>4</sub> aus der Verdauung (in kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$GE$	Gesamtenergie-Aufnahme (in MJ Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE)
$x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$	Methan-Umwandlungsfaktor (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{CH}_4}$	Energiegehalt von Methan ( $\eta_{\text{CH}_4} = 55.65 \text{ MJ (kg CH}_4\text{)}^{-1}$ )

Mit Ausnahme der Kälber wird für alle übrigen Rinder nach IPCC (2006), Tabelle 10.12, ein Methan-Umwandlungsfaktor von 0,065 MJ MJ<sup>-1</sup> verwendet, während Kälber nach DÄMMGEN et al. (2013) mit einem Methan-Umwandlungsfaktor von 0,041 MJ MJ<sup>-1</sup> in die Berechnungen eingegangen sind. Aufgrund wechselnder Zusammensetzung der Gesamtpopulation der übrigen Rinder variiert die Zeitreihe des mittleren Methan-Umwandlungsfaktors geringfügig (1990: 0,0637 MJ MJ<sup>-1</sup>; 2014: 0,0636 MJ MJ<sup>-1</sup>).

Tabelle 257 zeigt die nationalen kategoriespezifischen Methan-Umwandlungsfaktoren für Schweine (DÄMMGEN et al., 2012c).

Tabelle 257: Methan-Umwandlungsfaktoren für Schweine DÄMMGEN et al. (2012c) (3.A)

	MJ MJ <sup>-1</sup>
Sauen	0,0071
Aufzuchtferkel	0,0044
Mastschweine	0,0046
Eber	0,0071

Zu den mit Gleichung 12 berechneten Emissionsfaktoren siehe Kapitel 5.2.2.2.

Eine ausführliche Beschreibung der Berechnung von CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung findet sich in HAENEL et al. (2016).

### 5.2.2.2 Emissionsfaktoren (3.A)

Tabelle 258 zeigt die berechneten CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren pro Tierplatz für die Verdauung bei Milchkühen, übrigen Rindern und Schweinen.

Tabelle 258: Tierplatzbezogene CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren, Verdauung (3.A)

[kg <sup>-1</sup> Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	120,2	124,4	128,4	131,8	132,1	132,8	131,9	132,8	133,6	134,3	134,7	134,7	135,5
übrige Rinder	43,1	44,1	44,7	44,1	44,2	44,1	43,9	44,1	44,0	43,7	43,5	43,6	43,3
Schweine	1,02	1,07	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13

Die Änderungen gegenüber dem NIR 2015 sind eine Folge der in Kapitel 5.1.3.3 genannten Änderungen bei Leistungsdaten und Methodik.

Tabelle 259 zeigt die Emissionsfaktoren für Schafe, Ziegen und Pferde. Die Emissionsfaktoren für Schafe und Pferde variieren leicht als Folge der zeitlich nicht konstanten Zusammensetzung der Population aus Groß- und Kleintieren; daher werden hier die Werte für 2014 dargestellt.

Tabelle 259: Tierplatzbezogene CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren für die Verdauung bei Schafen, Ziegen und Pferden im Zeitreihenjahr 2014 (3.A)

Tierkategorie	EF [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]
Schafe	6,2
Ziegen	5,0
Pferde	16,6

### 5.2.2.3 Emissionen (3.A)

Die berechneten CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung für die gesamte deutsche Tierhaltung zeigt Tabelle 260.

Tabelle 260: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung (3.A)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>insgesamt</b>	<b>1386,1</b>	<b>1172,0</b>	<b>1082,5</b>	<b>996,9</b>	<b>973,0</b>	<b>971,9</b>	<b>990,2</b>	<b>993,2</b>	<b>985,8</b>	<b>973,7</b>	<b>973,6</b>	<b>988,4</b>	<b>995,0</b>
Milchkühe	763,6	650,7	586,9	558,1	539,3	540,5	556,2	558,3	559,0	562,7	564,3	575,1	582,2
übrige Rinder	566,5	470,1	445,6	387,9	383,3	380,3	384,3	385,3	379,7	364,8	362,2	367,0	366,0
Schweine	27,1	21,9	23,8	25,0	24,8	25,4	25,1	25,7	24,8	25,5	26,5	26,4	26,7
Schafe	20,2	18,5	17,2	16,6	15,9	15,7	15,1	14,7	14,0	12,3	12,2	11,7	11,8
übrige Säugetiere <sup>a</sup>	8,6	10,9	9,0	9,3	9,7	10,0	9,6	9,2	8,4	8,4	8,3	8,3	8,3

<sup>a</sup> übrige Säugetiere: Ziegen und Pferde

Der zeitliche Verlauf der Emissionen seit 1990 ist im Wesentlichen geprägt durch

- die Entwicklung der Tierzahlen (u. a. starke Abnahme 1990/1991 nach der deutschen Wiedervereinigung, gefolgt von allmählicher weiterer Abnahme, wobei Schweine ab Mitte der 1990er Jahre und Milchkühe ab 2011 wieder eine zunehmende Tendenz zeigen);
- beständige Leistungszunahme (Milchleistung, Tiergewichte, Gewichtszunahmen).

### 5.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.A)

Die Unsicherheiten im Bereich der Methan-Emissionen aus der Verdauung sind aus Tabelle 256 in Kapitel 5.1.6 (Gesamt-Unsicherheit des deutschen THG-Inventars) zu entnehmen.

Alle Emissionszeitreihen sind konsistent, da sie für alle Jahre des Berichtszeitraumes jeweils mit der gleichen Methode berechnet wurden und die Eingangsdaten ebenfalls konsistent und vollständig lückengefüllt sind.

### 5.2.4 Quellspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.A)

Zu Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung wird auf Kapitel 5.1.7 verwiesen.

Im Rahmen der Verifizierung erfolgte für Milchkühe, übrige Rinder und Schweine eine Gegenüberstellung der Daten aus der deutschen Tierhaltung mit IPCC-Defaultwerten sowie mit Daten benachbarter Staaten incl. des Vereinigten Königreiches, siehe Tabelle 261 und Tabelle 262. Da zum Zeitpunkt der Erstellung des NIR 2016 die Ergebnisse der Berichterstattungen 2015 und 2016 der anderen Länder noch nicht bekannt waren, wurde hierfür auf die entsprechenden Daten der Berichterstattung 2014 zurückgegriffen, während die deutschen Daten der aktuellen Berichterstattung 2016 entstammen. Als Vergleichsjahr kam dementsprechend nur das Jahr 2012 infrage. Der Vergleich anhand zweier unterschiedlicher Berichterstattungen, die auf verschiedenen Regelwerken beruhen (NIR 2014: IPCC (1996b); NIR 2016: IPCC (2006)), wird dadurch erleichtert, dass die Methodik zur Berechnung der

Emissionen aus der Verdauung beim Übergang von IPCC (1996b) zu IPCC (2006) unverändert blieb.

Tabelle 261 zeigt für Milchkühe den nationalen Mittelwert des auf den Tierplatz bezogenen Emissionsfaktors (impliziter Emissionsfaktor, IEF), die GE-Aufnahme sowie für die Emissionshöhe die maßgeblich bestimmende Milchleistung. Ergänzend wird der CH<sub>4</sub>-Umwandlungsfaktor aufgeführt. Mit seiner Hilfe wird berechnet, welcher Anteil von der aufgenommenen Bruttoenergie (GE) in Methanenergie umgewandelt wird, die mit dem emittierten Methan verloren geht (siehe Methodenbeschreibung in Kapitel 5.2.2.1).

In der Gruppe der zehn Vergleichsländer weist Deutschland den höchsten IEF-Wert auf. Allerdings rechnet Deutschland mit dem höchsten CH<sub>4</sub>-Umwandlungsfaktor (der auf einem nationalen Berechnungsverfahren beruht). Mit Ausnahme von Frankreich basieren die IEF-Werte der anderen Länder noch auf dem niedrigeren IPCC (1996b, 2000)-Default-Faktor bzw. einem eigenen nationalen Faktor, der noch etwas niedriger als der IPCC (1996b)-Default-Faktor ist. Der französische CH<sub>4</sub>-Umwandlungsfaktor liegt zwischen dem IPCC (1996b)-Defaultwert und dem deutschen Faktor.

Um einen aussagekräftigen Vergleich der IEF-Werte durchführen zu können, wurden sie (einschließlich des deutschen Wertes) durch Multiplikation mit dem Verhältnis zwischen IPCC (2006)-Default-Umwandlungsfaktor  $Y_m = 6,5 \%$  und dem jeweiligen nationalen Umwandlungsfaktor auf eine einheitliche Basis umgerechnet. Danach liegt der deutsche IEF niedriger als die IEF-Werte von Belgien, Dänemark und den Niederlanden. Es zeigt sich überdies, dass die umgerechneten IEF-Werte in exaktem linearen Zusammenhang mit den nationalen Werten der GE-Aufnahme stehen ( $R^2 = 1,0000$ ). Dies ist ein Beleg dafür, dass alle verglichenen Länder einschließlich Deutschland CH<sub>4</sub> aus der Verdauung als Funktion der GE-Aufnahme gleich berechnen.

Weniger eng ist in Tabelle 261 der Zusammenhang zwischen den Daten der GE-Aufnahme und der durchschnittlichen täglichen Milchleistung ( $R^2 = 0,62$ ), obwohl Letztere dasjenige Merkmal in der Milchkuhhaltung ist, das den tierischen Energiebedarf am stärksten beeinflusst. Die Streuung der Datensätze kann an unterschiedlichen Tiergewichten als weiterem Leistungsparameter sowie unterschiedlichen Berechnungsmethoden für den tierischen Energiebedarf liegen. Das Verhältnis von GE-Aufnahme zu Milchleistung für die deutschen Milchkühe (16,0 MJ kg<sup>-1</sup>) liegt im Mittelfeld des durch die übrigen Staaten gebildeten Schwankungsbereiches von 13,8 MJ kg<sup>-1</sup> (Vereinigtes Königreich) bis 18,5 MJ kg<sup>-1</sup> (Polen).

Der IEF-Defaultwert aus IPCC (2006) liegt bei 109 kg Platz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und erscheint damit zu niedrig für die meisten mitteleuropäischen Länder, deren auf IPCC (2006) umgerechnete IEF-Werte zwischen 107,9 und 146,3 kg Platz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> liegen (Mittelwert 131,4 kg Platz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>).

Tabelle 261: Methan-Emissionen aus der Verdauung bei Milchkühen verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) für das Zeitreihenjahr 2012

	IEF <sub>CH<sub>4</sub></sub> [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	IEF <sub>CH<sub>4</sub></sub> , korrigiert <sup>a</sup> [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	CH <sub>4</sub> -Umwand- lungsfaktor Y <sub>m</sub> [MJ MJ <sup>-1</sup> ]	GE- Aufnahme [MJ Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	Milchleistung <sup>b</sup> [kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]
Österreich	118,95	128,86	0,0600	302,3	17,58
Belgien	132,20	143,21	0,0600	335,9	20,57
Tschechische Republik	118,93	128,84	0,0600	302,2	20,31
Dänemark	133,91	146,29	0,0595	343,7	22,94
Frankreich	120,03	126,61	0,0616	297,0	18,54
<b>Deutschland</b>	<b>134,67</b>	<b>137,10</b>	<b>0,0638</b>	<b>321,9</b>	<b>20,06</b>
Niederlande	128,24	142,76	0,0584	334,9	k. A.
Polen	99,64	107,94	0,0600	253,2	13,68
Schweiz	122,59	132,81	0,0600	311,5	22,55
Vereinigtes Königreich	110,71	119,94	0,0600	281,3	20,40
IPCC(1996b)-3-4.11, 4.31, 4.39 (Western Europe)	100		0,06	254,7	11,5
IPCC (2000)-4.13- 4.20			0,06	Gleichung 4.1- 4.11	
IPCC(2006)-10.15- 10.21, 10.29, 10.72		109	0,065	Gleichung 10.3- 10.16	16,44 <sup>c</sup>

<sup>a)</sup> nationaler IEF umgerechnet auf CH<sub>4</sub>-Umwandlungsfaktor 6,5 % nach IPCC (2006)

<sup>b)</sup> entspricht der jährlichen Milchleistung dividiert durch 365 Tage

<sup>c)</sup> berechnet aus der von IPCC (2006) angenommenen jährlichen Milchleistung von 6000 kg Platz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

Quelle: Deutschland: Submission 2016; andere Länder: UNFCCC, 2014; k. A: keine Angabe

Tabelle 262 zeigt für die Gruppe der übrigen Rinder sowie für alle Schweine zusammengefasst den IEF sowie die GE-Aufnahme. Die zugehörigen Umwandlungsfaktoren Y<sub>m</sub> lassen sich mithilfe der in Kapitel 5.2.2.1.beschriebenen Methodik aus IEF und GE berechnen. Wie bei den Milchkühen ist für einen aussagekräftigen Vergleich der IEF-Werte die Umrechnung durch Multiplikation mit dem Verhältnis zwischen IPCC (2006)-Default-Umwandlungsfaktor Y<sub>m</sub> = 6,5 % und dem jeweiligen nationalen Umwandlungsfaktor auf eine einheitliche Basis erforderlich. Der deutsche IEF liegt sowohl bei den unkorrigierten als auch bei den korrigierten IEF unter dem Mittelwert aller Vergleichsländer. Bei den übrigen Rindern zeigt sich wie bei den Milchkühen ein exakter linearer Zusammenhang zwischen den umgerechneten IEF-Werten und den nationalen Werten der GE-Aufnahme (R<sup>2</sup> = 1,0000). Deutschland berechnet demnach bei den übrigen Rindern CH<sub>4</sub> aus der Verdauung als Funktion der GE-Aufnahme wie alle übrigen Länder der Vergleichsgruppe.

Gleiches gilt für die Schweine, wenn die in Tabelle 262 aufgeführten nationalen IEF-Werte auf eine einheitliche Basis umgerechnet werden. Hierbei muss mangels eines Y<sub>m</sub>-Defaultwertes in IPCC (2006) der entsprechende Wert aus IPCC (1996b) dienen (0,006 %); außerdem stehen nur vier Datensätze (Österreich, Dänemark, Deutschland, Schweiz) für den Vergleich zur Verfügung.

Sowohl bei den übrigen Rindern wie auch bei den Schweinen erscheinen die IEF-Defaultwerte aus IPCC (2006) zu hoch für mitteleuropäische Verhältnisse.

Tabelle 262: Methan-Emissionen aus der Verdauung bei übrigen Rindern und Schweinen verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) für das Zeitreihenjahr 2012

	Übrige Rinder			Schweine		
	IEF <sub>CH4</sub> [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	IEF <sub>CH4</sub> , korrigiert <sup>a</sup> [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	GE- Aufnahme [MJ Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	IEF <sub>CH4</sub> [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	IEF <sub>CH4</sub> , korrigiert <sup>a</sup>	GE- Aufnahme [MJ Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]
Österreich	55,78	60,43	141,74	1,50	1,50	38,00
Belgien	47,56	51,75	121,39	1,50		k. A.
Tschechische Republik	48,23	52,25	122,55	1,50		k. A.
Dänemark	40,00	55,51	130,21	1,10	1,60	40,55
Frankreich	50,66	50,81	119,18	0,79		k. A.
<b>Deutschland</b>	<b>43,53</b>	<b>44,46</b>	<b>104,29</b>	<b>1,12</b>	<b>1,35</b>	<b>34,28</b>
Niederlande	35,64 <sup>b</sup>	40,04	93,93 <sup>b</sup>	1,50		k. A.
Polen	45,87	49,70	116,57	1,50		k. A.
Schweiz	39,33 <sup>b</sup>	44,04	103,31 <sup>b</sup>	1,06	1,06	26,92
Vereinigtes Königreich	43,06		k. A.	1,50		k. A.
IPCC (1996)-3- 4.10, 4.11, 4.39, 4.42 developed countries, Western Europe		48,00	135,10	1,50		38,00
IPCC (2000)-4.13- 4.20			Gleichung 4.1-4.11			
IPCC (2006)- 10.15-10.21, 10.28, 10.29, Western Europe		57,00	Gleichung 10.3-10.16	1,50		Gleichung 10.3-10.16

<sup>a)</sup> nationaler IEF umgerechnet auf CH<sub>4</sub>-Umwandlungsfaktor 6,5 % für übrige Rinder (nach IPCC (2006)) und 0,6 % für Schweine (nach IPCC (1996b))

<sup>b)</sup> berechnet aus berichteten Originaldaten

Quelle: Deutschland: Submission 2016; andere Länder: UNFCCC, 2014; k. A.: keine Angabe

### 5.2.5 Quellenspezifische Rückrechnungen (3.A)

Tabelle 263 bis Tabelle 265 zeigen für Milchkühe, übrige Rinder und Schweine die für den NIR 2016 berechneten Werte der Gesamtenergie-Aufnahme, der Emissionsfaktoren sowie der Emissionen im Vergleich mit den Werten aus dem NIR 2015. Die Veränderungen von NIR 2015 zu NIR 2016 sind geringfügig und in der hier gewählten Dezimaldarstellung nur im Jahr 2013 bemerkbar. Sie beruhen auf den in Kapitel 5.1.3.3 beschriebenen Änderungen an leistungsbestimmenden Daten und der Berechnungsmethodik sowie für Tabelle 265 auf Änderungen bei den Tierzahlen (siehe dazu Kapitel 5.1.3.2).

Tabelle 263: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten mittleren täglichen Gesamtenergie-Aufnahme (3.A)

(MJ/Tier)	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe 2016	259,9	277,8	295,1	310,3	311,8	314,7	310,2	314,1	317,5	320,3	321,9	321,9	326,0
Milchkühe 2015	259,9	277,8	295,1	310,3	311,8	314,7	310,3	314,1	317,5	320,3	321,9	322,1	
übrige Rinder 2016	103,3	105,5	107,0	105,5	105,8	105,6	105,1	105,5	105,3	104,8	104,3	104,4	103,8
übrige Rinder 2015	103,3	105,5	107,0	105,5	105,8	105,6	105,1	105,5	105,3	104,8	104,3	104,4	
Schweine 2016	30,2	31,8	32,6	33,0	33,1	33,2	33,3	33,8	33,7	34,0	34,3	34,5	34,6
Schweine 2015	30,2	31,8	32,6	33,0	33,1	33,2	33,3	33,8	33,7	34,0	34,3	34,4	

Tabelle 264: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten tierplatzbezogenen CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren (Verdauung) (3.A)

[kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe 2016	120,2	124,4	128,4	131,8	132,1	132,8	131,9	132,8	133,6	134,3	134,7	134,7	135,5
Milchkühe 2015	120,2	124,4	128,4	131,8	132,1	132,8	131,9	132,8	133,6	134,3	134,7	134,8	
übrige Rinder 2016	43,1	44,1	44,7	44,1	44,2	44,1	43,9	44,1	44,0	43,7	43,5	43,6	43,3
übrige Rinder 2015	43,1	44,1	44,7	44,1	44,2	44,1	43,9	44,1	44,0	43,7	43,5	43,6	
Schweine 2016	1,02	1,07	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13
Schweine 2015	1,02	1,07	1,09	1,10	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	

Tabelle 265: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten CH<sub>4</sub>-Emissionen (Verdauung) (3.A)

[Tg a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Säugetiere 2016</b>	1,386	1,172	1,082	0,997	0,973	0,972	0,990	0,993	0,986	0,974	0,974	0,988	0,995
<b>Säugetiere 2015</b>	1,386	1,172	1,082	0,997	0,973	0,972	0,990	0,993	0,986	0,974	0,974	0,989	
Milchkühe 2016	0,764	0,651	0,587	0,558	0,539	0,541	0,556	0,558	0,559	0,563	0,564	0,575	0,582
Milchkühe 2015	0,764	0,651	0,587	0,558	0,539	0,541	0,556	0,558	0,559	0,563	0,564	0,575	
übrige Rinder 2016	0,567	0,470	0,446	0,388	0,383	0,380	0,384	0,385	0,380	0,365	0,362	0,367	0,366
übrige Rinder 2015	0,567	0,470	0,446	0,388	0,383	0,380	0,384	0,385	0,380	0,365	0,362	0,367	
Schweine 2016	0,0271	0,0219	0,0238	0,0250	0,0248	0,0254	0,0251	0,0257	0,0248	0,0255	0,0265	0,0264	0,0267
Schweine 2015	0,0271	0,0219	0,0238	0,0250	0,0247	0,0254	0,0251	0,0257	0,0248	0,0255	0,0265	0,0263	

### 5.2.6 Geplante Verbesserungen (3.A)

Derzeit sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 5.3 Wirtschaftsdünger-Management (3.B)

### 5.3.1 Beschreibung der Quellgruppe (3.B)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	3.B(a).1A Manure Management	Dairy Cattle	CH <sub>4</sub>	2.646,8	0,22%	2.211,4	0,25%	-16,4%
-/-	3.B(b).1A Manure Management	Dairy Cattle	N <sub>2</sub> O	1.565,6	0,13%	997,5	0,11%	-36,3%
-/-	3.B(a).1A Manure Management	Non-Dairy Cattle	CH <sub>4</sub>	2.602,9	0,21%	1.463,5	0,17%	-43,8%
-/-	3.B(b).1A Manure Management	Non-Dairy Cattle	N <sub>2</sub> O	1.456,2	0,12%	1.014,7	0,11%	-30,3%
-/-	3.B(a).3 Manure Management	Swine	CH <sub>4</sub>	2.684,7	0,22%	2.384,3	0,27%	-11,2%
-/-	3.B(b).3 Manure Management	Swine	N <sub>2</sub> O	548,7	0,05%	565,7	0,06%	3,1%
-/-	3.B(a).2.4 Manure Management	Other livestock (sheep, goats, horses, poultry)	N <sub>2</sub> O	138,6	(0,01%)	186,5	(0,02%)	34,5%
-/-	3.B(a).2.4 Manure Management	Other livestock (sheep, goats, horses, poultry)	CH <sub>4</sub>	272,0	(0,02%)	262,2	(0,03%)	-3,6%
-/-	3.B(b).5	Indirect N <sub>2</sub> O emissions	N <sub>2</sub> O	1.242,9	0,10%	1.042,9	0,12%	-16,1%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	Tier 1/Tier 2	M/Q/AS/RS/NS	CS/D
N <sub>2</sub> O direct	Tier 1/Tier 2	M/Q/AS/RS/NS	CS/D
N <sub>2</sub> O indirect	Tier 1	M/Q/AS/RS/NS	D
NO <sub>x</sub>	Tier 1/Tier 2	M/Q/AS/RS/NS	CS
NM VOC	Tier 1	RS/NS	D

Die Quellgruppe *Wirtschaftsdünger-Management* ist keine Hauptkategorie.

Deutschland berichtet im Sektor 3.B über CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und NMVOC aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

CH<sub>4</sub> entsteht durch die Aktivität von methanogenen Bakterien bei der Zersetzung organischer Substanz in anaerober Umgebung. Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen entstehen bei Nitrifikations- und Denitrifikationsprozessen während der Lagerung von Wirtschaftsdünger und Gärresten. NO entsteht durch Nitrifikation in den Oberflächenschichten im Lager. NMVOC-Emissionen werden aus Silage-Futter und Wirtschaftsdüngerlager freigesetzt.

In der Berichterstattung werden dem Wirtschaftsdünger-Management auch indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen zugeordnet. Diese entstehen bei Umsetzungsprozessen in Böden aus reaktivem Stickstoff, der aus der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management stammt, sowie infolge von Auswaschung oder Oberflächenabfluss aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management. Da allerdings Versickerung oder unkontrollierter oberirdischer Abfluss aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management aus Gründen des Gewässerschutzes zu vermeiden sind (siehe dazu u. a. JGS-Anlagenverordnung NRW 1998, Wasserhaushaltsgesetz WHG 2010), wurden keine indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Auswaschung/Oberflächenabfluss berechnet. Dies erfolgte für alle Jahre ab 1990, was bzgl. der Gesamt-N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft eine konservative Annahme darstellt, da der nicht durch N<sub>2</sub>O aus Auswaschung/Oberflächenabfluss verloren gegangene Stickstoff ausgebracht wird und dabei höhere N<sub>2</sub>O-Emissionen verursacht.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt in Abhängigkeit von der Tierkategorie, den Ausscheidungen der Tiere (welche eine Funktion der Tierleistung und der Ernährung sind), den in bestimmten Aufenthaltsbereichen (Weide, Stall) verbrachten Zeiten, sowie von Stalltyp, Stickstoffeintrag durch Einstreu (Stroh) und Lagerungstyp.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Bereich Wirtschaftsdünger (incl. Wirtschaftsdünger-Gärreste und Weidegang) nahmen zwischen 1990 und 2014 um 22,6 % ab. Dieser Rückgang ist im Wesentlichen auf Veränderungen in den Tierbeständen und die Emissionseinsparung durch der Wirtschaftsdünger-Vergärung (siehe Tabelle 269) zurück zu führen. Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Sektor 3.B trugen 1990 18,9 % und 2014 19,2 % zu den CH<sub>4</sub>-Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft bei.

Die gesamten direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Bereich Wirtschaftsdünger (incl. Wirtschaftsdünger-Gärreste) nahmen zwischen 1990 und 2014 um 26,1 % ab. Die Gründe sind im Wesentlichen die gleichen wie bei CH<sub>4</sub>, siehe oben. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Sektor 3.D trugen 1990 11,6 % und 2014 9,3 % zu den N<sub>2</sub>O-Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft bei.

Die dem Bereich Wirtschaftsdünger (incl. Wirtschaftsdünger-Gärreste) zugeschriebenen indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen sanken von 1990 bis 2014 um 16,1 %. Der Anteil an den N<sub>2</sub>O-Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft ging leicht zurück: 1990 3,8 %, 2014 3,4 %.

Die gesamten NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management betragen im Jahr 1990 271,4 kt a<sup>-1</sup> und sanken um 26,4 % auf 199,7 kt a<sup>-1</sup> im Jahr 2014.

### 5.3.2 Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (3.B, CH<sub>4</sub>)

#### 5.3.2.1 Beschreibung der Quellgruppe (3.B, CH<sub>4</sub>)

Siehe Kapitel 5.3.1.

#### 5.3.2.2 Methodische Aspekte (3.B, CH<sub>4</sub>)

##### 5.3.2.2.1 Methodik (3.B, CH<sub>4</sub>)

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen werden für alle Tierkategorien nach der Tier-2-Methode berechnet:

Gleichung 13: Berechnung der CH<sub>4</sub>-Gesamtemission aus dem Wirtschaftsdünger-Management

$$E_{\text{CH}_4, \text{MM}} = \sum_{i,j} n_i \cdot EF_{i,j} = \sum_{i,j} n_i \cdot \alpha \cdot \rho_{\text{CH}_4} \cdot VS_i \cdot B_{o,i} \cdot MS_{i,j} \cdot MCF_{i,j}$$

mit

$E_{\text{CH}_4, \text{MM}}$	Methan-Gesamtemission aus dem Wirtschaftsdünger-Management (in kg a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$n_i$	Anzahl der Tierplätze in Tierkategorie i (in Platz)
$EF_{i,j}$	Methan-Emissionsfaktor für Tierkategorie i in Wirtschaftsdünger-Management-System j (in kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$\alpha$	Faktor zur Umwandlung der Zeiteinheiten ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\rho_{\text{CH}_4}$	Dichte von Methan ( $\rho_{\text{CH}_4} = 0,67 \text{ kg m}^{-3}$ )
$VS_i$	VS-Ausscheidung von Tierkategorie i (in kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$B_{o,i}$	Maximale Methanproduktionskapazität von Tierkategorie i (in m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$MS_{i,j}$	relativer Anteil der Anzahl der Haltungsplätze von Tierkategorie i, deren Exkremete in Wirtschaftsdünger-Management-System j anfallen (in Platz Platz <sup>-1</sup> )
$MCF_{i,j}$	Methan-Umwandlungsfaktor für Wirtschaftsdünger-Management-System j (in m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) <sup>84</sup>

Für die Tierplatzzahlen  $n_i$  wird auf Kapitel 5.3.2.2.1 verwiesen. Die VS-Ausscheidungen werden in Kapitel 5.1.3.5 beschrieben. Zu den Häufigkeiten von Lagerverfahren für Festmist, Flüssigmist und Gärreste sowie der Weidedauer siehe Kapitel 5.1.3.6.1 und 19.3.1. Auf maximale Methan-Bildungsrate  $B_o$  und Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  gehen die Kapitel 5.1.3.6.3 und 5.1.3.6.4 ein. Die Vergärung von Wirtschaftsdünger einschließlich Gärrestelagerung wird von IPCC als eigenständiger Lagertyp angesehen, zu dessen  $B_o$  und  $MCF$  auf Kapitel 5.1.3.6.5 verwiesen wird.

##### 5.3.2.2.2 Emissionsfaktoren (3.B, CH<sub>4</sub>)

Tabelle 266 zeigt die Zeitreihen der auf den Tierplatz bezogenen Emissionsfaktoren. Sie wurden nach Gleichung 13 in Kapitel 5.3.2.2.1 berechnet. Der Effekt der Emissionsminderung durch die Vergärung von Wirtschaftsdünger ist in den Emissionsfaktoren enthalten. Abweichungen gegenüber dem NIR 2015 sind Folge der Änderungen bei Tierplatzzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2), Leistungsdaten und Methoden (siehe Kapitel 5.1.3.3) sowie Aktivitätsdaten zur Wirtschaftsdünger-Vergärung (siehe Kapitel 5.1.3.6.5).

<sup>84</sup> IPCC gibt den  $MCF$  in Prozent (von  $B_o$ ) an; im deutschen Inventar wird die eindeutigere Einheit m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> verwendet.

Tabelle 266: Tierplatzbezogene CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren, Wirtschaftsdünger-Management (3.B(a))

[kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	16,7	21,3	22,5	23,4	23,2	22,9	22,6	22,4	22,0	21,4	21,2	20,7	20,6
übrige Rinder	7,9	8,0	8,1	8,0	7,9	7,8	7,6	7,5	7,4	7,2	7,1	7,0	6,9
Schweine	4,1	4,4	4,5	4,4	4,4	4,3	4,2	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0
Schafe	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Ziegen	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Pferde	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
Geflügel	0,031	0,030	0,032	0,035	0,035	0,036	0,036	0,036	0,037	0,035	0,034	0,032	0,032

### 5.3.2.2.3 Emissionen (CRF 3.B, CH<sub>4</sub>)

Tabelle 267 zeigt die berechneten CH<sub>4</sub>-Gesamtemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Tabelle 267: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management(3.B(a))

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
[kt a <sup>-1</sup> ]	322,92	291,42	287,18	275,16	266,85	265,48	265,12	263,86	253,69	249,62	251,84	250,17	249,83

Es ergibt sich von 1990 bis 2014 eine Abnahme von 73,1 kt a<sup>-1</sup> (22,6 %). Der zeitliche Verlauf ist im Wesentlichen eine Folge der Entwicklung der Tierzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2), modifiziert durch emissionssteigernden Leistungszuwachs (siehe Kapitel 5.1.3.2.4) und eine zunehmende Emissionseinsparung aufgrund von Wirtschaftsdünger-Vergärung, siehe Tabelle 269 weiter unten.

Tabelle 268 zeigt die Emissionsbeiträge von Milchkühen, übrigen Rindern und Schweinen. Diese Tierkategorien verursachen 98,3 % (1990) bis 97,0 % (2014) der Emission dem Wirtschaftsdüngermanagement. Das Verhältnis zwischen Rinder- und Schweinehaltung liegt bei rund 2:1 für 1990 und 1,5:1 für 2014.

Tabelle 268: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management für Milchkühe, übrige Rinder und Schweine

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	105,9	111,1	102,7	99,0	94,6	93,4	95,3	94,0	92,2	89,7	88,7	88,4	88,5
übrige Rinder	104,1	85,3	80,4	70,1	68,4	67,0	66,9	66,0	63,6	59,8	59,0	59,3	58,5
Schweine	107,4	89,3	98,3	100,0	97,6	98,5	96,4	97,4	91,5	93,3	97,0	95,1	95,4

Die durch Wirtschaftsdünger-Vergärung eingesparten CH<sub>4</sub>-Emissionen gehen aus Tabelle 269 hervor. Ohne Vergärung wären sie zusätzlich zu den in Tabelle 267 angegeben Mengen emittiert worden. Daraus resultiert die in Tabelle 269 zusätzlich angegebene Zeitreihe des prozentualen Minderungseffekts durch Vergärung.

Tabelle 269: In Deutschland durch Wirtschaftsdünger-Vergärung eingesparte CH<sub>4</sub>-Emissionen in kt a<sup>-1</sup> sowie Prozent der sich ohne Vergärung ergebenden CH<sub>4</sub>-Gesamtemission aus dem Wirtschaftsdünger-Management aller im Inventar betrachteten Nutztiere

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
[kt a <sup>-1</sup> ]	0,01	0,1	0,9	6,5	9,5	13,7	16,6	21,3	26,6	32,7	35,8	40,2	43,0
[%]	0,0	0,0	0,3	2,3	3,4	4,9	5,9	7,5	9,5	11,6	12,4	13,8	14,7

### 5.3.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.B, CH<sub>4</sub>)

Hinsichtlich der Unsicherheiten im Bereich der Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird auf Tabelle 256 in Kapitel 5.1.6 (Gesamt-Unsicherheit des deutschen THG-Inventars) verwiesen.

Alle Emissionszeitreihen sind konsistent, da sie für alle Jahre des Berichtszeitraumes jeweils mit dergleichen Methode berechnet wurden und die Eingangsdaten ebenfalls konsistent und vollständig sind.

### 5.3.2.4 Quellspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.B, CH<sub>4</sub>)

Zu Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung wird auf Kapitel 5.1.7 verwiesen.

Im Rahmen der Verifizierung wurden analog zur Vorgehensweise in Kapitel 5.2.4 die für 2012 erhaltenen Ergebnisse und Eingangsdaten mit denen benachbarter Staaten sowie des Vereinigten Königreiches von 2012 (Submission 2014 für 2012, UNFCCC 2014) verglichen.

Tabelle 270 zeigt, dass Deutschland beim nationalen Mittelwert des tierplatzbezogenen CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktors (IEF) aus dem Milchkuh-Wirtschaftsdünger-Management eher im unteren Bereich liegt. Die deutsche VS-Ausscheidung liegt ebenfalls am unteren Ende (vergleichbar mit Frankreich). Höhere CH<sub>4</sub>-IEFs haben Dänemark, Frankreich, die Niederlande, die Schweiz und das Vereinigte Königreich, während Österreich und Polen erheblich unter dem Niveau von Deutschland liegen. Allerdings sind die Werte des CH<sub>4</sub>-IEF der europäischen Länder nur bedingt miteinander vergleichbar, da sie aus sehr unterschiedlichen VS-Ausscheidungen, Häufigkeiten von Flüssigmistsystemen und Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF* entstanden sind. Beim deutschen IEF ist zu berücksichtigen, dass die emissionsmindernde Wirkung der Vergärung von Wirtschaftsdünger enthält. Die deutschen Werte für die Häufigkeit von Flüssigmistsystemen und für den mittleren *MCF* von Flüssigsystemen beziehen sich allein auf Flüssigmistysteme ohne Vergärung. Die *MCF*-Werte der verschiedenen Staaten sind nur begrenzt vergleichbar, da die Angaben in Tabelle 270 zumindest für Frankreich, die Schweiz und das Vereinigte Königreich noch auf den alten Richtlinien (IPCC, 1996b, 2000) beruhen.

Aus Tabelle 271 geht hervor, dass bei den übrigen Rindern der deutsche IEF mit 7,09 kg<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> im Mittelfeld der großen Spannweite zwischen 2,81 kg Platz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Belgien) und 15,01 kg Platz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Vereinigtes Königreich) liegt, während die deutschen VS-Ausscheidungen mit 1,38 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> deutlich im unteren Bereich der durch die Nachbarstaaten gebildeten Spannweite liegen (1,23 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> in den Niederlanden bis 2,70 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> in Dänemark). Diese Spannweiten sind unter anderem darauf zurück zu führen, dass die Gruppe der übrigen Rinder in von Land zu Land variierenden Populationsanteilen sehr unterschiedliche Tiere mit großen Leistungsunterschieden umfasst. Darüber hinaus zeigt die sehr niedrige Korrelation zwischen IEF und VS-Ausscheidung den Einfluss der unterschiedlichen Häufigkeiten verschiedener Wirtschaftsdünger-Managementsysteme und deren unterschiedlicher Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF*. Tabelle 271 zeigt zur Verdeutlichung die entsprechenden Daten für Flüssigmistysteme, wobei die Vergleichbarkeit der *MCF*-Werte aus den gleichen Gründen wie bei den Milchkühen eingeschränkt ist.

Bei den Schweinen, siehe Tabelle 272, liegt die deutsche VS-Ausscheidung mit 0,30 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> zwar höher als der Mittelwert (0,26 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) aller Staaten, die den in der aktuellen Submission nicht mehr gültigen VS-Defaultwert von IPCC (1996b) von 0,50 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> nicht verwendet haben; gleichzeitig liegt die deutsche VS-Ausscheidung aber praktisch auf dem Niveau der mittleren VS-Ausscheidung (0,31 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), die aus den IPCC (2006)-Defaultwerten für Schweine resultiert. Die IEF-Werte sind nicht vergleichbar, da neben VS-Ausscheidungen auch *MCF*-Werte nicht einheitlich aus der aktuell gültigen Richtlinie IPCC (2006) stammen. Überdies tragen die Schweineunterkategorien durch ihre von Land zu Land variierenden Populationsanteile unterschiedlich zur Gesamtemission bei.

Tabelle 270: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern bei Milchkühen verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) und wichtiger emissionsrelevanter Parameter für das Jahr 2012

	IEF <sub>CH<sub>4</sub></sub> [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	VS- Ausscheidungen [kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	Häufigkeit von Flüssigmist- systemen [%]	mittlerer MCF für Flüssigmist- systeme [%]
Österreich	9,16	4,30	32,20	8,72
Belgien	17,45	4,15	11,35	19,00
Tschechische Republik	19,95	k. A.	27,00	k. A.
Dänemark	33,60	6,22	88,49	10,00
Frankreich <sup>a</sup>	39,80	4,09	40,79	39,00
<b>Deutschland</b>	<b>21,16</b>	<b>4,01</b>	<b>55,44<sup>b</sup></b>	<b>15,18<sup>b</sup></b>
Niederlande	43,09	4,56	90,38	17,00
Polen	13,36	4,63	10,53	39,00
Schweiz	26,04	6,21	68,22	10,00
Vereinigtes Königreich	42,90	3,57	41,00	39,00
IPCC (1996b)-3-4.13, 4.43, Western Europe, cool region	14	5,1	40	10
IPCC (2000)-4.36				39
IPCC (2006)-10.38, 10.77, Western Europe, cool region	21 bis 23 <sup>c</sup>	5,1	35,7	17 bis 19 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Frankreich: Nur gemäßigte Zone, Häufigkeit von Flüssigmistssystemen aus Originaldaten berechnet

<sup>b</sup> Deutschland: Nur Flüssigsysteme ohne Güllevergärung

<sup>c</sup> Bereich für in Deutschland vorkommende Systeme und/oder Temperaturen

Quelle: Deutschland: Submission 2016; andere Länder: UNFCCC, 2014; k. A.: keine Angabe

Tabelle 271: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern bei übrigen Rindern verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) und wichtiger emissionsrelevanter Parameter für das Jahr 2012

	IEF <sub>CH<sub>4</sub></sub> [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ]	VS- Ausscheidungen [kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	Häufigkeit von Flüssigmist- systemen [%]	mittlerer MCF für Flüssigmist- systeme [%]
Österreich	4,11	1,93	24,45	8,46
Belgien	2,81	1,48	4,03	19,00
Tschechische Republik	8,65	k. A.	52,00	k. A.
Dänemark	9,19	2,70	31,06	0,10
Frankreich <sup>a</sup>	8,52	1,99	29,03	39,00
<b>Deutschland</b>	<b>7,09</b>	<b>1,37</b>	<b>32,81<sup>b</sup></b>	<b>15,32<sup>b</sup></b>
Niederlande	9,14 <sup>d</sup>	1,23 <sup>d</sup>	81,71 <sup>d</sup>	15,84 <sup>d</sup>
Polen	2,24	1,84	50,63	39,00
Schweiz	5,15 <sup>d</sup>	2,03 <sup>d</sup>	46,85 <sup>d</sup>	10,00 <sup>d</sup>
Vereinigtes Königreich	15,01	2,29	4,24	39,00
IPCC (1996b)-3-4.13, 4.44, Western Europe, cool region	6	2,7	50	10
IPCC (2000)-4.36				39,00
IPCC (2006)-10.38, 10.78, Western Europe, cool region	6 bis 7 <sup>c</sup>	2,6	25,2	17 bis 19 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Frankreich: Nur gemäßigte Zone, Häufigkeit von Flüssigmistssystemen aus Originaldaten berechnet

<sup>b</sup> Deutschland: Nur Flüssigsysteme ohne Güllevergärung

<sup>c</sup> Bereich für in Deutschland vorkommende Systeme und/oder Temperaturen

<sup>d</sup> berechnet aus berichteten Originaldaten

Quelle: Deutschland: Submission 2016; andere Länder: UNFCCC, 2014; k. A.: keine Angabe

Tabelle 272: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern bei Schweinen verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) und wichtiger emissionsrelevanter Parameter für das Jahr 2012

	IEF <sub>CH<sub>4</sub></sub> [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ]	VS- Ausscheidungen [kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	Häufigkeit von Flüssigmist- systemen [%]	mittlerer MCF für Flüssigmist- systeme [%]
Österreich	1,17	0,27	75,24	3,39
Belgien	7,73	0,35	6,35	19,00
Tschechische Republik	3,00	k. A.	76,00	k. A.
Dänemark	2,30	0,20	97,56	10,00
Frankreich <sup>a</sup>	12,85	0,32	92,32	39,00
<b>Deutschland</b>	<b>4,10</b>	<b>0,30</b>	<b>82,71<sup>b</sup></b>	<b>22,14<sup>b</sup></b>
Niederlande	2,95	0,16	100,00	39,00
Polen	5,63	0,50	24,32	39,00
Schweiz	5,48	0,50	99,60	10,00
Vereinigtes Königreich	19,02	0,50	38,12	39,00
IPCC (1996b)-3-4.13, 4.42, 4.46, Western Europe, cool region	3	0,5		10
IPCC (2000)-4.36				39
IPCC (2006)-10.80, 10.81, Western Europe, cool region	Sau, Eber: 9 bis 10 <sup>c</sup> Übrige: 6	Sau, Eber: 0,46 Übrige: 0,30		17 bis 19 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Frankreich: Nur gemäßigte Zone, Häufigkeit von Flüssigmistssystemen aus Originaldaten berechnet

<sup>b</sup> Deutschland: Nur Flüssigmistssysteme ohne Güllevergärung

<sup>c</sup> Bereich für in Deutschland vorkommende Systeme und/oder Temperaturen

Quelle: Deutschland: Submission 2016; andere Länder: UNFCCC, 2014; k. A.: keine Angabe

Tabelle 273 zeigt für Geflügel den mittleren IEF, die mittlere VS-Ausscheidung und als Indikator für Energiebedarf und damit Futteraufnahme und Ausscheidungen das mittlere Tiergewicht. Da für Frankreich, Polen, Schweiz und das Vereinigte Königreich noch die Default-VS-Ausscheidung nach IPCC (1996b) eingeht, sind die in Tabelle 273 angeführten IEF-Werte dieser Länder für den internationalen Vergleich nicht geeignet. Die IEF-Werte von Österreich, Tschechischen Republik und Polen liegen auf dem Niveau von Frankreich, allerdings bei Österreich und Tschechischer Republik ohne Angabe der VS-Ausscheidungen. Es wird vermutet, dass auch die IEFs von Österreich und der Tschechischen Republik auf der Default-VS-Ausscheidung nach IPCC (1996b) beruhen und damit nicht für den Vergleich herangezogen werden können. Die dänische VS-Ausscheidung ist trotz eines Tiergewichtes, das höher als das deutsche ist, eine Größenordnung kleiner als die deutsche VS-Ausscheidung und wird daher als Ausreißer eingestuft. Damit bleiben als Vergleichspartner nur Belgien und die Niederlande. Die deutsche VS-Ausscheidung von 0,024 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> liegt annähernd auf dem Niveau der belgischen VS-Ausscheidung von 0,026 kg Platz<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Für beide Länder sind auch die IEF-Werte und die mittleren Tiergewichte recht gut vergleichbar. Die niederländische VS-Ausscheidung ist zwar merklich niedriger als die deutsche, der IEF aber ebenfalls entsprechend niedriger als der deutsche.

Tabelle 273: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Lagerung von Wirtschaftsdüngern bei Geflügel verschiedener Länder im Vergleich des impliziten Emissionsfaktors (IEF) und wichtiger emissionsrelevanter Parameter für das Jahr 2012

	IEF <sub>CH<sub>4</sub></sub> [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ]	VS-Ausscheidungen [kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	mittleres Tiergewicht [kg Tier <sup>-1</sup> ]
Österreich	0,073	k. A.	k. A.
Belgien	0,037	0,026	1,59
Tschechische Republik	0,078	k. A.	k. A.
Dänemark	0,026	0,003	2,00
Frankreich	0,079	0,100	k. A.
<b>Deutschland</b>	<b>0,034</b>	<b>0,025</b>	<b>1,72</b>
Niederlande	0,020	0,015	k. A.
Polen	0,078	0,100	1,10
Schweiz	0,116	0,100	k. A.
Vereinigtes Königreich	0,116	0,100	k. A.
IPCC (1996b)-3-4.47, cool region, developed countries	0,078	0,10	1,10
IPCC (2000)-4.36			
IPCC (2006)-10.82, We. Eur., cool reg., dev. countries	0,02 bis 0,09	0,01 bis 0,07	0,9 bis 6,8

Quelle: Deutschland: Submission 2016; andere Länder: UNFCCC, 2014; k. A.: keine Angabe

### 5.3.2.5 Quellenspezifische Rückrechnungen (3.B, CH<sub>4</sub>)

Tabelle 274 und Tabelle 275 zeigen VS-Ausscheidung und Emissionsfaktor für Milchkühe, übrige Rinder, Schweine und Geflügel. Die Veränderungen von NIR 2015 zu NIR 2016 sind eine Folge der Änderungen bei Tierplatzzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2), Leistungsdaten und Methoden (siehe Kapitel 5.1.3.3) sowie Aktivitätsdaten zur Wirtschaftsdünger-Vergärung (siehe Kapitel 5.1.3.6.5). Beim Geflügel wirken sich zusätzlich die aktualisierten Werte der VS-Ausscheidungen und von  $B_0$  bei den Gänsen aus (siehe Kapitel 5.1.3.5 und 5.1.3.6.5).

Tabelle 274: Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berichteten VS-Ausscheidungen (3.B(a))

[kg Platz <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe 2016	3,47	3,63	3,78	3,90	3,91	3,94	3,90	3,94	3,97	3,99	4,01	4,01	4,04
Milchkühe 2015	3,47	3,63	3,78	3,90	3,91	3,94	3,90	3,94	3,97	3,99	4,01	4,01	4,01
übrige Rinder 2016	1,37	1,40	1,43	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,39	1,38	1,37	1,38	1,37
übrige Rinder 2015	1,37	1,40	1,43	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,39	1,38	1,37	1,38	1,38
Schweine 2016	0,264	0,278	0,284	0,288	0,289	0,289	0,290	0,294	0,293	0,295	0,297	0,299	0,300
Schweine 2015	0,264	0,278	0,284	0,288	0,289	0,289	0,290	0,294	0,293	0,295	0,297	0,298	0,298
Geflügel 2016	0,0225	0,0218	0,0233	0,0255	0,0255	0,0261	0,0262	0,0264	0,0271	0,0263	0,0254	0,0242	0,0242
Geflügel 2015	0,0226	0,0222	0,0231	0,0259	0,0259	0,0265	0,0263	0,0267	0,0271	0,0263	0,0254	0,0245	0,0245

Tabelle 275: Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berichteten tierplatzbezogenen CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren für das Wirtschaftsdünger-Management (3.B(a))

[kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe 2016	16,7	21,3	22,5	23,4	23,2	22,9	22,6	22,4	22,0	21,4	21,2	20,7	20,6
Milchkühe 2015	16,7	21,3	22,4	23,3	23,2	23,0	22,6	22,5	22,1	21,5	21,2	21,2	21,2
übrige Rinder 2016	7,93	8,01	8,07	7,97	7,89	7,78	7,65	7,55	7,37	7,17	7,09	7,04	6,93
übrige Rinder 2015	7,93	8,01	8,05	7,96	7,88	7,78	7,64	7,56	7,37	7,18	7,09	7,10	7,10
Schweine 2016	4,05	4,38	4,52	4,39	4,35	4,28	4,25	4,23	4,12	4,09	4,10	4,06	4,03
Schweine 2015	4,05	4,38	4,51	4,39	4,35	4,28	4,25	4,24	4,13	4,11	4,10	4,11	4,11
Geflügel 2016	0,0314	0,0302	0,0321	0,0348	0,0348	0,0355	0,0356	0,0358	0,0366	0,0354	0,0341	0,0325	0,0324
Geflügel 2015	0,0316	0,0307	0,0317	0,0353	0,0353	0,0361	0,0358	0,0361	0,0366	0,0355	0,0342	0,0329	0,0329

Tabelle 276: Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berichteten CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (3.B(a))

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
alle Tiere 2016	322,9	291,4	287,2	275,2	266,8	265,5	265,1	263,9	253,7	249,6	251,8	250,2	249,8
alle Tiere 2015	322,9	291,5	286,7	274,9	266,7	265,5	265,1	264,6	254,3	250,5	251,9	253,7	
Milchkühe 2016	105,9	111,1	102,7	99,0	94,6	93,4	95,3	94,0	92,2	89,7	88,7	88,4	88,5
Milchkühe 2015	105,9	111,1	102,5	98,9	94,5	93,5	95,4	94,5	92,4	90,2	88,7	90,4	
übrige Rinder 2016	104,1	85,3	80,4	70,1	68,4	67,0	66,9	66,0	63,6	59,8	59,0	59,3	58,5
übrige Rinder 2015	104,1	85,3	80,3	70,0	68,3	67,0	66,9	66,1	63,6	59,9	59,0	59,8	
Schweine 2016	107,4	89,3	98,3	100,0	97,6	98,5	96,4	97,4	91,5	93,3	97,0	95,1	95,4
Schweine 2015	107,4	89,3	98,2	99,8	97,5	98,4	96,4	97,6	91,9	93,7	97,1	96,1	
Geflügel 2016	3,58	3,36	3,86	4,20	4,34	4,56	4,57	4,61	4,71	5,13	5,49	5,76	5,85
Geflügel 2015	3,60	3,42	3,81	4,26	4,37	4,58	4,57	4,63	4,72	5,15	5,51	5,84	

### 5.3.2.6 Geplante Verbesserungen (3.B, CH<sub>4</sub>)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 5.3.3 NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

### 5.3.3.1 Beschreibung der Quellgruppe (NMVOC)

Siehe Kapitel 5.3.1.

### 5.3.3.2 Methodische Aspekte (NMVOC)

#### 5.3.3.2.1 Methodik (NMVOC)

IPCC gibt keine Methode zur Berechnung von NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management an. EMEP (2013) stellt Methoden und die dazugehörigen Parameter bereit. Deutschland verwendet das Tier-1-Verfahren (EMEP, 2013-3B-13 ff). Die Berechnung erfolgt getrennt nach Tierkategorien.

Gleichung 14: Tier-1-Verfahren zur Berechnung der jährlichen NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

$$E_{\text{NMVOC, MM, i}} = n_i \cdot EF_{\text{NMVOC, MM, i}}$$

mit

$E_{\text{NMVOC, MM, i}}$	NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management von Tierkategorie i (in kg a <sup>-1</sup> )
$n_i$	Anzahl von Tierplätzen in Tierkategorie i (in Platz)
$EF_{\text{NMVOC, MM, i}}$	NMVOC-Emissionsfaktor für Tierkategorie i (in kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

#### 5.3.3.2.2 Emissionsfaktoren (NMVOC)

EMEP (2013)-3B-16, Table 3.3, gibt (außer für Schweine) unterschiedliche Emissionsfaktoren für Fütterung mit und ohne Silage an. Für Schweine werden nur Emissionsfaktoren für Fütterung ohne Silage angegeben. Für Rinder und Pferde werden im deutschen Inventar die Emissionsfaktoren für Silagefütterung angenommen, für Schafe und Ziegen die Faktoren für eine Fütterung ohne Silage.

In konservativer Weise wird für Eber der Emissionsfaktor von Sauen und für Aufzuchtferkel der von Mastschweinen übernommen.

Der in EMEP (2013) angegebene Emissionsfaktor für Schafe wird als Emissionsfaktor für erwachsene Schafe interpretiert. Nach HAENEL et al. (2016) wird der Emissionsfaktor für Lämmer mit 40 % des Emissionsfaktors für erwachsene Schafe angesetzt.

Der in EMEP (2013) angegebene Emissionsfaktor für Pferde wird als Emissionsfaktor für Großpferde interpretiert. Für Kleinpferde und Ponys wird der in EMEP (2013) angegebene Emissionsfaktor für Esel und Maultiere verwendet.

Wegen der Ähnlichkeit des Haltungsverfahrens wird für Junghennen der Emissionsfaktor von Masthähnchen übernommen.

Tabelle 277 zeigt die Liste der im Inventar verwendeten Emissionsfaktoren.

Tabelle 277: Im Inventar verwendete NMVOC-Emissionsfaktoren nach EMEP (2013)

[kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	EF <sub>NMVOC</sub>
Milchkühe	17,937
übrige Rinder	8,902
Sauen, Eber	1,704
Mastschweine, Aufzuchtferkel	0,551
erwachsene Schafe	0,169
Lämmer	0,068
Ziegen	0,542
Großpferde	7,781
Kleinpferde und Ponys	3,018
Legehennen	0,165
Masthähnchen, Junghennen	0,108
Gänse, Enten und Puten	0,489

### 5.3.3.2.3 Emissionen (NMVOC)

Die unter CRF 3s1 zu berichtenden NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management gehen aus Tabelle 278 hervor. Aufgrund der verwendeten Tier-1-Methodik (siehe Kapitel 5.3.3.2.1) spiegeln die Zeitreihen direkt die Entwicklung der Tierzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2.3) wieder.

Die Gesamtemission nimmt von 271,4 kt a<sup>-1</sup> im Jahr 1990 um 26,9 % auf 199,7 kt a<sup>-1</sup> im Jahr 2014 ab. Der Anteil der Rinder an der Gesamtemission sinkt von 85,1 % im Jahr 1990 auf 76,4 % im Jahr 2013, während der Anteil des Geflügels von 6,8 % auf 14,2 % steigt. Damit verharrt der Beitrag aller übrigen Tierkategorien zusammen auf niedrigem Niveau (1990: 8,2 %; 2013: 9,4 %).

Tabelle 278: NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>insgesamt</b>	<b>271,4</b>	<b>225,6</b>	<b>209,3</b>	<b>193,9</b>	<b>190,5</b>	<b>191,0</b>	<b>194,3</b>	<b>193,9</b>	<b>191,7</b>	<b>191,7</b>	<b>194,1</b>	<b>198,4</b>	<b>199,7</b>
Milchkühe	114,0	93,8	82,0	76,0	73,2	73,0	75,7	75,4	75,0	75,2	75,2	76,5	77,1
übrige Rinder	116,9	94,9	88,7	78,3	77,2	76,7	77,9	77,8	76,8	74,2	74,1	74,9	75,2
Schweine	18,4	14,2	15,0	15,5	15,3	15,6	15,3	15,4	14,9	15,1	15,5	15,3	15,4
Schafe	0,43	0,39	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,26	0,26	0,25	0,25
Ziegen	0,05	0,05	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,12	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
Pferde	3,2	4,1	3,3	3,4	3,5	3,7	3,5	3,3	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Geflügel	18,3	18,1	19,8	20,3	20,9	21,5	21,5	21,6	21,6	23,8	26,0	28,2	28,7

### 5.3.3.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (NMVOC)

Nach EMEP(2013)-3B-33 kann das Berechnungsverfahren lediglich als ein erster Ansatz zur Schätzung von NMVOC-Emissionen aus der Tierhaltung gelten. Die damit verbundene Unsicherheit wird als sehr hoch eingeschätzt; eine Quantifizierung wird durch EMEP (2013) nicht vorgenommen.

Alle Emissionszeitreihen sind konsistent, da sie für alle Jahre des Berichtszeitraumes jeweils mit der gleichen Methode berechnet wurden und die Eingangsdaten ebenfalls konsistent und vollständig sind.

#### 5.3.3.4 Quellspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (NMVOC)

Zu Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung wird auf Kapitel 5.1.7 verwiesen.

#### 5.3.3.5 Quellspezifische Rückrechnungen (NMVOC)

Die in Kapitel 5.3.3.2.3 dargestellte Zeitreihe der NMVOC-Emissionen wurden mit der gegenüber dem NIR 2015 unveränderten Methodik, aber mit den aktualisierten Tierzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2.3) neu berechnet. Aufgrund der verwendeten einfachen Tier-1-Methodik sind die Unterschiede der NMVOC-Emissionen zum NIR 2015 direkt proportional zu den Unterschieden der Tierzahlen zwischen NIR 2016 und NIR 2015.

#### 5.3.3.6 Geplante Verbesserungen (NMVOC)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

### 5.3.4 Direkte N<sub>2</sub>O- und NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (3.B, N<sub>2</sub>O & NO)

#### 5.3.4.1 Beschreibung der Quellgruppe (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub> & NO)

Siehe Kapitel 5.3.1.

#### 5.3.4.2 Methodische Aspekte (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub> & NO)

##### 5.3.4.2.1 Methodik (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub> & NO)

Die Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management erfolgt für alle Tierkategorien getrennt unter Berücksichtigung der gegebenen Managementsysteme (einschließlich der Wirtschaftsdünger-Vergärung, siehe Kapitel 5.1.3.6.5):

Gleichung 15: Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

$$E_{N_2O-N} = \sum_{i,j} [(N_{\text{excr},i} + N_{\text{straw},i,j}) \cdot MS_{i,j}] \cdot EF_{N_2O-N,j}$$

mit:

$E_{N_2O-N}$	Gesamte N <sub>2</sub> O-N-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (kg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)
$N_{\text{excr},i}$	Gesamte N-Ausscheidung der Tierkategorie i (kg a <sup>-1</sup> N)
$N_{\text{straw},i,j}$	N-Eintrag durch Einstreu für Tierkategorie i und Wirtschaftsdünger-Managementsystem j (kg a <sup>-1</sup> N)
$MS_{i,j}$	relativer Anteil des Wirtschaftsdünger-Managementsystems j in Tierkategorie i (Platz Platz <sup>-1</sup> )
$EF_{N_2O-N,j}$	N <sub>2</sub> O-N-Emissionsfaktor für Wirtschaftsdünger-Managementsystem j (kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)

Zu Gesamt-N-Ausscheidungen und Gesamt-N-Einträgen durch Einstreu siehe Kapitel 5.1.3.4 und 5.1.3.6.2. Zu den relativen Häufigkeiten der Wirtschaftsdünger-Managementsysteme siehe Kapitel 5.1.3.6.1 und 19.3.2.

Die NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden analog zu den N<sub>2</sub>O-Emissionen berechnet.

N<sub>2</sub>O- und NO-Emissionen infolge von Wirtschaftsdüngerausbringung und Weidegang werden unter 3.D berichtet.

### 5.3.4.2.2 Emissionsfaktoren (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub> & NO)

Für die Güllelagerung werden, soweit vorhanden, die in IPCC(2006)-10.62 angegebenen Default-Emissionsfaktoren verwendet (Außenlager ohne Abdeckung = Außenlager ohne natürliche Schwimmdecke, Außenlager mit natürlicher Schwimmdecke, Lagerung unterhalb Spaltenboden). Für die in IPCC (2006) nicht genannte Güllelagerung mit fester Abdeckung oder mit künstlicher Schwimmdecke (Häcksel) wird konservativ der Emissionsfaktor der Außenlagerung mit natürlicher Schwimmdecke übernommen. Für die in IPCC (2006) ebenfalls nicht genannte Güllelagerung unter Folienabdeckung wird angenommen, dass der Emissionsfaktor der Außenlagerung ohne natürliche Schwimmdecke übernommen werden kann.

Bei Festmistsystemen wird nach Anbindehaltung/Laufstall (mit Lagerung im Misthaufen) und Tiefstreu differenziert. Für die Lagerung von Festmist aus Anbindehaltung/Laufstall wird der von VANDRÉ et al. (2013) abgeleitete Emissionsfaktor eingesetzt: 0,013 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>. Für Tiefstreu wird der IPCC (2006)-Defaultwert verwendet: 0,010 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup> (IPCC(2006)-10.63).

Für Geflügelkot basieren die Inventarberechnungen auf dem IPCC (2006)-Default-Emissionsfaktor: 0,001 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup> (IPCC(2006)-10.63).

Die Vergärung von Wirtschaftsdünger einschließlich Gärrestlagerung wird von IPCC (2006)-10.63 als eigenständiger Lagertyp angesehen. Der IPCC-Defaultwert für den N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor wird im deutschen Inventar allerdings nicht verwendet, da die entsprechenden N<sub>2</sub>O-Emissionen differenziert für verschiedene Wirtschaftsdünger- und Gärrestlagerarten berechnet werden, siehe Kapitel 5.1.3.6.5.

Tabelle 279 fasst die für den NIR 2015 verwendeten N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren zusammen.

Tabelle 279: Emissionsfaktoren für Emissionen von N<sub>2</sub>O-N aus dem Wirtschaftsdünger-Management, ohne Vergärung (bezogen auf die Summe von ausgeschiedenem N und Einstreu-N) (3.B(b))

Wirtschaftsdünger	Emissionsfaktor [kg kg <sup>-1</sup> ]	
<b>Gülle</b>	Außenlager ohne Abdeckung <sup>a</sup>	0,000
	feste Abdeckung <sup>b</sup>	0,005
	natürliche Schwimmdecke <sup>a</sup>	0,005
	Schwimmdecke (Häcksel) <sup>b</sup>	0,005
	Schwimmdecke (Folie) <sup>c</sup>	0,000
	unterhalb Spaltenboden <sup>a</sup>	0,002
<b>Jauche<sup>d</sup></b>	feste Abdeckung	0,005
<b>Festmist<sup>e</sup></b>		0,013
<b>Tiefstreu<sup>a</sup></b>		0,010
<b>Geflügelfestmist bzw. –kot<sup>a</sup></b>		0,001

<sup>a</sup> Quelle: IPCC (2006)

<sup>b</sup> Worst-Case-Annahme: Wie natürliche Schwimmdecke, da keine Angaben verfügbar.

<sup>c</sup> Annahme: Bei Folienschwimmdecken tritt keine N<sub>2</sub>O-Bildung auf.

<sup>d</sup> Annahme: Vergleichbar mit Lagerung von Gülle unter fester Abdeckung

<sup>e</sup> Quelle: VANDRÉ et al. (2013)

IPCC gibt keine Emissionsfaktoren für NO an. Die in EMEP (2009)-4B-16 (siehe auch EMEP (2013)-3B-15) angegebenen Tier-1-Emissionsfaktoren beziehen sich auf den Tierplatz und können daher nicht im Inventarmodell GAS-EM verwendet werden, das im Rahmen des N-

Fluss-Konzeptes (siehe Kapitel 5.1.2.4) Emissionsfaktoren benötigt, die sich auf die N-Menge beziehen. Vergleichsrechnungen zeigen aber, dass die mit der Tier-1-Methode nach EMEP (2009) berechneten deutschen NO-Gesamtemissionen aus dem Sektor 3.B mit GAS-EM reproduziert werden können, wenn der auf N bezogene NO-N-Emissionsfaktor um eine Größenordnung kleiner als der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor ist. Daher wurde im Inventar der NO-N-Emissionsfaktor mit 10 % des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors angesetzt. Dieser Ansatz führt zu NO-Emissionen, die den N<sub>2</sub>O-Emissionen direkt proportional sind.

Emissionsfaktoren zu N<sub>2</sub> (im N-Fluss-Konzept ebenfalls zu berücksichtigen, siehe Kapitel 5.1.2.4) werden weder von IPCC noch von EMEP angegeben. JARVIS & PAIN (1994) fanden für das Verhältnis von N<sub>2</sub>-Emissionen zu N<sub>2</sub>O-N-Emissionen einen Wert von 3:1. Daher wurde im Inventar angenommen, dass der N<sub>2</sub>-Emissionsfaktor das Dreifache des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors beträgt.

Tabelle 280 zeigt die Zeitreihen der mittleren N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren für die vier Wirtschaftsdünger-Managementsysteme „güllebasiert (ohne Vergärung)“, „strohbasierend (ohne Tiefstreu und ohne Vergärung)“, „Tiefstreu (ohne Vergärung)“ und „Vergärung (von Wirtschaftsdünger)“. Diese Emissionsfaktoren sind definiert als das Verhältnis der gesamten N<sub>2</sub>O-N-Emissionen aus einem Managementsystem zur Summe der tierischen N-Ausscheidungen in diesem Managementsystem. Dabei umfassen die Gesamt-N<sub>2</sub>O-Emissionen bei Systemen mit Einstreu auch Emissionsanteile, die auf Einstreu-N zurückgehen. Aus diesem Grund ist in Tabelle 280 der resultierende Emissionsfaktor für Tiefstreu höher als der in Tabelle 279 angegebene. Gleiches gilt prinzipiell auch für strohbasierende Systeme ohne Tiefstreu und Vergärung, wobei der Effekt nicht auffällt, weil in die entsprechenden Werte in Tabelle 280 auch der erheblich niedrigere Geflügel-Emissionsfaktor (siehe Tabelle 279) eingeht. Auffällig ist der negative Trend bei den N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren für strohbasierende Systeme in der ersten Hälfte der 1990er Jahre und für Systeme mit Vergärung über nahezu die gesamte Zeitreihe. Bei den strohbasierenden Systemen ist dies eine Folge der abnehmenden N<sub>2</sub>O-Beiträge aus Festmistssystemen in der Rinder- und Schweinehaltung, was auf die veränderten Tierzahlen in den jeweiligen Haltungsverfahren zurückzuführen ist. Bei der Vergärung ist der Grund in erster Linie in der zunehmenden Verbreitung gasdichter Gärrestlagerung bei Rindern und Schweinen zu finden (siehe Kapitel 5.1.3.6.5).

Tabelle 280: Mittlere N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren nach Wirtschaftsdünger-Managementsystemen (3.B(b))

[kg kg <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
güllebasiert <sup>a</sup>	0,00320	0,00378	0,00378	0,00386	0,00385	0,00383	0,00379	0,00378	0,00377	0,00367	0,00356	0,00350	0,00350
strohbasierend <sup>b</sup>	0,01055	0,00937	0,00877	0,00835	0,00841	0,00842	0,00853	0,00854	0,00860	0,00854	0,00856	0,00854	0,00853
Tiefstreu <sup>a</sup>	0,01173	0,01141	0,01145	0,01147	0,01149	0,01148	0,01151	0,01157	0,01135	0,01129	0,01127	0,01124	0,01122
Vergärung	0,00549	0,00511	0,00487	0,00457	0,00432	0,00407	0,00382	0,00357	0,00332	0,00306	0,00248	0,00242	0,00242

<sup>a</sup> ohne Vergärung

<sup>b</sup> ohne Tiefstreu und ohne Vergärung

### 5.3.4.2.3 Emissionen (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub> & NO)

Tabelle 281 zeigt die direkten N<sub>2</sub>O-Gesamtemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (einschließlich Lagerung der Wirtschaftsdünger-Gärreste) und ihre Aufschlüsselung nach Systemkategorien. Die jährlichen Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management gehen zwischen 1990 und 2014 um 26,1 % von jährlich rund 13,0 kt N<sub>2</sub>O auf rund 9,5 kt N<sub>2</sub>O zurück. Die starke Abnahme der Emissionen in der ersten Hälfte der 1990er Jahre ist im Wesentlichen eine Folge des Rückgangs der Tierbestände nach der deutschen

Wiedervereinigung. Zusätzliche Einflussfaktoren sind die zeitliche Veränderung der Verteilung der Managementsysteme (siehe Kapitel 5.1.3.6.1 und 19.3.1) sowie die mit den Jahren zunehmende Emissionsminderung durch Vergärung von Wirtschaftsdünger (siehe Kapitel 5.1.3.6.5).

Tabelle 281: Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (WM) insgesamt und nach Systemkategorien (3.B(b))

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>WM gesamt</b>	<b>12,894</b>	<b>10,552</b>	<b>10,064</b>	<b>9,887</b>	<b>9,768</b>	<b>9,862</b>	<b>9,908</b>	<b>9,951</b>	<b>9,782</b>	<b>9,597</b>	<b>9,470</b>	<b>9,463</b>	<b>9,531</b>
güllebasiert <sup>a</sup>	4,521	5,034	4,897	4,645	4,434	4,325	4,209	4,120	3,885	3,663	3,557	3,428	3,417
strohbasier <sup>b</sup>	7,422	4,562	4,098	3,735	3,737	3,804	3,855	3,868	3,879	3,887	3,968	4,015	4,042
Tiefstreu <sup>a</sup>	0,951	0,952	1,032	1,275	1,271	1,290	1,341	1,367	1,328	1,271	1,263	1,270	1,266
Vergärung	0,000	0,004	0,037	0,232	0,327	0,444	0,502	0,597	0,691	0,777	0,682	0,749	0,805

<sup>a</sup> ohne Vergärung

<sup>b</sup> ohne Tiefstreu und ohne Vergärung

Aus Tabelle 282 gehen die entsprechenden Beiträge der drei wichtigsten Tierkategorien (Milchkühe, übrige Rinder und Schweine) hervor. Die Rinder tragen den Hauptanteil bei: 78,6 % im Jahr 1990 und 70,9 % im Jahr 2014. Zusammen mit den Schweinen sind es 92,9 % (1990) bzw. 90,8 % (2014).

Tabelle 282: Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management von Milchkühen, übrigen Rindern und Schweinen (3.B(b))

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Milchkühe	5,25	3,92	3,65	3,57	3,45	3,46	3,47	3,46	3,42	3,38	3,29	3,29	3,35
übrige Rinder	4,89	4,15	3,99	3,61	3,57	3,55	3,63	3,65	3,62	3,46	3,39	3,41	3,40
Schweine	1,84	1,46	1,53	1,78	1,80	1,87	1,87	1,93	1,88	1,89	1,92	1,88	1,90

Die durch Wirtschaftsdünger-Vergärung erzielte absolute und prozentuale Einsparung von N<sub>2</sub>O-Emissionen gegenüber einer Situation ohne Vergärung und Gärrestlagerung geht aus Tabelle 283 hervor. Negative Werte bedeuten eine Zunahme der Emissionen. Diese Zunahme ist im Wesentlichen darauf zurück zu führen, dass die Lagerung der Gärreste, wenn sie nicht gasdicht erfolgt, zu höheren N<sub>2</sub>O-Emissionen als die herkömmliche Lagerung von Wirtschaftsdünger führt. Darüber hinaus erzeugt bei Geflügelkot die Gärrestlagerung generell höhere N<sub>2</sub>O-Emissionen als die Lagerung unvergorenen Geflügelkots. Erst der mit den Jahren ansteigende Anteil der gasdichten Lagerung (siehe Kapitel 5.1.3.6.5) führt ab 2006/2007 zur Einsparung von N<sub>2</sub>O-Emissionen.

Tabelle 283: Durch Wirtschaftsdünger-Vergärung verursachte absolute und prozentuale Einsparung von direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen gegenüber einer Situation ohne Vergärung und Gärrestlagerung (negative Werte: Zunahme der Emissionen)

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
[kt a <sup>-1</sup> ]	-0,0001	-0,0006	-0,003	-0,02	0,00	0,03	0,08	0,14	0,22	0,33	0,51	0,59	0,63
[%]	-0,001	-0,005	-0,03	-0,2	0,0	0,3	0,8	1,4	2,2	3,3	5,1	5,8	6,2

Tabelle 284 zeigt die NO-Gesamtemissionen der Quellgruppe 3.B. Wegen der Proportionalität der Emissionsfaktoren von NO und N<sub>2</sub>O sind die zeitlichen Trends für NO identisch mit denen für N<sub>2</sub>O.

Tabelle 284: NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	1,758	1,439	1,372	1,348	1,332	1,345	1,351	1,357	1,334	1,309	1,291	1,290	1,300

### 5.3.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub> & NO)

Hinsichtlich der Unsicherheiten im Bereich der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird auf Tabelle 256 in Kapitel 5.1.6 (Gesamt-Unsicherheit des deutschen THG-Inventars) verwiesen.

Zu den Unsicherheiten im Bereich der N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe auch HAENEL et al. (2016).

Alle Emissionszeitreihen sind konsistent, da sie für alle Jahre des Berichtszeitraumes jeweils mit dergleichen Methode berechnet wurden und die Eingangsdaten ebenfalls konsistent sind.

### 5.3.4.4 Quellspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub> & NO)

Zu Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung wird auf Kapitel 5.1.7 verwiesen.

Im Rahmen der Verifizierung wurde analog zur Vorgehensweise in Kapitel 5.2.4 für 2012 ein Vergleich der N-Ausscheidungen aus Deutschland (aktuelle Submission 2016) und benachbarter Staaten inklusive des Vereinigten Königreiches (Submission 2014 für das Jahr 2012, UNFCCC 2014) durchgeführt, siehe Tabelle 285. Dabei liegt Deutschland bei den Milchkühen ungefähr im Mittelfeld, während die N-Ausscheidungen der übrigen Rinder eher im unteren Bereich angesiedelt sind. Dies ist zumindest teilweise auf die (nicht bekannte) unterschiedliche Herdenzusammensetzung in den verschiedenen Ländern zurück zu führen.

Die nach Vorgaben von IPCC (2006) berechnete N-Ausscheidung für Milchkühe scheint wie der gleich hohe Werte nach EMEP (2013) für Mitteleuropa im Allgemeinen zu niedrig zu sein, während der nach IPCC (2006) berechnete Wert für die übrigen Rinder im Mittelfeld der berichteten Daten liegt. Für die übrigen Rinder liegt der deutsche Wert nahezu auf dem Niveau des EMEP (2013)-Wertes.

Die von Deutschland berichteten N-Ausscheidungen der Schweine liegen mit Polen und dem Vereinigten Königreich im oberen Bereich der Daten der Nachbarländer. Da die Zusammensetzung der Schweinepopulationen in den anderen Ländern nicht berichtet wird, sind die Werte nur schwer vergleichbar. Der nach IPCC (2006) auf Mastschweine anzuwendende Wert für „andere Schweine“ ist mit 9,3 kg pro Platz und Jahr deutlich zu niedrig im Vergleich zu praxisüblichen deutschen Werten, die nach DLG (2005) im Bereich von 9,8 bis 13,6 kg pro Platz und Jahr liegen.

Beim Geflügel weist Deutschland die höchsten N-Ausscheidungen unter den verglichenen Ländern auf. Wie bei den Schweinen erschwert die Unkenntnis über die Zusammensetzung der Gesamtpopulation in den verschiedenen Ländern den direkten Vergleich.

Tabelle 285: N-Ausscheidung pro Tierplatz für Milchkühe, übrige Rinder, Schweine und Geflügel verschiedener Länder für das Jahr 2012

	Milchkühe [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Übrige Rinder [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Schweine [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Geflügel [kg Platz <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]
Österreich	100,26	46,25	9,48	0,55
Belgien	118,12	54,68	9,90	0,60
Tschechische Republik	135,78	69,10	20,00	0,60
Dänemark	138,03	43,39	8,01	0,54
Frankreich	115,16	57,63	6,95	0,48
<b>Deutschland</b>	<b>117,63</b>	<b>42,68</b>	<b>12,90</b>	<b>0,73</b>
Niederlande	122,30	44,78 <sup>a</sup>	8,58	0,60
Polen	86,70	57,86	13,56	0,35
Schweiz	108,17	37,96 <sup>a</sup>	9,15	0,53
Vereinigtes Königreich	122,56	53,74	10,41	0,58
IPCC (2006)-10.59, 10.72, 10.78,10.80, 10.81, 10.82	105,1 <sup>b</sup>	50,6 <sup>b</sup>	9,3 / 30,4 <sup>b, d</sup>	0,52 <sup>b, c</sup>
EMEP (2013)- 3B-27	105	41	12,1 / 34,5 <sup>d</sup>	0,36 bis 1,64

Quelle: Deutschland: Submission 2016; andere Länder: UNFCCC, 2014

<sup>a</sup> berechnet aus berichteten Originaldaten

<sup>b</sup> berechnet nach IPCC (2006) mit den Standardwerten von IPCC für Gewicht und N-Ausscheidung und im Falle von Geflügel mit den deutschen Tierzahlen der Geflügelunterkategorien (Submission 2016)

<sup>c</sup> Annahmen für fehlende Werte: Gewicht Gänse = 1/2 Standardgewicht Puten (IPCC 2006), N-Ausscheidung Gänse = Standard-N-Ausscheidung Puten (IPCC 2006), Gewicht Junghennen = 1/2 Standardgewicht Legehennen (IPCC 2006), N-Ausscheidung Junghennen = Standard-N-Ausscheidung Legehennen (IPCC 2006)

<sup>d</sup> IPCC (2006): Sauen und Eber: 30,4, andere: 9,3; EMEP (2013): Sauen: 34,5, Mastschweine: 12,1

Ein Vergleich der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren und- Emissionen mit den Daten der Nachbarländern ist nicht möglich, da die verfügbaren aktuellsten Angaben der übrigen Länder noch auf IPCC (1996b) beruhen, während die deutschen Ergebnisse auf Grundlage von IPCC (2006) berechnet wurden.

### 5.3.4.5 Quellenspezifische Rückrechnungen (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub> & NO)

Tabelle 286 zeigt die N<sub>2</sub>O-Emissionen des Sektors 3.B im Vergleich mit Ergebnissen des NIR 2015.

Tabelle 286: Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berechneten Gesamt-N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
NIR 2016	12,894	10,552	10,064	9,887	9,768	9,862	9,908	9,951	9,782	9,597	9,470	9,463	9,531
NIR 2015	12,993	10,636	10,133	9,959	9,843	9,940	9,990	10,040	9,873	9,692	9,553	9,625	

Insgesamt ergeben sich die Abweichungen zwischen NIR 2015 und NIR 2016 aus Änderungen bei Tierplatzzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2), Leistungsdaten und Methoden (siehe Kapitel 5.1.3.3) sowie Aktivitätsdaten zur Wirtschaftsdünger-Vergärung (siehe Kapitel 5.1.3.6.5). Die N<sub>2</sub>O-Emissionen liegen für die gesamte Zeitreihe etwas niedriger als im NIR 2015, während der Vergleich der N-Ausscheidungen Änderungen mit wechselndem Vorzeichen zeigt, siehe Tabelle 287. Letzteres liegt daran, dass mit den Jahren variierende Beiträge der einzelnen Tierkategorien zu den N-Ausscheidungen mit unterschiedlich großen Emissionsfaktoren verknüpft sind.

Tabelle 287: Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berechneten Gesamt-N-Ausscheidungen (siehe Kapitel 5.1.3.4)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
NIR 2016	1611,4	1382,9	1346,1	1297,6	1274,4	1286,0	1290,8	1301,2	1286,1	1291,3	1309,4	1324,6	1341,5

NIR 2015	1610,9	1383,7	1344,9	1298,4	1276,3	1287,9	1292,7	1303,2	1287,8	1293,2	1311,5	1326,8
----------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Die NO-Emissionen haben sich wegen der direkten Proportionalität zu den N<sub>2</sub>O-Emissionen (siehe Kapitel 5.3.4.2.2) gegenüber dem NIR 2015 in gleicher Weise wie die N<sub>2</sub>O-Emissionen verändert. Die Veränderungen der NO-Gesamtemissionen gehen aus Tabelle 288 hervor.

Tabelle 288: Vergleich der im NIR 2016 und NIR 2015 berechneten Gesamt-NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
NIR 2016	1,758	1,439	1,372	1,348	1,332	1,345	1,351	1,357	1,334	1,309	1,291	1,290	1,300
NIR 2015	1,772	1,450	1,382	1,358	1,342	1,355	1,362	1,369	1,346	1,322	1,303	1,313	

### 5.3.4.6 Geplante Verbesserungen (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub> & NO)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 5.3.5 Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge des Wirtschaftsdünger-Managements (3.B)

### 5.3.5.1 Beschreibung der Quellgruppe (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub>)

Siehe Kapitel 5.3.1.

### 5.3.5.2 Methodische Aspekte (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub>)

#### 5.3.5.2.1 Methodik (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub>)

Die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus Wirtschaftsdünger-Management (inkl. Wirtschaftsdünger-Gärreste; ohne Ausbringung) werden nach IPCC (2006)-11.21 proportional zur deponierten N-Menge berechnet:

Gleichung 16: indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge des Wirtschaftsdünger- Managements

$$E_{\text{N}_2\text{O}_{\text{indirect,MM}}} = \frac{44}{28} \cdot (E_{\text{NH}_3\text{-N, MM}} + E_{\text{NO-N, MM}}) \cdot EF_4$$

mit:

$E_{\text{N}_2\text{O, indirect-MM}}$	indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus der Deposition von NH <sub>3</sub> -N und NO-N aus dem Wirtschaftsdünger -Management (kg a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, MM}}$	gesamte NH <sub>3</sub> -N-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger -Management (kg a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{NO-N, MM}}$	gesamte NO-N-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (kg a <sup>-1</sup> )
$EF_4$	N <sub>2</sub> O-N-Emissionsfaktor, siehe Kapitel 5.3.5.2.2

Zur Berechnung der NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngerlager siehe HAENEL et al. (2016).

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aufgrund von Auswaschung aus dem Wirtschaftsdünger - Management werden für Deutschland nicht berichtet, siehe Kapitel 5.3.1.

**5.3.5.2.2 Emissionsfaktor (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub>)**

Der Emissionsfaktor für indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management (ohne Ausbringung) ist  $EF = 0,01 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC (2006)-11.24, Table 11.3).

**5.3.5.2.3 Emissionen (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub>)**

Tabelle 289 zeigt die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aufgrund der Deposition von reaktivem Stickstoff durch NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management für den vorliegenden NIR 2016 sowie im Vorgriff auch Kapitel 5.3.5.5 auch für den letztjährigen NIR (NIR 2015). Der Trend der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen folgt im Wesentlichen dem zeitlichen Verlauf der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen, siehe Kapitel 5.3.4.2.3. Für die zugrunde liegende Menge an reaktivem Stickstoff siehe Kapitel 5.1.5.1.3.

Tabelle 289: Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management (NIR 2016 und NIR 2015)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
NIR 2016	4,171	3,509	3,493	3,498	3,449	3,489	3,487	3,500	3,414	3,418	3,468	3,479	3,500
NIR 2015	4,169	3,512	3,489	3,501	3,454	3,494	3,492	3,506	3,418	3,423	3,472	3,502	

**5.3.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub>)**

Hinsichtlich der Unsicherheiten der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird auf Tabelle 256 in Kapitel 5.1.6 (Gesamt-Unsicherheit des deutschen THG-Inventars) verwiesen.

Alle Emissionszeitreihen sind konsistent, da für alle Jahre des Berichtszeitraumes jeweils mit der gleichen Methode gerechnet wurde und die Eingangsdaten ebenfalls konsistent sind (siehe Kapitel 5.1.7).

**5.3.5.4 Quellspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub>)**

Zu Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung wird auf Kapitel 5.1.7 verwiesen.

**5.3.5.5 Quellspezifische Rückrechnungen (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub>)**

Von NIR 2015 zu NIR 2016 erfolgten Änderungen bei Tierplatzzahlen (siehe Kapitel 5.1.3.2), Leistungsdaten und Methoden (siehe Kapitel 5.1.3.3) sowie Aktivitätsdaten zur Wirtschaftsdünger-Vergärung (siehe Kapitel 5.1.3.6.5). Daher wurde die Zeitreihe der depositionsbedingten indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management für alle Jahre ab 1990 neu berechnet. Tabelle 289 in Kapitel 5.3.5.2.3 zeigt den Vergleich der Zeitreihen aus NIR 2015 und NIR 2016. Die Unterschiede sind gering.

**5.3.5.6 Geplante Verbesserungen (3.B, N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub>)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 5.4 Reisanbau (3.C)

In Deutschland wird kein Reis angebaut (not occurring, NO).

## 5.5 Landwirtschaftliche Böden (3.D)

### 5.5.1 Beschreibung der Quellgruppe (3.D)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	3.D. Agricultural Soils	0	N <sub>2</sub> O	27.983,3	2,30%	26.531,2	3,00%	-5,2%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
N <sub>2</sub> O	Tier 2, Tier 1	M/AS/RS/NS	D, CS
NO <sub>x</sub>	Tier 1	RS/NS	D
NMVOC	Tier 1	RS/NS	D

Die Quellgruppe *Landwirtschaftliche Böden* ist hinsichtlich der N<sub>2</sub>O-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend.

Mikrobielle Umsetzungen (Nitrifikation und Denitrifikation) von N-Verbindungen führen zu N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden. Es wird zwischen direkten und indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen unterschieden. Die direkten Emissionen des Sektors 3.D umfassen die N<sub>2</sub>O-Emissionen infolge von:

- Mineraldüngerausbringung
- Wirtschaftsdüngerausbringung (inkl. Ausbringung von Wirtschaftsdünger-Gärresten)
- Ausbringung von Gärresten aus Energiepflanzenvergärung
- Klärschlammasbringung
- Weidegang
- Ernterückständen
- Bewirtschaftung organischer Böden

In Mineralböden unter verbleibender Nutzung als Ackerland und als Grünland im engeren Sinne treten in Deutschland keine Änderungen der Kohlenstoffvorräte auf (Ackerland: Kapitel 6.5.2.2, CRF 4.B.1; Grünland im engeren Sinne: Kapitel 6.6.2.3, CRF 4.C.1). Dementsprechend findet auch keine Mineralisierung/Immobilisierung von Stickstoff in Verbindung mit Zuwachs/Verlust von organischer Substanz in Mineralböden unter verbleibender landwirtschaftlicher Nutzung statt. N<sub>2</sub>O wird daher mit Null „NO“ berichtet.

Die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen des Sektors 3.D ergeben sich als Folge der Deposition reaktiven Stickstoffs sowie von Auswaschung und Oberflächenfluss.

Die gesamten N<sub>2</sub>O-Emissionen des Sektors 3.D lagen 2014 um 5,2 % unter denen von 1990. Ihr Anteil an den gesamten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft war 2014 mit 86,4 % etwas höher als 1990 mit 84,6 %. Die Treibhausgasemissionen des Sektors 3.D hatten (in CO<sub>2</sub>eq) 1990 einen Anteil von 36,0 % an den Treibhausgasemissionen der gesamten Landwirtschaft, der bis 2014 auf 40,2 % anstieg. Dabei waren die Treibhausgasemissionen, die allein durch die Ausbringung der Energiepflanzengärreste verursacht wurden, 1990 noch vernachlässigbar, während sie 2013 bei 2,8 % der Treibhausgasemissionen der gesamten Landwirtschaft lagen.

Das deutsche Inventar berücksichtigt NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen. Sie stiegen von 7,7 kt im Jahr 1990 wegen zunehmender Erträge um 47,4 % auf 11,3 kt im Jahr 2014.

## 5.5.2 Methodische Aspekte und Emissionen(3.D)

### 5.5.2.1 Methodik und Emissionsfaktoren (3.D)

#### 5.5.2.1.1 Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen (3.D.a)

Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von N-haltigen Substraten sowie aus Ernterückständen werden mit einem Tier-1-Verfahren nach IPCC (2006)-11.7 proportional zu den ausgebrachten N-Mengen (siehe Kapitel 5.1.5.1) berechnet. Der Emissionsfaktor wird nach IPCC(2006)-11.11, Tabelle 11.1, mit 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N je kg ausgebrachten Stickstoff angesetzt.

Die Berechnung der Emissionen aus N-Ausscheidungen beim Weidegang erfolgt nach IPCC (2006)-11.7 proportional zur N-Menge, die auf der Weide ausgeschieden wurde (siehe Kapitel 5.1.5.1). Der Emissionsfaktor ist für Rinder EF = 0,02 kg N<sub>2</sub>O-N je kg ausgeschiedenen Stickstoff. Für Schafe, Ziegen und Pferde beträgt der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor 0,01 kg kg<sup>-1</sup>. (Für Schweine und Geflügel sieht das Inventar keine N-Ausscheidungen im Freien vor.)

Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Bewirtschaftung organischer Böden werden proportional zur Fläche berechnet, getrennt nach Acker und Grünland (siehe Kapitel 5.1.5.1.2). Die zugehörigen Emissionsfaktoren wurden aus den deutschen Daten abgeleitet, die LEPELLET et al. (2014) für ihre europaweite Studie verwenden. Für Acker beträgt der Emissionsfaktor danach 10,7 kg N<sub>2</sub>O-N je ha, für drainiertes Grünland 2,7 kg N<sub>2</sub>O-N je ha. Die von Jahr zu Jahr variierenden Acker- und Grünlandflächen führen zu einem zeitlich veränderlichen mittleren Emissionsfaktor, siehe Tabelle 290.

Tabelle 290: Mittlere N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren für bewirtschaftete organische Böden

[kg kg <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
N <sub>2</sub> O-N	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0	5,1	5,1	5,1

#### 5.5.2.1.2 Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition reaktiven Stickstoffs aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden(3.D)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition reaktiven Stickstoffs werden nach IPCC (2006)-11.21 proportional zur deponierten N-Menge berechnet. Die Methodik entspricht sinngemäß der in Kapitel 5.3.5.2.1 beschriebenen Vorgehensweise. Die für die Berechnungen im Sektor 3.D relevante deponierte N-Gesamtmenge umfasst die N-Mengen folgender NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen (siehe Kapitel 5.1.5.1.3):

- NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung,
- NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus der Ausbringung von Wirtschaftsdünger (inkl. Wirtschaftsdünger-Gärreste),
- NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus der Ausbringung von Gärresten der Energiepflanzen-Vergärung,
- NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus dem Weidegang.

Diese Emissionen ergeben sich durch Multiplikation der ausgebrachten N-Menge bzw. der N-Ausscheidung auf der Weide mit dem entsprechenden Emissionsfaktor. Für die verschiedenen

Dünger-Kategorien werden die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren nach EMEP (2013)-3D verwendet. Zu den NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren der Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Ausbringung wird auf HAENEL et al. (2016) verwiesen. Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren bei Weidegang sind nach Tierart differenziert, siehe EMEP (2013)-3B-27. Zum NO-Emissionsfaktor siehe Kapitel 5.5.2.1.4.

Eine ausführliche Beschreibung der Berechnung der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden findet sich in HAENEL et al. (2016).

#### 5.5.2.1.3 Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge von Auswaschung und Oberflächenabfluss (3.D)

Die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge von Auswaschung und Oberflächenabfluss werden nach dem Tier-1-Verfahren nach IPCC (2006)-11.21, als Produkt aus N<sub>2</sub>O-N-Umrechnungsfaktor 44/28, ausgewaschener N-Menge (siehe Kapitel 5.1.5.1.4) und Emissionsfaktor (0,0075 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>, IPCC (2006)-11.24, Tabelle 11.3) berechnet.

Eine ausführliche Beschreibung der Berechnung der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden findet sich in HAENEL et al. (2016).

#### 5.5.2.1.4 NO-Emissionen

Die Berechnung der NO-Emissionen erfolgt analog zur Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen (siehe Kapitel 5.5.2.1.2). Die NO-Emissionsfaktoren sind der nachstehenden Tabelle zu entnehmen. Weder EMEP (2013) noch EMEP (2009) stellen ein Verfahren zur Berechnung von NO-Emissionen infolge von Weidegang bereit. Daher wird auf den in EMEP(2007)-B1020-12, Kapitel 4.3, angegebenen Emissionsfaktor zurückgegriffen.

Tabelle 291: Emissionsfaktoren  $EF_{NO}$  für NO-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden

	$EF_{NO}$ kg kg <sup>-1</sup> NO-N]	Anmerkung
Ausbringung von Mineraldünger, Wirtschaftsdünger und Gärresten	0,012	EMEP (2013)-3D-11, nach STEHFEST & BOUWMAN (2006)
Weidegang	0,007	EMEP (2007), B1020-12

#### 5.5.2.1.5 NMVOC-Emissionen

IPCC gibt keine Methode zur Berechnung der NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen an. Deutschland berechnet die NMVOC-Emissionen nach EMEP (2013)-3D-32 ff, getrennt nach Kulturen:

Gleichung 17: EMEP-Verfahren zur Berechnung der jährlichen NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen

$$E_{NMVOC, cult, i} = \beta \cdot A_i \cdot m_{FM, i} \cdot x_{DM, i} \cdot t_i \cdot EF_{NMVOC, cult, i}$$

mit

$E_{NMVOC, cult, i}$	NMVOC-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Kultur i (in kg a <sup>-1</sup> )
$\beta$	Zeiteinheiten-Umrechnungsfaktor (8760 h a <sup>-1</sup> )
$A_i$	Anbaufläche der Kultur i (in ha)
$m_{FM, i}$	mittlerer Frischmasseertrag von Kultur i (in kg ha <sup>-1</sup> )
$x_{DM, i}$	Trockenmassegehalt von Kultur i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$t_i$	Anteil des Jahres, während dessen Kultur i NMVOCs emittiert (in a <sup>-1</sup> )
$EF_{NMVOC, cult, i}$	NMVOC-Emissionsfaktor für Kultur i (in kg kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )

Zu Anbauflächen, Frischmasseerträgen, Trockenmassegehalten und relativen Emissionsdauern siehe Kapitel 5.1.5.3. Die Emissionsfaktoren wurden für Weizen, Roggen, Raps und

Gras aus EMEP (2013)-3D-34, Tabelle A3-2, entnommen, siehe Tabelle 292. Für die Kulturkategorien „Klee gras, Luzerne, Futtergras“ sowie „Wiesen und Mähweiden“ wurde der EMEP-Emissionsfaktor von Gras übernommen. Für die übrigen Kulturen wurde der EMEP-Emissionsfaktor von Weizen übernommen.

Tabelle 292: NMVOC-Emissionsfaktoren für landwirtschaftliche Kulturen

Kultur	Emissionsfaktor [kg kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ]
Weizen	2,60·10 <sup>-8</sup>
Roggen	1,41·10 <sup>-7</sup>
Raps	2,02·10 <sup>-7</sup>
Gras (15 °C)	1,03·10 <sup>-8</sup>

### 5.5.2.2 Die *Frac*-Größen (3.D)

Deutschland berichtet über *Frac*<sub>GASF</sub>, *Frac*<sub>GASM</sub> und *Frac*<sub>leach</sub>.

*Frac*<sub>LEACH</sub> ist im deutschen Inventar eine Eingabegröße. Sie gibt den relativen Anteil des N-Eintrags in Böden an, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren geht. Das deutsche Inventar verwendet den IPCC-Defaultwert *Frac*<sub>LEACH</sub> = 0,30 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC (2006)-11.24, Tabelle 11.3), siehe Kapitel 5.1.5.1.4.

Die Größen *Frac*<sub>GASF</sub> und *Frac*<sub>GASM</sub> werden dagegen im Inventar nicht verwendet, sondern für die Berichterstattung aus Ein- und Ausgabedaten der abgeschlossenen Emissionsberechnung ermittelt.

*Frac*<sub>GASF</sub> ist nach IPCC (2006)-11.21, Gleichung 11.9, der Anteil der mit Mineraldüngern ausgebrachten N-Menge, der als NH<sub>3</sub>-N und NO-N emittiert wird, siehe Tabelle 293. Der Wert von *Frac*<sub>GASF</sub> hängt vom Mineraldünger mix des jeweiligen Jahres ab.

Tabelle 293: *Frac*<sub>GASF</sub> (3.D)

[kg kg <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<i>Frac</i> <sub>GASF</sub>	0,061	0,064	0,068	0,073	0,077	0,081	0,077	0,094	0,078	0,084	0,080	0,085	0,085

*Frac*<sub>GASM</sub> ist nach IPCC (2006)-11.21, Gleichung 11.9, der Anteil der mit Wirtschaftsdünger (inkl. Wirtschaftsdünger-Gärresten), Energiepflanzen-Gärresten, Klärschlämmen und beim Weidegang ausgebrachten N-Menge, der als NH<sub>3</sub>-N und NO-N emittiert wird, siehe Tabelle 294. (Die *Frac*<sub>GASM</sub>-Definition in CRF-Tabelle 3.D entspricht nicht dieser Definition.)

Tabelle 294: *Frac*<sub>GASM</sub> (3.D)

[kg kg <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<i>Frac</i> <sub>GASM</sub>	0,195	0,183	0,178	0,174	0,174	0,173	0,173	0,172	0,173	0,175	0,171	0,172	0,172

### 5.5.2.3 Emissionen (3.D)

Tabelle 295 zeigt eine Übersicht über die Beiträge der einzelnen Teilquellen zu den N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Die indirekten Emissionen umfassen auch die Beiträge als Folge der Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten.

Tabelle 295: Übersicht über die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden (3.D)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Gesamtemissionen<sup>a</sup></b>	<b>93,9</b>	<b>82,1</b>	<b>87,0</b>	<b>82,2</b>	<b>81,7</b>	<b>79,0</b>	<b>84,8</b>	<b>81,4</b>	<b>80,7</b>	<b>86,0</b>	<b>84,6</b>	<b>86,1</b>	<b>89,0</b>
<b>Summe direkte Emissionen<sup>a</sup></b>	<b>75,9</b>	<b>66,7</b>	<b>70,6</b>	<b>66,8</b>	<b>66,3</b>	<b>64,0</b>	<b>68,7</b>	<b>65,9</b>	<b>65,5</b>	<b>69,4</b>	<b>68,5</b>	<b>69,6</b>	<b>71,9</b>
<b>Summe indir. Emissionen<sup>a</sup></b>	<b>18,0</b>	<b>15,4</b>	<b>16,4</b>	<b>15,5</b>	<b>15,4</b>	<b>14,9</b>	<b>16,0</b>	<b>15,6</b>	<b>15,3</b>	<b>16,5</b>	<b>16,1</b>	<b>16,6</b>	<b>17,1</b>
Mineraldünger	34,0	28,1	31,7	27,9	28,0	25,1	28,4	24,4	24,7	28,1	25,8	25,9	26,3
Wirtschaftsdünger	18,1	15,7	15,3	14,8	14,6	14,7	14,8	15,0	14,9	15,0	15,2	15,4	15,7
Energiepflanzen-Gärreste	0,0	0,0	0,1	0,7	1,0	1,4	1,6	2,1	2,6	3,2	3,6	4,3	4,7
Klärschlamm	0,4	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
Weidegang	6,4	5,1	4,8	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	4,0	3,9	4,0	4,0
Ernterückstände	7,6	7,8	8,8	9,2	8,6	8,7	9,7	10,1	9,0	8,8	9,5	9,5	10,8
Organische Böden	9,3	9,4	9,4	9,4	9,5	9,6	9,8	9,8	9,9	10,0	10,1	10,1	10,1
Indirekt, Deposition, ohne EP <sup>b</sup>	6,3	5,3	5,4	5,1	5,1	5,0	5,1	5,3	4,9	5,3	5,0	5,2	5,3
Indirekt, Deposition, EP <sup>b</sup>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Indirekt, Auswaschung, ohne EP <sup>b</sup>													
EP <sup>b</sup>	11,7	10,1	10,9	10,1	10,0	9,4	10,3	9,6	9,4	10,0	9,8	9,8	10,2
Indirekt, Auswaschung, EP <sup>b</sup>	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

<sup>a</sup> Abweichungen zwischen den Summenzeilen und den Summen der Einzelquellen sind rundungsbedingt.

<sup>b</sup> EP: Energiepflanzen-Gärreste

In Tabelle 295 ist die Abnahme der Gesamtemissionen in der ersten Hälfte der 1990er Jahre zu erkennen. In den anschließenden Jahren ist kein klarer Trend festzustellen, wenn auch einen deutlicher Anstieg von 2013 zu 2014 zu verzeichnen ist. Auf den Einsatz von Mineraldünger gehen 2014 29,6 % der Gesamtemissionen zurück, 22,8 % auf die Ausbringung von Wirtschaftsdünger (inkl. Wirtschaftsdünger-Gärresten) und Energiepflanzen-Gärresten, 12,1 % auf Ernterückstände, 11,3 % auf die Bewirtschaftung organischer Böden, 4,6 % auf Weidegang und 0,4 % auf Klärschlämme. Die verbleibenden 19,2 % sind indirekte Emissionen.

Die jährlichen Schwankungen der Gesamtemissionen wird zu einem großen Teil durch die Schwankungen der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung bestimmt, die wiederum eine Folge der von Jahr zu Jahr variierenden Mineraldünger N-Menge sind (siehe Tabelle 248 in Kapitel 5.1.5.1.1). In den letzten zehn Jahren der Zeitreihe wirkt sich auch die Ausbringung zunehmender Mengen von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen-Gärresten aus. Der markante Anstieg von 2013 zu 2014 wird aber zu fast drei Fünfteln durch den Anstieg der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Ernterückständen und Auswaschung verursacht, was vorrangig eine Folge der außergewöhnlich hohen Ernteerträge 2014 (siehe Kapitel 5.1.5.1.1 und 5.1.5.1.4) ist.

Die Ergebnisse der NO-Emissionsberechnungen sind in Tabelle 296 dargestellt. Entsprechend den Ausführungen in Kapitel 5.5.2.1.2 umfassen sie die NO-Emissionen infolge Ausbringung von Mineral- und Wirtschaftsdünger (incl. Wirtschaftsdünger-Gärreste) sowie Weidedang (zusammengefasst unter „Tierhaltung, Mineraldünger“), während die NO-Emissionen als Folge der Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten gesondert angegeben sind. Der zeitliche Verlauf der Gesamtemissionen folgt weitgehend dem Verlauf der N<sub>2</sub>O-Emissionen. (Für die Berichterstattung in CRF 3s2 werden die NO-Werte durch Multiplikation mit dem Molgewichtsverhältnis 46/30 in NO<sub>2</sub> umgerechnet.)

Tabelle 296: NO-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>insgesamt</b>	<b>88,5</b>	<b>74,3</b>	<b>79,4</b>	<b>73,3</b>	<b>73,4</b>	<b>69,6</b>	<b>75,4</b>	<b>69,8</b>	<b>70,9</b>	<b>77,8</b>	<b>74,9</b>	<b>76,7</b>	<b>78,4</b>
Tierhaltung, Mineraldünger	88,5	74,3	79,3	72,1	71,8	67,3	72,8	66,4	66,7	72,4	69,1	69,7	70,7
Energiepflanzen-Gärreste	0,0	0,0	0,1	1,2	1,6	2,2	2,6	3,4	4,2	5,3	5,8	7,1	7,6

Tabelle 297 zeigt den zeitlichen Verlauf der NMVOC-Emissionen, die von 1990 bis 2014 als Folge der Ernteertragssteigerung seit 1990 (siehe Kapitel 5.1.5.3) um fast die Hälfte (47,4 %) anstiegen.

Tabelle 297: NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	7,69	8,19	8,79	9,17	8,83	9,19	9,83	10,63	9,49	8,99	10,02	10,32	11,34

### 5.5.3 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.D)

Zu Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung wird auf Kapitel 5.1.7 verwiesen.

Analog zur Vorgehensweise in Kapitel 5.2.4 stellt Tabelle 298 zum Zweck der Verifizierung die für Deutschland ermittelten  $Frac_{GASF}$  und  $Frac_{GASM}$  den entsprechenden Daten solcher Staaten gegenüber, die benachbart sind oder deren landwirtschaftliche Praxis mit der deutschen vergleichbar ist. Das Vergleichsjahr ist aus den in Kapitel 5.2.4 angegebenen Gründen das Zeitreihenjahr 2012.

Die Streuung bei  $Frac_{GASF}$  wird auf die zwischen den Nachbarländern variierenden relativen Anteile verschiedener Düngerarten (mit ihren unterschiedlichen  $NH_3$ -Emissionsfaktoren) zurückgeführt. Die Werte sind daher nur schwer vergleichbar. Der deutsche Wert liegt mit  $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$  unter dem IPCC (2006)-Defaultwert von  $0,10 \text{ kg kg}^{-1}$ . Mit Ausnahme der Niederlande berechnen die Länder, die nicht den IPCC-Defaultwert verwenden, deutlich niedrigere  $Frac_{GASF}$ -Werte ( $0,03$  bis  $0,04 \text{ kg kg}^{-1}$ ).

Auch bei  $Frac_{GASM}$  ist eine erhebliche Bandbreite festzustellen. Sie reicht von den berechneten Werten Deutschlands und der Niederlande mit  $0,17 \text{ kg kg}^{-1}$  bis hoch zum Schweizer Wert von  $0,40 \text{ kg kg}^{-1}$ . Sieht man von diesem hohen Schweizer Wert ab, liegt der Mittelwert der übrigen Staaten bei  $0,20 \text{ kg kg}^{-1}$ . Dies entspricht dem IPCC (2006)-Defaultwert, der von Tschechien, Frankreich, Polen und dem Vereinigten Königreich direkt verwendet wird.

Bei  $Frac_{LEACH}$  ist festzustellen, dass die Mehrheit der Nachbarländer den IPCC-Defaultwert verwendet.

Tabelle 298: Vergleich der im deutschen Inventar verwendeten  $Frac$ -Größen mit denen benachbarter Staaten, Jahr 2012

[kg kg <sup>-1</sup> ]	$Frac_{GASF}$	$Frac_{GASM}$	$Frac_{LEACH}$
Österreich	0,04	0,27	0,30
Belgien	0,04	0,21	0,13
Tschechische Republik	0,10	0,20	0,30
Dänemark	0,03	0,19	0,33
Frankreich	0,10	0,20	0,30
<b>Deutschland</b>	<b>0,08</b>	<b>0,17</b>	<b>0,30</b>
Niederlande	0,07	0,17	0,12
Polen	0,10	0,20	0,30
Schweiz	0,04	0,40	0,20
Vereinigtes Königreich	0,10	0,20	0,30
IPCC(2006)-11.24	0,10	0,20	0,30

Quelle: Deutschland: Submission 2016; andere Länder: UNFCCC, 2014

### 5.5.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.D)

Hinsichtlich der Unsicherheiten der  $N_2O$ -Emissionen im Bereich der landwirtschaftlich genutzten Böden wird auf Tabelle 256 in Kapitel 5.1.6 (Gesamt-Unsicherheit des deutschen THG-Inventars) verwiesen.

Für NO gibt EMEP (2013)-3D-18 unter Bezug auf Stehfest und Bouwman (2006) ein 95 %-Konfidenzintervall von -80 % bis +406 % (bezogen auf den Emissionsfaktor) an. Dies entspricht, anders als von EMEP (2013)-3D-18 interpretiert, einem Unsicherheitsfaktor von rund 5.

Die Bestimmung von NMVOC-Emissionen ist mit großen Unsicherheiten verbunden (EMEP (2013)-3D-5, EMEP (2013)-3D-7, EMEP (2013)-3D-34). Die Tier-1-Emissionsfaktoren in EMEP (2013)-3D-11, Tabelle 3-1, weisen einen Unsicherheitsfaktor von 4 auf.

Alle Emissionszeitreihen sind konsistent, da sie für alle Jahre des Berichtszeitraumes jeweils mit der gleichen Methode berechnet wurden und die Eingangsdaten ebenfalls konsistent sind (siehe Kapitel 5.1.7).

### 5.5.5 Quellenspezifische Rückrechnungen (3.D)

Im Vergleich zum NIR 2015 haben sich folgende Veränderungen in den N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden ergeben, siehe Tabelle 299:

Tabelle 299: Gesamt-N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlich genutzten Böden in NIR 2016 und NIR 2015 (3.D)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
NIR 2016	93,9	82,1	87,0	82,2	81,7	79,0	84,8	81,4	80,7	86,0	84,6	86,1	89,0
NIR 2015	94,9	83,0	87,6	82,6	82,0	79,1	84,7	81,2	80,4	85,5	84,1	84,8	

Bis 2004 sind die Werte niedriger als im NIR 2015, während sie für den Rest der Zeitreihe größer sind. Diese Veränderungen liegen im Wesentlichen an den veränderten Emissionen aus der Nutzung organischer Böden und der Vergärung von Energiepflanzen incl. Gärreste-Ausbringung, wie die in Tabelle 300 wiedergegebenen Differenzen zwischen NIR 2016 und NIR 2015 verdeutlichen. Die Energiepflanzen-Emissionen umfassen dabei direkte und indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen. Der Beitrag der übrigen in Tabelle 295 genannten Emissionsquellen zur Differenz 2016 – 2015 ist sehr gering, siehe Tabellenzeile „übrige Quellen“.

Tabelle 300: Differenzen 2016 – 2015 der gesamten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden sowie aus der Nutzung organischer Böden und aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Gärreste-Ausbringung) (3.D)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>insgesamt</b>	<b>-1,04</b>	<b>-0,87</b>	<b>-0,62</b>	<b>-0,35</b>	<b>-0,24</b>	<b>-0,11</b>	<b>0,03</b>	<b>0,17</b>	<b>0,30</b>	<b>0,45</b>	<b>0,48</b>	<b>1,28</b>
organische Böden	-1,05	-0,86	-0,67	-0,38	-0,27	-0,16	-0,04	0,03	0,11	0,18	0,26	0,29
Energiepflanzen	0,00	0,00	0,01	0,04	0,06	0,09	0,11	0,17	0,23	0,29	0,25	1,06
übrige Quellen	0,01	-0,01	0,04	-0,01	-0,02	-0,04	-0,03	-0,04	-0,04	-0,02	-0,03	-0,06

Die Änderungen der Emissionen aus der Nutzung organischer Böden resultieren aus den gegenüber dem NIR 2015 aktualisierten Flächendaten (siehe Kapitel 5.1.5.1.2). Bei den Energiepflanzen-Emissionen ergibt sich der Unterschied aus den gegenüber dem NIR 2015 veränderten Energiepflanzen-Mengen (siehe Kapitel 5.1.4.2).

Tabelle 301 stellt die NO-Gesamtemissionen den entsprechenden Daten aus dem NIR 2015 gegenüber. Da für die Nutzung organischer Böden keine NO-Emissionen berechnet werden, lässt sich die geringe Differenz von 2016 zu 2015 fast ausschließlich durch die Energiepflanzen-Emissionen erklären, die analog zum N<sub>2</sub>O gegenüber dem NIR 2015 angestiegen sind.

Tabelle 301: Gesamt-NO aus landwirtschaftlich genutzten Böden in NIR 2016 und NIR 2015 (3.D)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
NIR 2016	88,5	74,3	79,4	73,3	73,4	69,6	75,4	69,8	70,9	77,8	74,9	76,7	78,4
NIR 2015	88,5	74,3	79,4	73,3	73,4	69,5	75,3	69,6	70,7	77,4	74,6	75,4	

Die NMVOC-Emissionen haben sich gegenüber dem NIR 2015 nicht verändert.

### 5.5.6 Geplante Verbesserungen (3.D)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 5.6 Brandrodung (3.E)

Brandrodung wird in Deutschland nicht praktiziert (NO).

### 5.7 Verbrennen von Ernterückständen auf der Fläche (3.F)

Das Verbrennen von Ernterückständen ist in Deutschland untersagt. Die genehmigten Ausnahmen lassen sich nicht erfassen. Sie werden als irrelevant angesehen (NO).

### 5.8 CO<sub>2</sub> aus Kalkung und Harnstoffanwendung (3.G-I)

#### 5.8.1 Beschreibung der Quellgruppe

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-T	3.G. Liming		CO <sub>2</sub>	1.424,8	0,12%	2.198,0	0,25%	54,3%
-/-	3.H. Urea application		CO <sub>2</sub>	479,6	0,04%	697,8	0,08%	45,5%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 1	NS	D

Die Quellgruppe CO<sub>2</sub> aus Kalkung ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach dem Trend.

Kalkdüngung, d. h. die Zuführung von Carbonaten, verringert den Säuregehalt des Bodens und verbessert das Pflanzenwachstum, wobei CO<sub>2</sub> frei gesetzt wird. Die Kalkdünger umfassen alle Carbonate von Calcium und Magnesium als reine Stoffe oder als Beimengungen. Deutschland berichtet unter CRF 3.G die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen, die aus der Anwendung von kohlen-sauren, Misch-, Carbo- und Rückstandskalken sowie Kalkammonsalpeter entstehen. Unter CRF 3.I („Andere kalkhaltige Dünger“) wird daher „IE“ angegeben. Die berichteten CO<sub>2</sub>-Emissionen umfassen entsprechend der Anforderung in den CRF-Tabellen neben den Emissionen aus der Landwirtschaft auch die aus der Kalkung im Forstbereich.

Bei der Stickstoffdüngung mit Harnstoff entsteht unter Einwirkung von Urease und Wasser CO<sub>2</sub>. Deutschland berichtet diese CO<sub>2</sub>-Emissionen im Sektor 3.H ohne Berücksichtigung von CO<sub>2</sub>, das bei der industriellen Herstellung von Harnstoffdünger gebunden wurde.

Die berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kalkung sind von 1990 bis 2014 von 1424,8 kt a<sup>-1</sup> auf 2198,0 kt a<sup>-1</sup> angestiegen, was eine Zunahme um 54,3 % bedeutet. Im gleichen Zeitraum stiegen die berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Harnstoffanwendung um 45,5 % von 479,6 kt a<sup>-1</sup> auf 697,8 kt a<sup>-1</sup>.

### 5.8.2 Methodik und Emissionen

Die CO<sub>2</sub>-C-Emissionen aus Kalkung werden mit einer Tier-1-Methodik (IPCC (2006)-11.27) als Produkt aus Kalkungsmenge (in CaCO<sub>3</sub>, siehe Kapitel 5.1.5.2) und CO<sub>2</sub>-C-Emissionsfaktor berechnet, der auf CaCO<sub>3</sub> bezogen ist. Der Emissionsfaktor ist stöchiometrisch abzuleiten und wird von IPCC (2006)-11.27 mit 0,12 kg CO<sub>2</sub>-C pro kg CaCO<sub>3</sub> angegeben. In den CRF-Tabellen sind die Emissionen in CO<sub>2</sub>-Einheiten anzugeben, was durch Multiplikation mit dem Molgewichtsverhältnis von 44/12 (IPCC (2006)-11.27) ermöglicht wird.

Tabelle 302 zeigt den zeitlichen Verlauf der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Düngekalkung als Gesamtmenge. Die den CRF-Sektor 3.I betreffenden Aktivitätsdaten sind in Tabelle 253 enthalten.

Tabelle 302: CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Düngekalkung (3.G)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	1424,8	1643,9	2144,2	1680,9	1614,6	1740,2	1798,7	1750,1	1698,0	1842,0	1907,2	1956,5	2198,0

Die Tier-1-Methodik für CO<sub>2</sub>-C-Emissionen aus Harnstoffanwendung (IPCC (2006)-11.32) berechnet die Emissionen proportional zu Harnstoffmenge (siehe Kapitel 5.1.5.2). Als Proportionalitätsfaktor dient der CO<sub>2</sub>-C-Emissionsfaktor, der stöchiometrisch abzuleiten ist und von IPCC (2006)-11.32 mit 0,2 kg CO<sub>2</sub>-C pro kg Harnstoff angegeben wird. Die für die CRF-Tabellen erforderliche Umrechnung in CO<sub>2</sub>-Einheiten erfolgt analog zu CO<sub>2</sub> aus Kalkung, siehe oben. Tabelle 303 zeigt die resultierende Zeitreihe.

Tabelle 303: CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Harnstoffanwendung (3.H)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	479,6	477,2	578,5	598,0	653,8	641,0	647,9	795,0	587,4	749,9	624,8	695,0	697,8

### 5.8.3 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung

Zu Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung wird auf Kapitel 5.1.7 verwiesen.

### 5.8.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz

Hinsichtlich der Unsicherheiten der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Düngekalkung und Harnstoffanwendung wird auf Tabelle 256 in Kapitel 5.1.6 (Gesamt-Unsicherheit des deutschen THG-Inventars) verwiesen. Zu Details siehe HAENEL et al. (2016).

Der Umstand, dass i. d. R. nicht der gesamte ausgebrachte Kohlenstoff in CO<sub>2</sub> umgewandelt wird, kann nicht berücksichtigt werden, da die tatsächlich in CO<sub>2</sub> umgewandelte C-Menge nicht quantifizierbar ist. Die berechneten Emissionen stellen daher im Rahmen der in Tabelle 256 in Kapitel 5.1.6 angeführten Unsicherheiten maximal mögliche Emissionen dar.

### 5.8.5 Quellenspezifische Rückrechnungen

Aufgrund der gegenüber dem NIR 2015 aktualisierten Düngekalkmengen (siehe Kapitel 5.1.5.2) wurde die gesamte Emissionszeitreihe (siehe Kapitel 5.8.2) mit der gegenüber dem NIR 2015 unveränderten Methodik neu berechnet.

### 5.8.6 Geplante Verbesserungen

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 5.9 CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager) (3.J)

### 5.9.1 Beschreibung der Quellgruppe

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/T	3.J. Other		CH <sub>4</sub>	0,3	0,00%	1.350,9	0,15%	498109,2%
-/-	3.J. Other		N <sub>2</sub> O	0,1	0,00%	288,1	0,03%	235415,0%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	Tier 2	Q/RS/NS	CS/D
N <sub>2</sub> O direct	Tier 2	Q/RS/NS	CS/D
N <sub>2</sub> O indirect	Tier 1	Q/RS/NS	D
NO <sub>x</sub>	Tier 2	Q/RS/NS	CS

Die Quellgruppe „CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager“ ist keine Hauptkategorie.

Die Vergärung von Energiepflanzen dient vorrangig der Energiegewinnung. Daher werden die bei der Vergärung selbst (Fermenter) und der Lagerung der Gärreste entstehenden Emissionen (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und NO, siehe Kapitel 5.1.4.1) als separate Quellgruppe berichtet (CRF 3s2/J). Die Emissionen aus der Nutzung der Gärreste als Dünger werden zusammen mit den Emissionen aus der Ausbringung anderer Dünger unter 3.D.2.c berichtet.

Analog zum Wirtschaftsdünger werden auch für die Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition von reaktivem Stickstoff berechnet. Es treten wie beim Wirtschaftsdünger keine indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aufgrund von Auswaschung/Oberflächenabfluss aus dem Lager auf.

Die berechneten Gesamt-Emissionen sind von 1990 bis 2014 entsprechend der starken Zunahme der Energiepflanzen-Vergärung (siehe Kapitel 5.1.4.2) von jährlich 0,3 kt CO<sub>2eq</sub> auf 1350,9 kt CO<sub>2eq</sub> (2,5 % der THG-Emissionen der gesamten Landwirtschaft) angestiegen. Der Anteil der N<sub>2</sub>O-Emissionen an den Gesamt-THG-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen ging von 1990 bis 2014 von 31,1 % auf 17,6 % zurück, was auf die zunehmende Verbreitung der gasdichten Lagerung zurück zu führen ist.

### 5.9.2 Methodische Aspekte

Die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen und der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen erfolgt analog zur Emissionsberechnung bei der Vergärung von Mist (siehe Kapitel 5.1.3.6.5), allerdings ohne Vorlager.

Wie beim Wirtschaftsdünger (siehe Kapitel 5.3.5) werden auch für die Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition von reaktivem Stickstoff berechnet, der im Falle der Energiepflanzen aus NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus dem Energiepflanzen-Gärrestelager stammt. Die NO-Emissionen aus dem Gärrestelager werden wie bei Wirtschaftsdünger analog zu den N<sub>2</sub>O-Emissionen berechnet (siehe Kapitel 5.3.4.2).

Zur Berechnung der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Energiepflanzen-Gärrestelager wird auf HAENEL et al. (2016) verwiesen.

### 5.9.3 CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor und -Emissionen (3.J, CH<sub>4</sub>)

Tabelle 304 zeigt den zeitlichen Verlauf des CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktors für die Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager), bezogen auf die Trockenmasse -Mengen, die mit den Energiepflanzen in den Vergärungsprozess eingebracht wurden (siehe Kapitel 5.1.4.2). Die Abnahme des Emissionsfaktors mit der Zeit beruht auf der zunehmenden Verbreitung der gasdichten Lagerung der Gärreste (siehe Kapitel 5.1.4.2), für die anstelle des höheren Emissionsfaktors der offenen Lagerung nur die CH<sub>4</sub>-Leckagerate zu berücksichtigen ist.

Tabelle 304: CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor für die Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager), bezogen auf die mit den Energiepflanzen eingebrachte Trockenmasse

[kg kg <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	0,00323	0,00319	0,00314	0,00308	0,00303	0,00298	0,00293	0,00288	0,00283	0,00278	0,00267	0,00265	0,00265

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager) gehen aus

Tabelle 305 hervor. Der deutlich ansteigende Trend ist eine Folge der starken Zunahme der vergorenen Energiepflanzen-Menge (siehe Kapitel 5.1.4.2) insbesondere seit 2005. Dieser Trend wird durch die zunehmende Verbreitung gasdichter Gärrestelagerung (siehe Kapitel 5.1.4.2) abgeschwächt, speziell für den Übergang von 2011 zu 2012.

Tabelle 305: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager)

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	0,01	0,14	1,18	9,78	13,51	18,17	20,82	26,25	32,44	39,75	41,77	50,00	54,03

### 5.9.4 N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren und -Emissionen (3.J, N<sub>2</sub>O)

Die Emissionsfaktoren für direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (Gärrestelager) sind in Tabelle 306 dargestellt. Diese Daten repräsentieren den Mittelwert für gasdichte und offene Lagerung und spiegeln in ihrem abnehmenden Trend die mit den Jahren zunehmende Verbreitung der gasdichten Lagerung, die kein N<sub>2</sub>O emittiert. Die Emissionsfaktoren in Tabelle 306 sind auf die N-Mengen anzuwenden, die mit den Energiepflanzen in den Vergärungsprozess eingebracht wurden (siehe Kapitel 5.1.4.2).

Tabelle 306: Effektiver N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor für direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (Gärrestelager), bezogen auf die mit den Energiepflanzen eingebrachte N-Menge

[[kg kg <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	0,00500	0,00477	0,00453	0,00421	0,00395	0,00368	0,00341	0,00315	0,00289	0,00263	0,00203	0,00194	0,00194

Als Emissionsfaktor für indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen infolge der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus der Lagerung der Energiepflanzen-Gärreste wird wie beim Wirtschaftsdünger  $EF = 0,01 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt (IPCC (2006)-11.24, Table 11.3). Dieser Emissionsfaktor ist mit den N-Depositionsmengen zu multiplizieren, die in Kapitel 5.1.5.1.3 angegeben sind, um die entsprechenden Emissionen zu erhalten.

Die berechneten direkten und indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen zeigt Tabelle 307. Der zeitliche Verlauf spiegelt den starken Anstieg der vergorenen Energiepflanzen-Mengen (siehe Kapitel 5.1.4) insbesondere seit 2005 wieder. Die deutliche Abnahme der Emissionen von 2011 zu

2012 ist die Folge einer überdurchschnittlichen Zunahme der Verbreitung der gasdichten Lagerung, siehe Kapitel 5.1.4.2.

Tabelle 307: N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>insgesamt</b>	<b>0,000</b>	<b>0,005</b>	<b>0,041</b>	<b>0,327</b>	<b>0,431</b>	<b>0,549</b>	<b>0,593</b>	<b>0,702</b>	<b>0,810</b>	<b>0,918</b>	<b>0,777</b>	<b>0,894</b>	<b>0,967</b>
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	0,000	0,005	0,039	0,311	0,410	0,522	0,564	0,668	0,770	0,873	0,739	0,850	0,920
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	0,000	0,000	0,002	0,016	0,021	0,027	0,029	0,034	0,040	0,045	0,038	0,044	0,047

### 5.9.5 NO-Emissionsfaktoren und -Emissionen (3.J, NO)

Wie beim Wirtschaftsdünger (siehe Kapitel 5.3.4.2.2) werden die NO-Emissionen proportional zu den direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen berechnet, indem der auf die eingebrachte N-Menge anzuwendende NO-N-Emissionsfaktor mit 10 % des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors angesetzt wird.

Tabelle 308 zeigt den zeitlichen Verlauf der NO-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (Gärrestelager).

Tabelle 308: NO-Emissionen aus der Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten

[kt a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
	0,000	0,001	0,005	0,042	0,056	0,071	0,077	0,091	0,105	0,119	0,101	0,116	0,125

### 5.9.6 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (3.J)

Zu Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung wird auf Kapitel 5.1.7 verwiesen.

### 5.9.7 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (3.J)

Zu den Unsicherheiten bzgl. der Emissionen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter und Gärrestelager) wird auf Tabelle 256 in Kapitel 5.1.6 (Gesamt-Unsicherheit des deutschen THG-Inventars) verwiesen.

Alle Emissionszeitreihen sind konsistent, da für alle Jahre des Berichtszeitraumes jeweils mit der gleichen Methode gerechnet wurde und die Eingangsdaten ebenfalls konsistent sind (siehe Kapitel 5.1.7).

### 5.9.8 Quellenspezifische Rückrechnungen (3.J)

Aufgrund der gegenüber dem NIR 2015 aktualisierten Zeitreihen der Aktivitätsdaten (Energiepflanzen-Mengen, gasdichte Lagerung: siehe Kapitel 5.1.4.2) wurden die gesamten Emissionszeitreihen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O (siehe Kapitel 5.9.3 und 5.9.4) mit der gegenüber dem NIR 2015 unveränderten Methodik neu berechnet.

### 5.9.9 Geplante Verbesserungen (3.J)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

## 6 LANDNUTZUNG, LANDNUTZUNGSÄNDERUNG UND FORSTWIRTSCHAFT (CRF SEKTOR 4)

### 6.1 Übersicht (CRF Sektor 4)

#### 6.1.1 Kategorien und Gesamtemissionen und -senken 1990 - 2014

In der Unterkategorie „Forstwirtschaft und andere Landnutzung“ des AFOLU-Sektors (Common Reporting Framework 4) wird in Deutschland über positive (Quelle) und negative (Senke) CO<sub>2</sub>-Emissionen der Kohlenstoffpools<sup>85</sup>

- ober- und unterirdische Biomasse
- Totholz, Streu
- organische und mineralische Böden

berichtet, für die Landnutzungskategorien

- Wald (4.A.1)
- Acker (4.B.1)
- Grünland (4.C.1)
- Feuchtgebiete (4.D.1)
- Siedlungen (4.E.1)

sowie die jeweiligen Landnutzungsänderungen zwischen diesen Nutzungskategorien (CRF 4.A.2 - 4.E.2). In der Kategorie Sonstiges Land (4.F) treten keine anthropogen bedingten Emissionen auf, da die Flächen nicht genutzt werden. Landnutzungsänderungen zu Sonstigem Land finden nicht statt, da einmal genutztes Land per Definition nicht wieder in ungenutztes überführt werden kann.

Des Weiteren werden inventarisiert:

- CO<sub>2</sub>-Emissionen aus
  - den Holzprodukten (4.G)
  - dem industriellen Torfabbau (4.D.1)
- N<sub>2</sub>O-Emissionen aus
  - organischen Böden der Landnutzungskategorien 4.A, 4.D, 4.E (Emissionen aus den Kategorien 4.B Ackerland und 4.C Grünland werden unter Landwirtschaft CRF 3.D.a.6 berichtet)
  - direkte (CRF 4.(III)) und indirekte (CRF 4.(IV)) Emissionen aus der Humusmineralisation in Mineralböden infolge Landnutzungsänderung bzw. Landbewirtschaftung
  - dem industriellen Torfabbau (4.(II))
  - Waldbrand (4.(V))
- CH<sub>4</sub>-Emissionen aus
  - organischen Böden (4.(II))
  - Draingräben organischer Böden (4.(II))
  - dem industriellen Torfabbau (4.(II))
  - Waldbrand (4.(V))

---

<sup>85</sup> CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Waldbränden werden über die Kohlenstoffänderung im Wald implizit berücksichtigt.

Bei der Berichterstattung über die Freisetzung/Einbindung der Treibhausgase in jeder Landnutzungskategorie wird unterschieden zwischen Flächen, die während der Berichtsperiode

- keiner Landnutzungsänderung unterliegen, somit unverändert der Landnutzungskategorie zugeschlagen werden (Verbleibkategorie 4.A.1 - 4.F.1)
- eine Umnutzung erfahren: Diese werden vom Zeitpunkt der Umnutzung in der Kategorie berichtet, deren Nutzung sie zugeführt wurden. Die Änderungsflächen werden in diesen neuen Landnutzungskategorien für 20 Jahre in Übergangskategorien (4.A.2 - 4.F.2) berichtet. Nach 20 Jahren in der Übergangskategorie werden diese Flächen dann in die Verbleibkategorie übernommen.

Abbildung 50, Abbildung 51 und Abbildung 52 geben für die vorliegende Submission 2016 eine Übersicht über die zeitliche Entwicklung der Treibhausgasemissionen (Summe aus CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O als CO<sub>2</sub>-Äquivalente) aus den Bereichen 4.A-4.E, aufgeteilt nach Unterkategorien, Quellgruppen und Treibhausgasen. Auf der X-Achse ist die Jahresleiste im Berichtszeitraum und auf der Y-Achse die Emissions- (positive Werte) und die Senkenwirkung (negative Werte) in Kilotonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (kt CO<sub>2</sub>-Eq.) dargestellt.

Die deutlichen Änderungen der Emissionen in den Jahren 2002 und 2008 sind auf veränderte Emissionsfaktoren für die Forstbiomasse und der Holznutzung zurückzuführen, welche in der Inventurperiode 2002 bis 2008 zugenommen und in der Periode 2008 bis 2012 wieder abgenommen hat (siehe Kapitel 6.4.2.2.1). Die Zeitreihen spiegeln neben den Veränderungen bei der Forstbiomasse die Trends der Landnutzungsänderungen wider (siehe Kapitel 6.3.5). Für die Erfassung von Landnutzungsänderungen wurden Datensätze der Stichjahre 1990, 2000, 2005, 2008, 2012 und 2014 verwendet (vergl. Kapitel 6.3). Die Landnutzungsänderungen wurden zwischen den Stichjahren linear interpoliert, so dass sich zwischen den Stichjahren jeweils konstante mittlere Landnutzungsänderungen ergeben (siehe Tabelle 328). Diese Methode ist konform mit den Richtlinien des IPCC. Die Landnutzungsänderungen können zwischen den Perioden unterschiedlich stark und unterschiedlich gerichtet sein.

Der Verlauf der Nettoemissionen von 1990 bis 2014 zeigt, dass der Sektor über die Jahre ausnahmslos als Senke fungierte. Hauptursache hierfür ist die Landnutzungskategorie Wald, dominierender Pool die Waldbiomasse; aber auch die Waldböden tragen einen bedeutenden Teil zur Senke bei. Einen Anteil an der Senkenfunktion liefern ebenfalls die Holzprodukte durch ihre Funktion als Kohlenstoffspeicher. Dem gegenüber stehen hauptsächlich die Emissionen aus den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Landnutzungskategorien Acker- und Grünland. Diese beiden Kategorien zeigen sich über die Jahre als konstante, wenig variierende Quelle, zurückzuführen auf die anhaltend hohen Emissionen aus entwässerten organischen Böden. Die Landnutzungskategorie Feuchtgebiete trägt netto 8,7% zu den Emissionen bei, hauptsächlich verursacht durch den industriellen Torfabbau. Die Kategorie Siedlungen tragen 7,9 % zu den Nettoemissionen bei. Die Landnutzungskategorie Siedlungen weist mit einer Zunahme der Emissionen von 79,5 % den stärksten Trend aller Landnutzungskategorien auf. Dominierendes Treibhausgas ist Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), welches Netto als bedeutende Senke wirkt. Die Freisetzung von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) ist demgegenüber gering. Detaillierte Beschreibungen der Emissionen und deren Zeitreihen finden sich in den jeweiligen Kapiteln (Kapitel 6.4.1, Kapitel 6.5.1, Kapitel 6.6.1, Kapitel 6.7.1, Kapitel 6.8.1 und Kapitel 6.10.1).

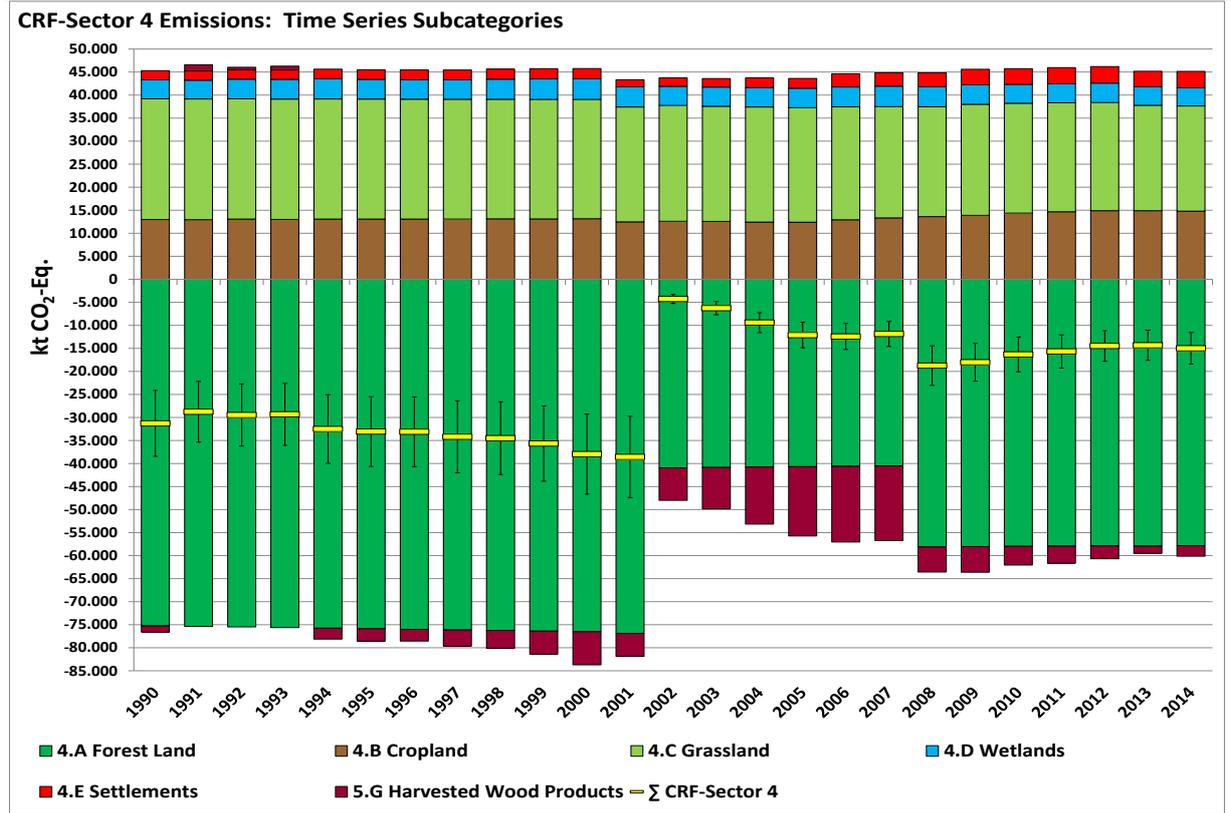


Abbildung 50: Zeitreihen der Treibhausgasemissionen und –senken (Summe aus CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) [kt CO<sub>2</sub>-Equivalents] im LULUCF-Sektor seit 1990, unterschieden nach Unterkategorien

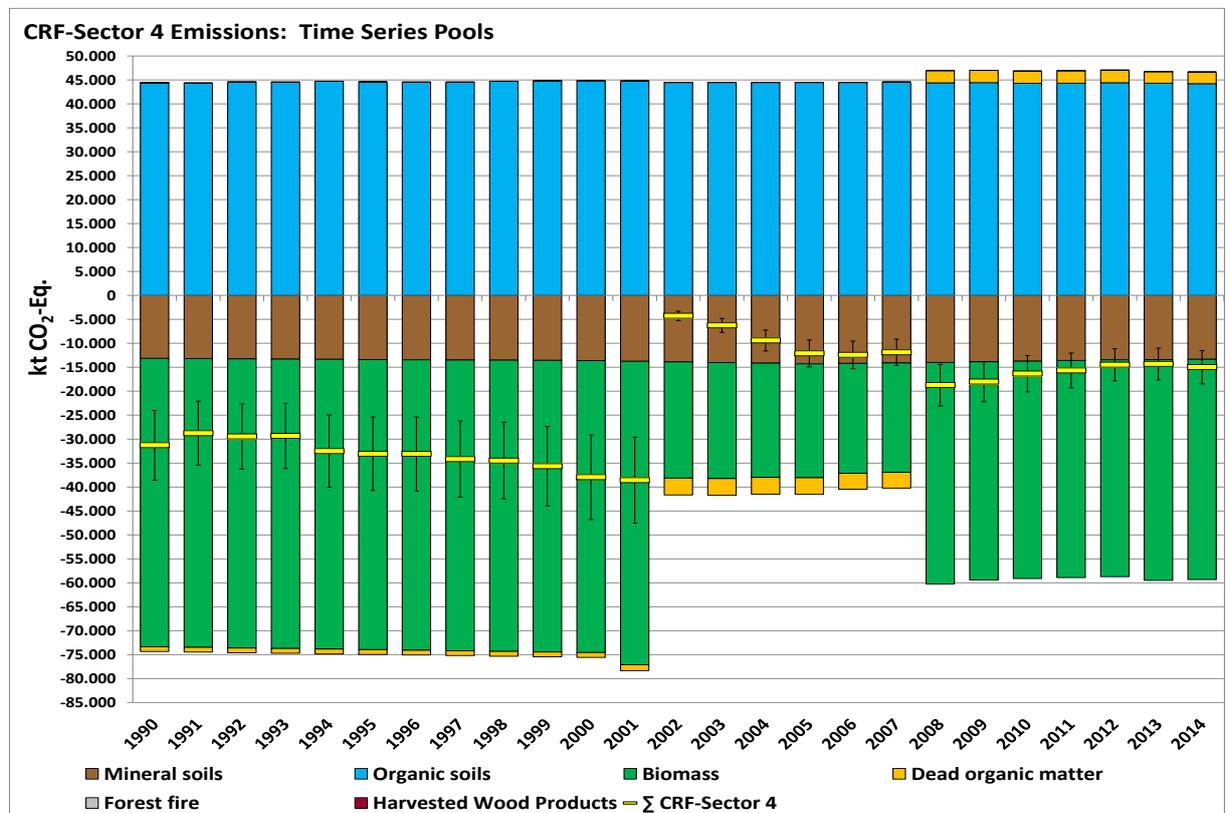


Abbildung 51: Zeitreihen der Treibhausgasemissionen und –senken (Summe aus CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) [kt CO<sub>2</sub>-Equivalents] im LULUCF-Sektor seit 1990, unterschieden nach Quellgruppen

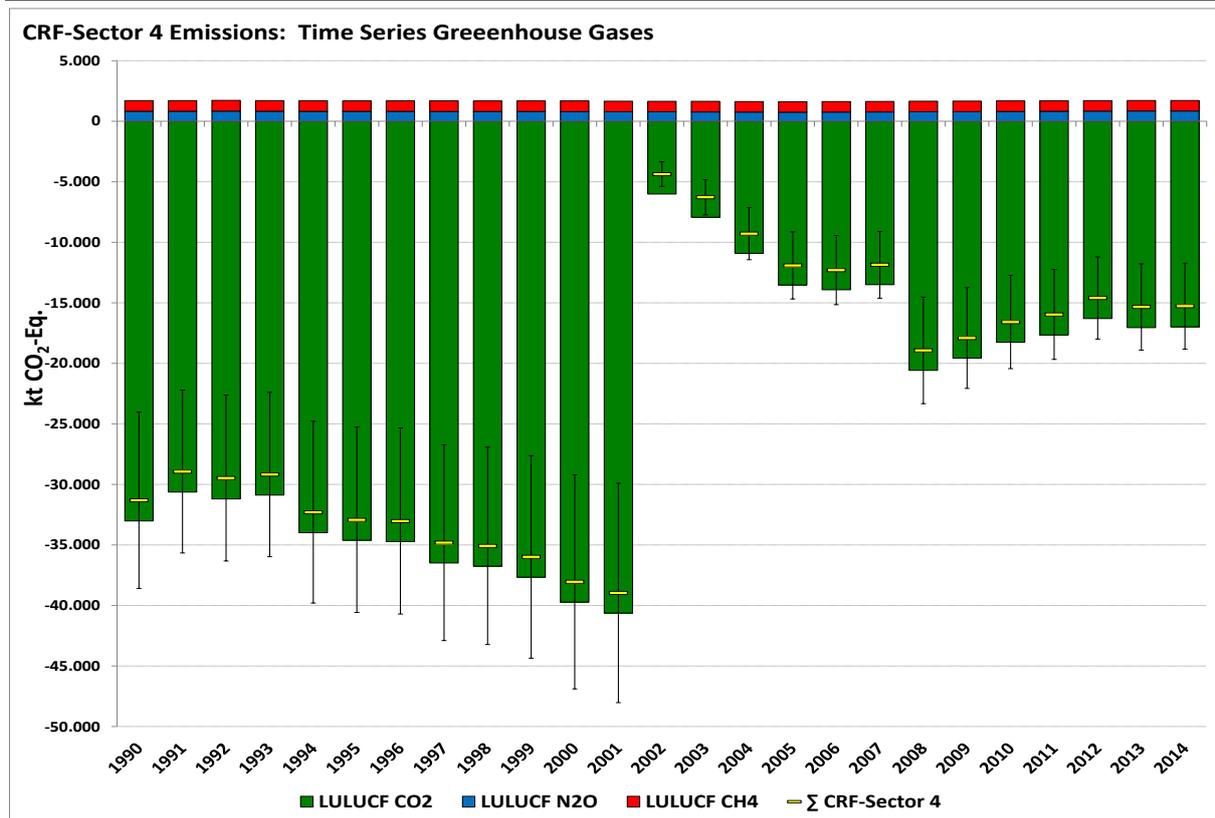


Abbildung 52: Zeitreihen der Treibhausgasemissionen und –senken (Summe aus CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) [kt CO-Equivalents] im LULUCF-Sektor seit 1990, unterschieden nach Treibhausgasen (GHG)

Die Gesamtunsicherheit des deutschen LULUCF-Inventars (ohne Holzprodukte) beträgt 23,25 %, Ausführungen hierzu finden sich in den entsprechenden Kapiteln der einzelnen Kategorien sowie im Kapitel 19.4.4.

### 6.1.2 Methodische Grundlagen

Das für den CRF-Sektor 4 in den 2006 IPCC Guidelines geforderte System der Landnutzungssysteme wurde von Deutschland grundlegend übernommen; die Umsetzung ist in Tabelle 309 dargestellt, genaue Definitionen und Beschreibungen finden sich in Kapitel 6.2 (vergl. auch Kapitel 6.3).

Tabelle 309: Zuordnung der deutschen Berichtskategorien zu den IPCC-Landnutzungskategorien

IPCC-Kategorie	Deutsche LULUCF-Kategorien
4.A Wald	Wald
4.B Ackerland	Ackerland
4.C Grünland	Grünland im engeren Sinne Gehölze
4.D Feuchtgebiete	Terrestrische Feuchtgebiete Torfabbau Gewässer
4.E Siedlungen	Siedlungen
4.F Sonstiges Land	Sonstiges Land
4.G Holzprodukte	Holzprodukte

### Grundlegende Elemente und Schritte bei der Erstellung des LULUCF-Inventars

1. **Landnutzungsmatrix**<sub>jährlich</sub> [**Area\_ann**]: Jährliche Berechnung der Gesamtfläche für die Unterkategorien „verbleibende Landnutzung“ und „Landnutzungsänderung“ für die Kategorien Wald, Ackerland, Grünland im engeren Sinn, Gehölze, terrestrische Feuchtgebiete, Gewässer, Torfabbau, Siedlungen und sonstiges Land, für alle Zeitreihen unterteilt nach mineralischen und organischen Böden. Die Landnutzung und deren Flächenausweisung wurden explizit bestimmt für die Jahre 1990, 2000, 2005, 2008, 2012 und 2014. Für die Zeiträume zwischen diesen Jahren wurden die ermittelten Flächen linear interpoliert (siehe Kapitel 6.3), was den Richtlinien des IPCC entspricht.
2. **Emissionsfaktoren für den gesamten Kohlenstoffvorrat im Jahr der Landnutzungsänderung** [**EF\_ann**]: Die Emissionsfaktoren für die verschiedenen Pools sind differenziert nach Landnutzungskategorie in Tabelle 310 (Mineralboden), Tabelle 319 (Biomasse), Tabelle 320 (Waldbiomasse (Entwaldung), Totholz und Streu) und im Kapitel 6.1.2.2 (organische Böden) dargestellt. Außer in Wald und Acker sind die Kohlenstoffvorräte pro Flächeneinheit, über die Zeit konstant. Damit ergeben sich auch konstante Änderungen der Kohlenstoffvorräte bei Landnutzungsänderung.
3. **Kohlenstoffvorratsänderungen für die jährlichen Landnutzungsänderungen** [**E\_ann**] werden nach der Formel  $E\_ann [kt C] = EF\_ann [t C/ha] * Area\_ann [kha]$  berechnet, unter der Annahme, dass die gesamte Kohlenstoffvorratsänderung im Jahr der Landnutzungsänderung auftritt.
4. **Einführung einer zwanzigjährigen Übergangszeit** [**Area\_20y**]: Die Berechnung der Landnutzungsmatrix beginnt 1970, um die Landnutzungsänderungsflächen vor dem eigentlichen Berichtszeitraum zu ermitteln (siehe Kapitel 6.3.4). Ermittelte Übergangsflächen werden der jeweiligen Landnutzungsänderungskategorie im Jahr des Übergangs zugeschlagen und verbleiben für 20 Jahre in dieser Kategorie. Folgerichtig sind ab dem zweiten Berichtsjahr die Flächen in den Verbleibkategorien kleiner, in den Übergangskategorien größer, als in der jährlichen Landnutzungsmatrix. Die Flächen sind in den CRF-Tabellen, Tabelle 326 und Tabelle 327 dargestellt.
5. **Emissionsfaktoren** [**EF**] und **implizite Emissionsfaktoren** [**IEF**] für die **zwanzigjährige Übergangszeit** [**IEF\_20y**]: Diese Faktoren sind in den CRF-Tabellen dargestellt. Es werden jährliche Emissionsfaktoren in Emissionsfaktoren bzw. implizierte Emissionsfaktoren umgerechnet, die zu den Flächen der Landnutzungsmatrix mit zwanzigjähriger Übergangszeit passen. Die Berechnungen können mit den entsprechenden Arbeitsblätter der Tabellenkalkulation schrittweise nachvollzogen werden. Die Konversion von **EF\_ann** zu **IEF\_20y** führt nach der Verrechnung mit den mineralischen und organischen Bodenflächen für die Emissionen aus Pools zu angepassten, also implizierten, IEFs. Obschon die absolute Emission unverändert bleibt, werden die IEF's beeinflusst von den jährlichen Nettoänderungen der Flächen in den Übergangskategorien. Dabei kommen folgende Formeln zur Anwendung:
  - **Mineralböden:** Die gesamte Kohlenstoffvorratsänderung infolge Landnutzungsänderung wird nach der Formel  $IEF\_20y = EF\_ann / 20$  linear auf 20 Jahre Übergangszeit aufgeteilt; d.h. nur ein Zwanzigstel der Gesamtemission wird jährlich veranschlagt.

- **Organische Böden:** Es wird jedes Jahr die gleiche Menge CO<sub>2</sub> emittiert, in den Übergangskategorien genauso wie in der Verbleibkategorie der neuen Landnutzung;  $IEF_{20y} = EF_{ann}$ .
  - **Netto-Kohlenstoffvorratsänderung, Kohlenstoffzu- und -abnahme in der Biomasse und toter organischer Substanz außer bei Landnutzungsänderung zu Wald:** Alle Emissionen werden vollständig im Jahr der Landnutzungsänderung veranschlagt, nach der Formel  $IEF_{20y} = E_{ann} / Area_{20y}$ . Die Emissionen, die im jeweiligen Berichtsjahr auftreten, werden so an die größere Fläche der entsprechenden Übergangskategorie angepasst.
  - **Netto-Kohlenstoffvorratsänderung, Kohlenstoffzunahme in der Biomasse und toter organischer Substanz bei Landnutzungsänderung zu Wald:** Die gesamte Kohlenstoffvorratsänderung infolge Landnutzungsänderung wird nach der Formel  $IEF_{20y} = EF_{ann}$  berechnet; d.h. jedes Jahr wird auf der gesamten Landnutzungsänderungsfläche die Kohlenstoffsенke veranschlagt.
  - **N<sub>2</sub>O aus dem Verlust von Organischer Substanz von Mineralböden infolge von Landnutzungsänderung zu Acker:** Es wird dieselbe Methode wie bei Kohlenstoffvorratsverlusten in Mineralböden verwendet. Die gesamte Kohlenstoffvorratsänderung infolge Landnutzungsänderung wird linear auf die 20 Jahre Übergangszeit aufgeteilt, nach der Formel  $IEF_{20y} = E_{ann} / Area_{20y}$ ; d.h. nur ein Zwanzigstel der Gesamtemission wird jährlich veranschlagt.
6. **Gesamte Kohlenstoffvorratsänderungen für Flächen mit zwanzig jähriger Übergangszeit,** werden für die Klimarahmenkonvention ebenfalls nach folgender Formel  $E_{20y} [kt C] = IEF_{20y} [t C/ha] * Area_{20y} [kha]$  berechnet.
7. **Berechnung der CO<sub>2</sub> Emissionen** aus den Kohlenstoffwerten für den NIR durch Multiplikation der Kohlenstoffvorratsänderungen mit dem Faktor -44/12.

Die Submission 2016 ist die Zweite, die nach den Richtlinienets

- 2006 IPCC Guidelines
- 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol (IPCC 2014a)
- 2013 Supplement to the IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands (IPCC 2014b)

zusammengestellt wurde. Maßgebliche Maßnahmen zur Inventarverbesserung, die in dieser Submission zur Anwendung kamen und zu Neuberechnungen führten waren:

- Methodenänderung zum Flächennachweis der Landnutzung und Landnutzungsänderung: getrennte Berechnung für Mineralböden und organische Böden mit angepasster räumlicher Auflösung auf organischen Böden. Damit werden erstmals die unterschiedlichen Landnutzungsentwicklungen auf Mineralböden und organischen Böden berücksichtigt.
- Nutzung des aktuellen Datensatzes des Basis-DLM für das Jahr 2014 (Kapitel 6.3.1)
- Implementierung der Karte organischer Böden Deutschlands (Definition organische Böden n. 2006 IPCC Guidelines (Maßstab 1: 25.000)

- Neuberechnung der Emissionsfaktoren für die Biomasse annueller Acker- und Grünlandpflanzen (Kapitel 6.1.2.3)

Abgesehen von diesen Änderungen kamen die Methoden, Datenquellen und Emissionsfaktoren des Vorjahres zur Anwendung.

### 6.1.2.1 Treibhausgasemissionen aus Mineralböden (4.A bis 4.F)

#### 6.1.2.1.1 Kohlenstoff

Die Fläche der Mineralböden wurde als Differenz der Gesamtflächen und der Flächen organischer Böden berechnet (Kapitel 6.1.2.2).

Die Veränderungen der Kohlenstoff- bzw. Stickstoffvorräte in Mineralböden werden, gemäß Equation 2.25 in den 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2006), als Differenz zwischen den jeweiligen Vorräten vor und nach den entsprechenden Landnutzungsänderungen berechnet. Die Emissionsfaktoren wurden landesspezifisch abgeleitet. Für die Landnutzungskategorien 4.B-4.F (Ackerland, Grünland, Gehölze, Feuchtgebiete, Siedlungen und Sonstiges Land), wurde für Mineralböden ein repräsentativer flächengewichteter Kohlenstoffvorrat für Mineralböden bis 30 cm Bodentiefe aus in Deutschland vorhandenen nutzungsdifferenzierten Profildaten bestimmt. Dieser Kohlenstoffvorrat wurde nach Ausgangssubstrat, Bodentyp, Klimaregion (nur Oberböden) und Landnutzung differenziert. Die Herleitung dieser Werte und deren Unsicherheiten werden in Kapitel 19.4.2 beschrieben. Die Werte für Waldböden entstammen flächendeckenden Bodeninventuren in Wäldern (s. Kapitel 6.4.2.5.3). Die Berichterstattung für Mineralböden erfolgt somit nach einem Tier 2 - Ansatz.

Für die Kategorie 4.A.1 „Wald bleibt Wald“ wurde im Rahmen der Bodenzustandserhebungen im Wald eine jährliche Kohlenstoffvorratsänderung von  $0,41 \pm 0,11 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ermittelt (vergl. Kapitel 6.4.2.5.4 und Kapitel 19.4.2.1). Diese wird jährlich dem Vorjahresvorrat zugeschlagen und als Einbindung berichtet.

Bei Mineralböden der Landnutzungskategorien 4.B, 4.C, 4.D, 4.E und 4.F wird bei gleichbleibender Nutzung unterstellt, dass die Kohlenstoffein- und -austräge in die Böden gleich groß, die Systeme somit im Gleichgewicht sind. Begründungen finden sich in Kapitel 6.5.2.3 und Kapitel 6.6.2.3.

Die Kategorie Grünland (4.C) weist zwei Subkategorien auf: zum Einen das Grünland i.e.S., zum Anderen Flächen, auf denen Gehölze vorhanden sind, die nicht unter die Walddefinition fallen. Die Flächenübergänge zwischen diesen Unterkategorien werden wie Landnutzungsänderungen behandelt.

Die Kategorie Feuchtgebiete (4.D) weist drei Subkategorien auf: Terrestrische Feuchtgebiete, Torfabbauf Flächen (nur Verbleibkategorie) und Gewässer (Flooded Land). Die Flächenübergänge zwischen diesen Unterkategorien werden wie Landnutzungsänderungen behandelt. Mineralböden kommen nur in den beiden Subkategorien terrestrische Feuchtgebiete und Gewässer vor. Bei Landnutzungsänderungen von und zu Gewässern werden keine Kohlenstoffvorratsänderungen angesetzt, so dass bei Landnutzungsänderungen zwischen den Subkategorien keine Kohlenstoffvorratsänderungen in Mineralböden auftreten (NO).

Die Kohlenstoffvorratsänderungen in Mineralböden infolge von Landnutzungsänderung werden für jede Übergangskategorie als Differenz des Kohlenstoffvorrates der

Zielnutzungskategorie und des Kohlenstoffvorrates der Ursprungskategorie berechnet. Da sich der Kohlenstoffvorrat von Waldböden (4.A) jährlich verändert, werden die jeweils jährlich gültigen Werte den Inventarberechnungen zugrunde gelegt. Die Gesamtänderung wird gemäß IPCC-Default (IPCC 2006) auf einen Zeitraum von 20 Jahren linear verteilt. Die Summe der Kohlenstoffvorratsänderungen infolge von Landnutzungsänderungen in den Mineralböden Deutschlands errechnet sich für 20 Jahre dann wie folgt:

$$\Delta C = \sum_{n=1}^7 (C_{final} - C_{initial})$$

- $\Delta C$ : Veränderung des Kohlenstoffvorrates infolge Landnutzungsänderung in Mineralböden einer IPCC-Landnutzungskategorie [t C (20\*a)<sup>-1</sup>]  
 $C_{final}$ : Finaler Bodenkohlenstoffvorrat [t C]  
 $C_{initial}$ : Initialer Bodenkohlenstoffvorrat [t C]  
 $n$ : Übergangskategorien

Die Kohlenstoffvorräte der Mineralböden der einzelnen Landnutzungskategorien, sowie die daraus abgeleiteten als Emissionsfaktoren genutzten Kohlenstoffvorratsdifferenzen, sind für das Jahr 2014 in Tabelle 310 dargestellt und deren Herleitung ist in Kapitel 19.4.2 beschrieben.

Tabelle 310: Mittlere Kohlenstoffvorräte in Mineralböden Deutschlands in Abhängigkeit von der Landnutzung [t C ha<sup>-1</sup>] sowie daraus abgeleitete Kohlenstoffvorratsunterschiede nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014

Mittlerer Kohlenstoffvorrat in Mineralböden Deutschlands im Jahre 2014									
	Wald	Acker	Grünland i.e.S.	Gehölze	Terrestrische Feuchtgebiete	Gewässer	Siedlungen	Sonstiges Land	
[t C ha <sup>-1</sup> ]	65,08	60,03	77,43	73,18	74,00		58,67	55,60	
Kohlenstoffvorratsänderung in 20 Jahren [t C ha <sup>-1</sup> (20 a) <sup>-1</sup> ]									
Initial\Final	Wald	Acker	Grünland i.e.S.	Gehölze	Terrestrische Feuchtgebiete	Gewässer	Siedlungen	Sonstiges Land	
<b>Wald</b>		-5,05	12,35	8,10	8,91	0	-6,41	-9,48	
<b>Acker</b>	5,05		17,40	13,15	13,97	0	-1,35	NO	
<b>Grünland i.e.S.</b>	-12,35	-17,40		-4,25	-3,43	0	-18,76	NO	
<b>Gehölze</b>	-8,10	-13,15	4,25		0,82	0	-14,51	NO	
<b>Terrestr. Feuchtgebiete</b>	-8,91	-13,97	3,43	-0,82		0	-15,32	NO	
<b>Gewässer</b>	0	0	0	0	0		0	NO	
<b>Siedlungen</b>	6,41	1,35	18,76	14,51	15,32	0		NO	
<b>Sonstiges Land</b>	9,48	4,42	21,83	17,58	18,39	0	3,07		

Kursive Werte: von Jahr zu Jahr veränderlich

negativ: Kohlenstoffverluste; positiv: Kohlenstoffsequestrierung; NO: nicht auftretend

Für die Berücksichtigung der 20-jährigen Übergangszeit wird die für die jeweilige Übergangskategorie ermittelte gesamte Vorratsänderung (EF<sub>ann</sub>, siehe Tabelle 310) durch 20 dividiert (siehe auch Kapitel 6.1.2). So erhält man die Impliziten Emissionsfaktoren für die Übergangskategorien (IEF<sub>20y</sub> siehe Tabelle 311). Im Falle von Landnutzungsänderungen von und zu Wald muss, aufgrund des sich jährlich ändernden Kohlenstoffvorrates in den mineralischen Waldböden, für jedes Berichtsjahr ein sich jährlich ändernder implizierter Emissionsfaktor (IEF) für jede Übergangskategorie hergeleitet werden, der sich emissionsgewichtet aus den Beiträgen der Landnutzungsänderungen der 20 Vorjahre ergibt. Die Emissionen werden als Produkt der IEF<sub>20y</sub> und der Flächen der 20-jährigen Übergangskategorien berechnet (siehe Kapitel 6.1.2).

Tabelle 311: Emissionsfaktoren [ $t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ] zur Ermittlung jährlicher Kohlenstoffvorratsunterschiede in Mineralböden Deutschlands nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014

Initial\Final	Emissionsfaktoren <sub>Mineralböden</sub> [ $t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$ ] für das Jahr 2014							
	Wald	Acker	Grünland i.e.S.	Gehölze	Terrestr. Feuchtgebiete	Gewässer	Siedlungen	Sonstiges Land
Wald		0,009	0,829	0,596	0,697	0	-0,136	0
Acker	0,017		0,870	0,658	0,699	0	-0,068	NO
Grünland i.e.S.	-0,827	-0,870		-0,213	-0,172	0	-0,938	NO
Gehölze	-0,620	-0,658	0,213		0,041	0	-0,725	NO
Terrestr. Feuchtgebiete	-0,687	-0,699	0,172	-0,041		0	-0,766	NO
Gewässer	0	0	0	0	0		0	NO
Siedlungen	0,101	0,068	0,938	0,725	0,766	0		NO
Sonstiges Land	0,207	0,221	1,091	0,879	0,920	0	0,154	

Kursive Werte: von Jahr zu Jahr veränderlich

negativ: Kohlenstoffverluste; positiv: Kohlenstoffsequestrierung; NO: nicht auftretend

Die Fläche der Mineralböden in den Übergangskategorien wurde als Differenz der Gesamtflächen und der Flächen organischer Böden berechnet (Kapitel 6.1.2.2).

### 6.1.2.1.2 Lachgas

Die direkten (CRF-Tabelle 4.III) und indirekten (CRF-Tabelle 4.IV)  $N_2O$ -Emissionen durch Verluste an organischer Bodensubstanz infolge von Landnutzungsänderungen bzw. Bewirtschaftungsmaßnahmen, wurden gemäß der IPCC Guidelines 2006 ermittelt. Hierfür wurden die für die einzelnen Landnutzungsänderungsflächen ermittelten Kohlenstoffvorratsänderungen durch die flächengewichteten mittleren C/N – Verhältnisse der entsprechenden Böden dividiert, somit die absoluten Veränderungen im Stickstoffvorrat der Böden bestimmt (Gleichung 11.8 in den IPCC Guidelines 2006). Die C/N-Verhältnisse wurden aus den Schätzprofilaten der BÜK 1000 n 2.3 (BGR 2011) abgeleitet.

Zur Ermittlung der direkten Emissionen wurden die absoluten Stickstoffvorratsunterschiede mit dem IPCC Standardwert von  $0,01\ kg\ N_2O-N\ (kg\ N)^{-1}$  verrechnet, gemäß Gleichung 11.1 in den IPCC Guidelines 2006. Die so ermittelten  $N_2O$ -Emissionen sind in der CRF-Tabelle 4.III aufgeführt; die Emissionsfaktoren sind in Tabelle 312, die Unsicherheiten in den Kapiteln 6.4.3, 6.5.3, 6.6.3, 6.7.3, 6.8.3 dargestellt.

Zur Abschätzung der indirekten Lachgasemissionen wurden die Stickstoffvorratsunterschiede nach Gleichung 11.10 der IPCC Guidelines 2006 mit den Standardfaktoren  $Frac_{Leach-(H)}$  ( $0,3\ kg\ N_2O-N\ (kg\ N)^{-1}$ ) und dem  $EF_5$  ( $0,0075\ kg\ N_2O-N\ (kg\ N)^{-1}$ ) multipliziert (IPCC Guidelines 2006). Die Emissionsfaktoren für die indirekten Lachgasemissionen sind für das Jahr 2014 in Tabelle 313 aufgeführt sowie mit Unsicherheiten auch in den Kapiteln 6.4.3, 6.5.3, 6.6.3, 6.7.3, 6.8.3. Im Zahlenwerk finden sich die Ergebnisse in der CRF-Tabelle 4.IV.

Die Lachgasemissionen unterliegen ebenfalls der Übergangszeit und werden analog zu den Kohlenstoffvorratsänderungen auf 20 Jahre verteilt.

Tabelle 312: Emissionsfaktoren für direkte Lachgasemissionen [ $\text{kg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ] infolge von Verlusten an organischer Substanz aus Mineralböden Deutschlands nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014

Emissionsfaktoren <sub>Mineralböden</sub> [ $\text{kg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ] für das Jahr 2014								
Initial\Final	Wald	Acker	Grünland i.e.S.	Gehölze	Terrestr. Feuchtgebiete	Gewässer	Siedlungen	Sonstiges Land
Wald		0,034	0	0	0	0	0,122	0
Acker	0,053		0	0	0	0	0,087	NO
Grünland i.e.S.	1,024	1,078		0,263	0,213	0	1,162	NO
Gehölze	0,797	0,845	0		0	0	0,932	NO
Terrestr. Feuchtgebiete	0,699	0,711	0	0,042		0	0,780	NO
Gewässer	0	0	0	0	0		0	NO
Siedlungen	0,012	0	0	0	0	0		NO
Sonstiges Land	0	0	0	0	0	0	0	

*kursive Werte:* von Jahr zu Jahr veränderlich

positiv: Lachgasemission

Tabelle 313: Emissionsfaktoren für indirekte Lachgasemissionen [ $\text{kg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ] infolge von Verlusten an organischer Substanz aus Mineralböden Deutschlands nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014

Emissionsfaktoren <sub>Mineralböden</sub> [ $\text{kg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ] für das Jahr 2014								
Initial\Final	Wald	Acker	Grünland i.e.S.	Gehölze	Terrestr. Feuchtgebiete	Gewässer	Siedlungen	Sonstiges Land
Wald		0,008	0	0	0	0	0,027	NO
Acker	0,012		0	0	0	0	0,019	NO
Grünland i.e.S.	0,230	0,243		0,059	0,048	0	0,261	NO
Gehölze	0,180	0,190	0		0	0	0,210	NO
Terrestr. Feuchtgebiete	0,157	0,160	0	0,009		0	0,175	NO
Gewässer	0	0	0	0	0		0	NO
Siedlungen	0,003	0	0	0	0	0		NO
Sonstiges Land	0	0	0	0	0	0	0	

*kursive Werte:* von Jahr zu Jahr veränderlich

positiv: Lachgasemission

### 6.1.2.2 Treibhausgasemissionen aus organischen Böden (4.A bis 4.F; 4.(II))

Über die  $\text{CO}_2$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ - und  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus organischen Böden wird in den Landnutzungskategorien Wald, Ackerland, Grünland i.e.S., Gehölze, terrestrische Feuchtgebiete, industrieller Torfabbau und Siedlungen berichtet ( $\text{N}_2\text{O}$  aus gedränten organischen Böden unter Acker und Grünland in CRF-Sektor 3.D.a.4). Außerdem werden die Methanemissionen aus Entwässerungsgräben erfasst sowie die Kohlenstoffverluste mit der gelösten organischen Substanz (DOC). In Deutschland wird der Großteil der organischen Böden entwässert.

Die Emissionsberechnung erfolgt durch Multiplikation der Moorflächen pro Subkategorie mit einem nutzungsspezifischen Emissionsfaktor. Bei Landnutzungsänderungen wird sofort der Emissionsfaktor der Zielkategorie verwendet:

$$EC_{orgsoil} = \sum_{n=1}^7 (A_n * EF_n)$$

$EC_{orgsoil}$ : Kohlenstoffemission aus organischen Böden einer Landnutzungskategorie [ $\text{Gg C}$ ]

$A_n$ : Moorfläche unter bestimmter Landnutzung [ $\text{kha}$ ]

$EF_n$ : Landnutzungsspezifischer Emissionsfaktor [ $\text{t C ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ ]

n: Übergangs- bzw. Verbleibkategorien

Seit der letzten Submission sind sehr detaillierte Karten zur Lage und Drainagestatus der organischen Böden vorhanden und werden im vorliegenden Inventar eingesetzt. Ebenso konnten sehr umfangreiche Messdaten von Treibhausgasemissionen aus organischen Böden in Deutschland verwendet werden, die im Verbundprojekt „Organische Böden“ des Thünen-Instituts ([www.organische-boeden.de](http://www.organische-boeden.de)) und Vorgängerprojekten mit standardisierten Messprotokollen erhoben wurden bzw. in geringerem Umfang der nationalen Literatur entnommen wurden. Die Datenbasis und Ableitung der Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren entspricht einem IPCC Tier-3-Ansatz. Um Transparenz und Konsistenz mit anderen Aktivitätsdaten und Kohlenstoffpools zu wahren, wurde daraus eine nationale Tier-2-Methodik für das Inventar entwickelt.

#### **6.1.2.2.1 Aktivitätsdaten (3.D, 4.A- 4.E; 4.(II))**

Im Auftrag des Thünen-Instituts wurde bis 2013 eine „Karte organischer Böden“ (Parametrisierter Flächendatensatz zu den organischen Böden in Deutschland) neu erstellt, die die IPCC-Definition organischer Böden vollständig abbildet (ROSSKOPF et al. 2015):

- Räumliche Auflösung / Maßstab: Verfahrensbedingt heterogen, ~1:10.000 – 1:200.000; Rasterweite 25 m.
- Zeitliche Auflösung: regional in Abhängigkeit von der jeweiligen Datengrundlage unterschiedlich (Anfang des 20. Jahrhunderts bis heute).
- Datensätze: in enger Zusammenarbeit mit den Behörden der Bundesländer wurden die vorhandenen Bodendaten, Moorkataster und Datensätze aus geologischen, forstlichen oder landwirtschaftlichen Kartierungen so umfassend und hochauflösend wie möglich einbezogen und harmonisiert.
- Datenselektion (Minimalkriterium): In Anlehnung an die Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5, ARBEITSGRUPPE BODEN 2005) und die Vorgaben für organische Böden gemäß IPCC 2006 wurden diejenigen Blattlegendeneinheiten digital (vektoriell) vorliegender Ausgangsdaten herangezogen, die überwiegend Böden mit einem Mindestgehalt von 9 % organischem Kohlenstoff (15 % organische Bodensubstanz) in der Mischprobe der oberen 20 cm beschreiben.

Die neue Flächenkulisse organischer Böden umfasst 1,825 Mio ha. Die neue Karte organischer Böden löst die bisher verwendete grobe Bodenübersichtskarte 1:1.000.000 (BGR 1997) ab, in der keine flachgründigen oder mit Mineralboden vermischten Torfe enthalten waren (alte Flächenkulisse: 1,725 Mio ha). Durch die sehr viel genauere Lagezuordnung in der neuen Karte organischer Böden haben sich die Flächenanteile der Landnutzungskategorien gegenüber den Submissionen vor 2015 verschoben. Grünland im engen Sinne dominiert die Nutzung bei weitem (Tabelle 314). In dieser Submission wurde außerdem das Raster zur Bestimmung der Landnutzungskategorien auf organischen Böden stark verdichtet (siehe Kapitel 6.3), so dass erstmals eine hoch genaue Zeitreihe der Landnutzungen und Landnutzungsänderungen auf organischen Böden berichtet wird. Dadurch kam es gegenüber der Submission 2015 zu weiteren Verschiebungen innerhalb der drainierten Flächen und bezüglich der Landnutzungsänderungen.

Tabelle 314: Flächen organischer Böden nach Landnutzungskategorien und den Anteil der drainierten Flächen für das Jahr 2014 (3.D, 4.A- 4.E; 4.(II))

	Fläche organischer Böden [ha]	Drainierter Anteil [%]
Wald	144.904	76,82
Ackerland	379.324	100,00
Grünland i.e.S.	939.831	92,40
Gehölze	150.173	76,82 (wie Wald)
Terrestrische Feuchtgebiete	98.579	76,28
Gewässer	19.485	0
Torfabbau	19.857	100,00
Siedlungen	71.769	100,00
Sonstiges Land	0	0
$\Sigma$	<b>1.823.922</b>	

Tabelle 314 zeigt die Flächen organischer Böden nach Landnutzungskategorien und den Anteil der drainierten Flächen für das Jahr 2014. Der drainierte Anteil organischer Böden nach Landnutzungskategorien wurde abgeleitet aus der regionalen Verteilung der Wasserstände in organischen Böden Deutschlands (BECHTOLD et al. 2014), die u.a. auf der Karte organischer Böden und langjährigen Messreihen von Wasserpegeln in organischen Böden beruht. Der drainierte Anteil organischer Böden entspricht den Flächen, die einen Jahresmittelwasserstand tiefer als 0,1 m unter Flur haben.

Für CH<sub>4</sub> aus Gräben wurde aus dem ATKIS-Basis-DLM ein Grabenflächenanteil (Fracditch) von 1,3 % ermittelt, der für alle Landnutzungskategorien gilt.

#### 6.1.2.2 Emissionsfaktoren für Treibhausgase aus drainierten organischen Böden in allen Landnutzungskategorien (3.D, 4.A- 4.E; 4(II))

Die Emissionsfaktoren wurden entsprechend den Richtlinien im 2013 IPCC Wetlands Supplement (IPCC 2014) entwickelt. Für CO<sub>2</sub> aus dem Boden (CO<sub>2</sub>-C on-site), CH<sub>4</sub> aus dem Boden (CH<sub>4</sub>\_land) und N<sub>2</sub>O wurden Emissionsfaktoren aus nationalen jährlichen Messwerten entwickelt. Für CO<sub>2</sub> aus gelöstem organischen Kohlenstoff (CO<sub>2</sub>-C<sub>DOC</sub>) und CH<sub>4</sub> aus Gräben (CH<sub>4</sub>\_Ditch) wurden die Standardwerte aus dem 2013 IPCC Wetlands Supplement (IPCC 2014) übernommen.

##### CO<sub>2</sub> aus dem Boden (CO<sub>2</sub>-C<sub>on-site</sub>):

Die Datengrundlage sind repräsentativ erhobene, qualitätsgeprüfte, nationale jährliche Messwerte (208 Messjahre, 95 Standorte, 13 verschiedene Moorgebiete) mit einem Jahresmittelwasserstand von 0 cm oder tiefer unter Flur (kein Überstau). Dieser Datensatz hat eine landnutzungsübergreifende lineare Abhängigkeit mit dem Jahresmittelwasserstand. Die lineare Regression erlaubt somit, für jedes 25 x 25 m Pixel der Karte der regionalen Verteilung der Wasserstände in organischen Böden Deutschlands (BECHTOLD et al. 2014) die CO<sub>2</sub> aus dem Boden (CO<sub>2</sub>-C<sub>on-site</sub>) zu berechnen, das einen Jahresmittelwasserstand tiefer als 0,1 m unter Flur hat. Für die Unsicherheitsberechnung wurde die Unsicherheit der Wasserstandskarte berücksichtigt. Aus der Ergebniskarte wurden der Mittelwert und die 95%-Perzentile nach Unsicherheitsrechnung als Emissionsfaktor abgeleitet. Tabelle 315 fasst die nationalen Emissionsfaktoren zusammen. Dabei wird sowohl der national hergeleitete Teil des Emissionsfaktors für CO<sub>2</sub> gezeigt, als auch der endgültige aggregierte Emissionsfaktor, der im Inventar verwendet wurde.

Tabelle 315: Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub>-C<sub>organic\_drained</sub> aus drainierten organischen Böden in allen Landnutzungskategorien (4.A- 4.E; 4(II))

Landnutzung	NIR 2016	NIR 2016	IPCC Wetlands Supplement
	Boden-CO <sub>2</sub> -C <sub>onsite</sub> t CO <sub>2</sub> -C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CO <sub>2</sub> - C <sub>total_organic_drained</sub> t CO <sub>2</sub> -C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CO <sub>2</sub> -C <sub>total_organic_drained</sub> t CO <sub>2</sub> -C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Wald, Gehölze	IPCC	2,9 (2,3 - 3,6)	2,9 (2,3 - 3,6)
Ackerland	7,8 (4,1 - 4,9)	8,1 (4,4 - 9,5)	8,2 (6,8 - 9,7)
Grünland, Siedlung	7,1 (3,0 - 9,2)	7,4 (3,3 - 9,5)	6,4 (5,3 - 7,6)
Terrestrische Feuchtgebiete	6,2 (2,3 - 9,2)	6,5 (2,5 - 9,5)	/
Torfabbauflächen	1,2 (1,2 - 1,4)	1,6 (1,5 - 1,8)	3,1 (1,4 - 4,5)

**CH<sub>4</sub> aus dem Boden (CH<sub>4\_land</sub>):**

Die Datengrundlage sind repräsentativ erhobene, qualitätsgeprüfte, nationale jährliche Messwerte (197 Messjahre, 97 Standorte, 15 verschiedene Moorgebiete) mit einem Jahresmittelwasserstand von 0 cm oder tiefer unter Flur (kein Überstau). Der Emissionsfaktor wurde analog zu CO<sub>2</sub> aus dem Boden (CO<sub>2</sub>-C on-site) entwickelt. Methanemissionen steigen exponentiell mit steigendem Wasserstand, daher wurde eine Exponentialfunktion verwendet. Es wurden landnutzungsabhängige Exponentialfunktionen für Wald, Grünland und Feuchtgebiete erstellt. Ackerland und Torfabbauflächen waren zu trocken, um eine Abhängigkeit zu Wasserständen zu entwickeln. Daher wurden für diese beiden Landnutzungskategorien die Mittelwerte der Messwerte angenommen. Tabelle 316 fasst die nationalen Emissionsfaktoren zusammen. Dabei wird sowohl der national hergeleitete Teil des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> gezeigt, als auch der endgültige aggregierte Emissionsfaktor, der im Inventar verwendet wurde.

Tabelle 316: Emissionsfaktoren für CH<sub>4\_organic</sub> aus drainierten organischen Böden in allen Landnutzungskategorien (4.A- 4.E; 4(II))

Landnutzung	NIR 2016	NIR 2016	IPCC Wetlands Supplement
	CH <sub>4_land</sub> kg CH <sub>4</sub> ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CH <sub>4_organic</sub> (land+ditch) kg CH <sub>4</sub> ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CH <sub>4_land</sub> kg CH <sub>4</sub> ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Wald, Gehölze	3,7 (-2,1 - 70)	6 (0,3 - 72)	2,5 (-0,6 - 6)
Ackerland	11,4 (-2,7 - 73)	26 (8,8 - 88)	0 (-2,8 - 3)
Grünland, Siedlung	10,4 (3,6 - 69)	23 (12 - 81)	16 (2,4 - 29)
Terrestrische Feuchtgebiete	17 (1,5 - 150)	20 (4,1 - 151)	/
Torfabbauflächen	4,2 (-0,4 - 13)	11 (3,9 - 22)	6,1 (1,6 - 11)

**N<sub>2</sub>O:**

Die Datengrundlage sind repräsentativ erhobene, qualitätsgeprüfte, nationale Messwerte, die mindestens ein Jahr umfassen (94 Standorte, 20 verschiedene Moorgebiete) mit einem Jahresmittelwasserstand von 0,1 m oder tiefer unter Flur. Die nationale Datengrundlage ist Teil des europäischen Datensatzes aus LEPPELT et al. (2014). Da keine funktionalen Zusammenhänge identifiziert wurden, wurden die Mittelwerte der Messwerte je Landnutzungskategorie als Emissionsfaktor herangezogen. Tabelle 317 fasst die nationalen Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O zusammen.

Tabelle 317: Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O aus drainierten organischen Böden in allen Landnutzungskategorien (3.D, 4.A- 4.E; 4(II))

Landnutzung	NIR 2016	IPCC Wetlands Supplement
	kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Wald, Gehölze	1,8 (0,1 - 5,3)	2,8 (-0,6 - 6,1)
Ackerland	10,7 (1,6 - 41,4)	13 (8,2 - 18)
Grünland, Siedlung	2,7 (0 - 8,9)	8,2 (4,9 - 11)
Terrestrische Feuchtgebiete	0,4 (-0,1 - 1,6)	/
Torfabbauflächen	0,9 (0,3 - 1,4)	0,3 (0 - 0,6)

### 6.1.2.2.3 Implizierte Emissionsfaktoren (IEF) für Treibhausgase aus organischen Böden (4.A- 4.E; 4(II))

Im Rahmen der Inventarerstellung werden zur Berechnung der Emissionen aus organischen Böden, für jedes Treibhausgas und jede Landnutzungskategorie spezifische, implizierte Emissionsfaktoren verwendet. Die im 6.1.2.2.2 dargestellten Emissionsfaktoren gelten für drainierte organische Böden. Bei der Ermittlung der Emissionen aus einer Landnutzungskategorie, müssen die nicht drainierten, nassen Flächen jedoch ebenfalls berücksichtigt werden; beim IEF für Torfabbauflächen auch die Emissionen aus produziertem, ausgebrachten Torf. Dadurch ergeben sich die in Tabelle 318 dargestellten impliziten Emissionsfaktoren zur Berechnung der Treibhausgasemissionen aus organischen Böden, die zum Teil deutlich von den in Kapitel 6.1.2.2.2 abweichen. Aufgrund der Änderung der Methodik zum Nachweis von Landnutzung und Landnutzungsänderung auf organischen Böden mit dieser Submission (siehe. Kapitel 6.3), haben sich diese impliziten Emissionsfaktoren für alle Landnutzungskategorien mit nicht vollständig gedrainteten Flächen organischer Böden gegenüber den Vorjahren verändert. Die prozentualen Veränderungen sind ebenfalls in Tabelle 318 dargestellt.

Tabelle 318: Implizite Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub>-C, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O-N aus organischen Böden (4.A- 4.E; 4(II)) Deutschlands 2014 sowie deren prozentuale Veränderung gegenüber den Vorjahreswerten

Landnutzung	CO <sub>2</sub> -C	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O-N	Veränderungen gegenüber Submission 2015 [%]		
	t CO <sub>2</sub> -C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg CH <sub>4</sub> ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub> -C	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O-N
Wald	-2,23	4,61	1,38	-14,65	-14,65	-14,65
Ackerland	-8,10	26,00	10,7	0	0	0
Grünland	-6,84	21,25	2,49	-0,23	-0,23	-0,23
Gehölze	-2,23	4,61	1,38	-14,65	-14,65	-14,65
Terrestrische Feuchtgebiete	-4,96	15,26	0,31	109,10	109,10	109,10
Torfabbauflächen	-28,43	11,19	0,85	-4,14	0	0
Siedlung	-7,40	23,00	2,70	0	0	0

### 6.1.2.3 Biomasse (4.B bis 4.F)

Im Rahmen der deutschen Inventarerstellung werden für die Landnutzungskategorien 4.B – 4.F des LULUCF-Sektors nur die Einbindung bzw. die Emissionen an Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) berücksichtigt, die durch Landnutzungsänderung zwischen den acht berichteten Landnutzungskategorien hervorgerufen werden. Die Einbindung bzw. die Emission von CO<sub>2</sub> wird dabei über die Kohlenstoffvorratsänderungen, getrennt nach ober- und unterirdischer Biomasse anhand nationaler Daten ermittelt. Die Kohlenstoffvorratsänderungen finden vollständig im Jahr der Landnutzungsänderung statt (siehe auch Kapitel 6.1.2). Für die

Verbleibkategorien von Ackerland, Grünland, Gehölze, Feuchtgebiete und Siedlungen werden keine Kohlenstoffvorratsänderungen ausgewiesen, da in diesen Kategorien ein Gleichgewichtszustand für die Kohlenstoffflüsse des Biomasse-Pool unterstellt wird. Begründungen finden sich in Kapitel 6.5.2 und 6.6.2.

Die Abschätzung der Kohlenstoffvorratsänderungen in der Biomasse erfolgt durch Subtraktion des Biomassekohlenstoffvorrats vor Nutzungsänderung vom Vorrat nach der Nutzungsänderung, bezogen auf die von der Änderung betroffene Fläche (n. Gleichung 2.16, 2006 IPCC Guidelines):

$$\Delta C_{Bio} = \sum_{n=1}^7 (A_n * EF_{final} - A_n * EF_{initial})$$

$\Delta C_{Bio}$ :	Veränderung des Kohlenstoffvorrates in der Biomasse einer Landnutzungskategorie [Mg]
$A_n$ :	Fläche der Landnutzungsänderung [ha]
$EF_{final}$ :	Pflanzenspezifischer Biomassekohlenstoffvorrat [Mg ha <sup>-1</sup> ]
$EF_{initial}$ :	Pflanzenspezifischer Biomassekohlenstoffvorrat [Mg ha <sup>-1</sup> ]
n:	Übergangskategorien

Die Berechnung der Biomassevorräte erfolgte gemäß der Gain-Loss Methode (2006 IPCC Guidelines). Die Ermittlung der Aktivitätsdaten ist in Kapitel 6.3 und die Herleitung der landesspezifischen Emissionsfaktoren und deren Unsicherheiten in Kapitel 19.4.3 und in den Kapiteln der einzelnen Landnutzungskategorien beschrieben. Die Biomasseberichterstattung folgt einem Tier 2-Ansatz.

Die Kohlenstoffvorräte der annualen Biomasse werden für Acker- und Grünlandpflanzen basierend auf der Erntestatistik jährlich variabel berechnet, wobei die gleichen Datenquellen und Algorithmen wie für die Berechnung der Ernterückstände in CRF-Sektor 3.D verwendet werden. Durch oben beschriebene Bildung der Differenz ergeben sich die Emissionsfaktoren in Tabelle 319. Diese weichen für Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete und Siedlungen von denen des Vorjahres ab, da die Werte für die Verhältnisse „Ernteprodukt zu oberirdischer Biomasse“ und „oberirdischer zu unterirdischer Biomasse“ für Silomais, annuelle Grünland- und Futterbaupflanzen denen des landwirtschaftlichen Inventars vollständig angepasst wurden (s. Kapitel 6.5.2.1.2 und Kapitel 6.6.2.2.1).

Tabelle 319: Emissionsfaktoren [t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>] zur Ermittlung der Kohlenstoffvorratsunterschiede im Jahr der Umwandlung in der ober- und unterirdischen Biomasse nach Landnutzungsänderung für das Jahr 2014

Mittlerer Kohlenstoffvorrat in der ober- und unterirdischen Biomasse								
	Wald <sup>86</sup>	Acker	Grünland i.e.S.	Gehölze	Terrestr. Feucht- gebiete	Gewässer	Siedlungen	Sonstiges Land
[t C ha <sup>-1</sup> ]	54,66	7,29	6,86	43,16	18,96	0	12,51	0

<sup>86</sup> Kohlenstoffvorrat Entwaldungsflächen

Initial\Final	Emissionsfaktoren 2013 Biomasse [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]							
	Wald <sup>87</sup>	Acker <sup>88</sup>	Grünland i.e.S. <sup>89</sup>	Gehölze <sup>90</sup>	Terrestr. Feuchtgebiete <sup>91</sup>	Gewässer	Siedlungen <sup>92</sup>	Sonstiges Land <sup>93</sup>
Wald		-47,37	-47,80	-11,50	-35,70	-54,66	-42,15	NO
Acker	-3,65		-0,43	35,87	11,67	-7,29	5,22	NO
Grünland i.e.S.	-3,22	0,43		36,30	12,10	-6,86	5,65	NO
Gehölze	-39,52	-35,87	-36,30		-24,20	-43,16	-30,66	NO
Terrestr. Feuchtgebiete	-15,32	-11,67	-12,10	24,20		18,96	-6,46	NO
Gewässer	3,64	7,29	6,86	43,16	18,96		12,51	NO
Siedlungen	-8,86	-5,22	-5,65	30,66	6,46	-12,51		NO
Sonstiges Land	3,64	7,29	6,86	43,16	18,96	0	12,51	

Anm.: die Kohlenstoffvorräte für Wald und Acker sind zeitlich variabel (Werte kursiv), die der anderen Landnutzungskategorien konstant

Für die Berechnung der Umwandlung von Wald in andere Nutzungen (Entwaldung) wurde nun mehr der für Deutschland ermittelte Durchschnittswert für Entwaldungsflächen der Bundeswaldinventuren 2002 und 2012 für die jeweiligen Berichtsjahre zugrunde gelegt. Methodik und Herleitung der Werte siehe Kapitel 6.4.2.2. Im Rahmen der BWI 2012 wurden auch neue Werte für Totholz bestimmt.

Tabelle 320: Zeitreihe der mittleren Kohlenstoffvorräte in der Phytomasse von Entwaldungsflächen [t C ha<sup>-1</sup>]

Jahr	Phytomasse – Kohlenstoff [t C ha <sup>-1</sup> ] (EF 1)					
	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>	Streu	Totholz	Σ Entwaldung
1990	28,93	24,53	4,39	19,00	1,88	49,81
1995	28,93	24,53	4,39	18,94	1,88	49,75
2000	28,93	24,53	4,39	18,88	1,88	49,69
2005	54,66	46,48	8,18	18,81	1,82	75,29
2006	54,66	46,48	8,18	18,80	1,82	75,28
2007	54,66	46,48	8,18	18,79	1,82	75,26
2008	54,66	46,48	8,18	18,78	1,99	75,42
2009	54,66	46,48	8,18	18,76	1,99	75,41
2010	54,66	46,48	8,18	18,75	1,99	75,39
2011	54,66	46,48	8,18	18,74	1,99	75,38
2012	54,66	46,48	8,18	18,73	1,99	75,37
2013	54,66	46,48	8,18	18,71	1,99	75,36
2014	54,66	46,48	8,18	18,70	1,99	75,34

Die Unsicherheit für die Baumbiomasse beträgt 24,95 % (Hälfte des 95 %-Konfidenzintervalls). Es liegt eine Normalverteilung zugrunde. Dies gilt auch für die Werte der toten organischen Substanz; beim Totholz beträgt die Hälfte des 95 %-Konfidenzintervalls 56,76 %, bei der Streu 3,15 %. Die Unsicherheiten der in Tabelle 319 aufgeführten Emissionsfaktoren sind in den entsprechenden Kapiteln der Landnutzungskategorien aufgeführt (Kapitel 6.4.3, Kapitel 6.5.3, Kapitel 6.6.3, Kapitel 6.7.3, Kapitel 6.8.3 und Kapitel 19.4.3).

<sup>87</sup> Kohlenstoffvorratsänderung jährlich über 20 Jahre

<sup>88</sup> Kohlenstoffvorratsänderung einmalig

<sup>89</sup> Kohlenstoffvorratsänderung einmalig

<sup>90</sup> Kohlenstoffvorratsänderung einmalig

<sup>91</sup> Kohlenstoffvorratsänderung einmalig

<sup>92</sup> Kohlenstoffvorratsänderung einmalig

<sup>93</sup> Kohlenstoffvorratsänderung einmalig

On-site burning von Biomasse ist in Deutschland per Gesetz verboten (§ 3 DirektZahlVerpflV; BGBl 2004) und wird daher nicht berichtet. In den CRF-Tabellen wird NO (not occurring) eingetragen.

Emissionen aus toter organischer Substanz werden nur für Landnutzungsänderungen von Wald zu einer der Kategorien 4.B - 4.E berichtet. In den Landnutzungsänderungskategorien 4.B - 4.E werden die Emissionen aus der toten organischen Substanz mit den Emissionen aus der lebenden Biomasse erfasst, da bei der Abschätzung der Emissionen aus der lebenden Biomasse jeweils die der gesamten Pflanze zugrunde gelegt wird. Daher werden die Emissionen aus toter organischer Substanz in dieser Übergangskategorie in den CRF-Tabellen mit dem Vermerk IE (included elsewhere) versehen, um wiederholtes Zählen zu vermeiden. In der Kategorie 4.F wird der Vermerk NO (not occurring) verwendet, da es sich bei Flächen in dieser Kategorie per definitionem um vegetationslose Flächen handelt.

### **6.1.3 Qualitätssicherung und -kontrolle**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle (für 4(I) bis 4 (V), Wetlands & Other Land) bzw. eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle (für alle anderen Bereiche) und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Bei der QS kamen detaillierte Checklisten und Einzelchecks zur Überprüfung und Dokumentation der Ergebnisse entsprechend dem Qualitätsmanagement des Thünen Instituts (THÜNEN-INSTITUT 2012) zum Einsatz. Die Thünen-Checklisten sowie andere für die QK wichtige Dokumente werden von der Nationalen Koordinierungsstelle archiviert und sind somit auch zur externen Überprüfung verfügbar.

#### **6.1.3.1 Qualitätsmanagement Emissionsinventare des Thünen-Instituts**

Das Qualitätsmanagement der Emissionsinventarerstellung am Thünen-Institut wurde konform zu den IPCC-Richtlinien und dem QSE (Kapitel 1.6.1) entwickelt. Rahmenbedingungen und Durchführung des Qualitätsmanagements sind im Konzept (BMELV, 2012) und in der Ausführungsbestimmung des Konzepts (THÜNEN-INSTITUT, 2012) ausführlich beschrieben. Alle Dokumente und Daten werden in der Inventarbeschreibung abgelegt, die von der Nationalen Koordinierungsstelle archiviert wird. Die Vorgaben und Abläufe der Ausführungsbestimmung wurden vollständig eingehalten. Im Folgenden werden die besonderen zusätzlichen Qualitätskontrollen für diese Submission beschrieben.

#### **6.1.3.2 Eingangsdaten, Berechnungsverfahren und Emissionsergebnisse**

Im ersten Schritt wurde die Landnutzungsmatrix qualitätskontrolliert und zur Emissionsberechnung freigegeben. Die Prüfungen umfassten die Entscheidungsbäume und die Ergebnisse der jährlichen Landnutzungsmatrix und der 20-jährigen Übergangszeit. Im Folgenden sind wichtige Testkriterien für die Landnutzungsmatrix gelistet, die in der Prüfung zum Einsatz kamen. Diese gehen über die Anforderungen der Ausführungsbestimmung hinaus. Sie gelten für die gesamte Landnutzungsmatrix und die beiden Teilmatrizen für Mineral- und organische Böden:

- Die nationale Fläche ist konstant.
- Die nationale Fläche ist die gleiche wie im Vorjahr.

- Die Flächen der Landnutzungskategorien sind gleich oder kaum unterschiedlich zum Vorjahr bzw. Unterschiede sind erklärbar.
- Die Flächen und Flächentrends sind konsistent mit statistischen Daten bzw. Unterschiede sind erklärbar.
- Die Summen der Gesamtflächen, bestehend aus verbleibenden Flächen und Landnutzungsänderungen, sind korrekt.
- Sonstige Flächen sind konstant oder nehmen ab; es findet keine Landnutzungsänderung zu sonstigen Flächen statt.
- Torfabbauflächen wurden getrennt ausgewiesen.
- Die Wald- und ARD-Flächen zwischen LULUCF und KP-LULUCF sind konsistent.

Die Emissionsberechnungen wurden mit der qualitätsgeprüften Landnutzungsmatrix durchgeführt. Aus den Flächendaten und Emissionsfaktoren bzw. implizierten Emissionsfaktoren (IEF) werden in Tabellen schrittweise die Emissionsberechnungen für jährliche Landnutzungsänderungen und die Übergangszeit durchgeführt. Die Tabellen wurden geprüft hinsichtlich:

1. Korrektheit der Berechnungen,
2. Konsistenz in der Zeitreihe,
3. Konsistenz mit den Berechnungen des Vorjahres.

Außerdem kamen folgende Testkriterien zum Einsatz.

Emissionsfaktoren:

- Die Berechnungen der Emissionsfaktoren bzw. implizierten Emissionsfaktoren (IEF) sind korrekt.
- Die Zeitreihe der Emissionsfaktoren ist konsistent; Änderungen von Jahr zu Jahr sind erklärbar.
- Die Emissionsfaktoren sind gleich denen des Vorjahres außer bei Änderungen in Daten und Methoden: neue Emissionsfaktoren sind plausibel. Unterschiede zu denen des Vorjahres sind erklärbar und vollständig dokumentiert.
- Unsicherheiten sind korrekt angegeben und konsistent mit denen des Vorjahres.
- Die Daten sind konsistent zwischen Konventions- (LULUCF) und Kyoto- (KP-LULUCF) Berichterstattung.

Berechnungen:

- Die Basisberechnungen, die Berechnungen für die jährlichen Landnutzungsänderungen und die Übergangszeit sind korrekt.
- Die Übersichtstabellen, die die Grundlage für die CRF-Tabellen und den Text bilden, sind korrekt.
- Die Emissionsergebnisse sind konsistent mit denen des Vorjahres bzw. Unterschiede aufgrund neuer Daten und Methoden erklärbar.
- Die Berechnungen sind konsistent zwischen Konventions- (LULUCF) und Kyoto- (KP-LULUCF) Berichterstattung.

Ergebnisse der Qualitätskontrollen:

1. Alle Berechnungen waren korrekt.

2. Die Zeitreihen sind konsistent. Größere Änderungen von Jahr zu Jahr sind ausschließlich bedingt durch die Periodizität der Daten und lineare Interpolationen dazwischen.
3. Es wurden keine unerklärbaren Ausreißer der relativen Differenzen der Emissionen zum Vorjahr gefunden. Alle Änderungen gegenüber dem Vorjahr waren korrekt dokumentiert und im Nationalen Inventarbericht enthalten.
4. Bei den annualen Biomassen in Acker (4.B.2) und Grünland i.e.S. (4.C.2) waren einige wenige Aktualisierungen im Landwirtschaftssektor (3.D) in der Submission 2015 nicht überall umgesetzt worden. Dies wurde nach der QK in dieser Submission korrigiert.

Nach Eingabe der Aktivitätsdaten und implizierten Emissionsfaktoren (IEF) in die ZSE-Datenbank (Zentrales System Emissionen) wurde zur Kontrolle ein Abgleich der im ZSE berechneten Emissionen mit den außerhalb der Datenbankumgebung errechneten Emissionsergebnissen durchgeführt. Die Schritte der Qualitätskontrolle und ihre Ergebnisse sind in der Inventarbeschreibung vollständig dokumentiert, die ebenfalls von der Nationalen Koordinierungsstelle archiviert wird.

#### **6.1.3.3 Verifizierung**

Die Ergebnisse bzw. IEF, differenziert nach Kohlenstoffkategorien und Landnutzungskategorien, wurden mit denen der Nachbarstaaten verglichen. Details dazu finden sich in den jeweiligen Unterkapiteln.

#### **6.1.3.4 Reviews und Reports**

Im September 2010 erfolgte ein In-Country-Review durch ein Expertengremium des Klimasekretariats. Dessen wesentlichste Aussage bezog sich auf eine nicht genügende Umsetzung der IPCC Guidelines in die Berechnungsmethodiken der Landnutzungsmatrix und der Kohlenstoffvorratsänderungen bei Mineralböden. Deutschland hat die Methoden schrittweise geändert und in der Submission 2012 erstmals vollständig umgesetzt und für alle Landnutzungskategorien 20-jährige Übergangszeiten nach Landnutzungsänderungen eingeführt. Des Weiteren wurden die Datengrundlagen, Methoden und nationalen Hintergründe für die nationalen Emissionsfaktoren wesentlich detaillierter und strukturierter beschrieben, um die Transparenz des Inventars zu erhöhen. Alle Daten und Dokumente sind zentral im THG-Wiki des Thünen Instituts und der Nationalen Koordinierungsstelle archiviert. Entsprechend den Empfehlungen aus den Centralized Reviews zu den Submissionen 2011 bis 2014 wurden berücksichtigt, beispielsweise wurden für die Landnutzungskategorien Grünland und Feuchtgebiete weitere Unterkategorien einbezogen, dargestellt und ausgewertet. Die Erklärungen zu den von Reviewern missverstandenen Berechnungen der Pools Biomasse und Streu im Wald wurden ergänzt.

#### **6.1.4 Geplante Verbesserungsmaßnahmen**

Von den im letzten NIR aufgeführten geplanten Verbesserungsmaßnahmen wurden mit dieser Submission umgesetzt:

- Vollständige Integration der Karte der organischen Böden in das Stichprobenverfahren des Rasterpunktansatzes zur Ermittlung der Flächennutzungsänderung mit der Landnutzungsmatrix.

Zur Verbesserung des Inventars sind weiterhin folgende Maßnahmen geplant:

- Ableitung landesspezifischer Emissionsfaktoren bzw. Entwicklung von Modellen zur Erfassung des jährlich wechselnden Holzeinschlags und des Zuwachses (frühestens 2017).
- Ermittlung neuer, landesspezifischer Emissionsfaktoren für Mineralböden mittels einer Großinventur (Bodenzustandserhebung Landwirtschaft), vollständig frühestens zum NIR 2020.
- Ableitung landesspezifischer Emissionsfaktoren bzw. Entwicklung von Modellen zur Erfassung des Bewirtschaftungseinflusses auf Acker- und Grünlandflächen anhand der Daten der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft, der Bodendauerbeobachtung sowie mathematischer Modelle (frühestens 2020).

Der Zeitplan zur Umsetzung dieser Maßnahmen ist abhängig vom Abschluss und der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse der zu diesem Zwecke durchgeführten Forschungsprojekte sowie der Qualitätsprüfung für die Berichterstattung. Neue Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren werden entsprechend der „Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen 4 (THÜNEN INSTITUT, 2012) erst nach festgelegten Prüfkriterien qualitätskontrolliert und für die Berichterstattung freigegeben.

## 6.2 Definitionen von Landnutzung, Klassifizierungssysteme und ihre Widerspiegelung in den LULUCF-Kategorien

Mit der Einführung des Stichproben-Punktrastersystems mussten die unterschiedlichen Definitionen für Landnutzung der zugrunde liegenden Datenquellen (Basis-DLM des ATKIS<sup>®</sup>, CORINE Land Cover, vgl. Kapitel 6.3.2 und CIR-Daten) den LULUCF-Berichtskategorien zugeordnet werden.

Seit 2013 gibt es das neue AAA-Modell des Basis-DLM für ganz Deutschland. Die oben aufgeführten IPCC-Kategorien werden den Objektarten aus dem Basis-DLM (AAA-Ebenen) des ATKIS<sup>®</sup> direkt zugeordnet. Datensätze von 2009 bis 2012 sind Mischversionen (AAA-Ebenen und altes Modell); vor 2009 gab es nur das alte Modell (im Weiteren mit „Ebenen“ bezeichnet) (Tabelle 321).

Bei der Erstellung der Landnutzungsmatrix erfolgt die Zuordnung der Rasterpunkte rechnergestützt und vollautomatisch mittels dafür erstellter Programme. Die Zuordnungsschlüssel dieser Klassifizierungssysteme sind zu diesem Zweck digital hinterlegt, so dass stets eine eindeutige Zuordnung eines Rasterpunktes zu einer Objektartenschlüsselnummer und somit zu einer Landnutzung und IPCC-Kategorie führt, unabhängig von der Datenquelle. Die Skripte für diese Programme werden in der Inventarbeschreibung vorgehalten.

Tabelle 321: Zuordnung von Hauptobjektartenschlüsselnummern und Attributen des ATKIS<sup>®</sup> zu den IPCC-Landnutzungskategorien

Objektnummer AAA-Ebenen	Attribut AAA- Ebenen	ATKIS <sup>®</sup> Objektartenkatalog		Beschreibung/Attribute n. ATKIS <sup>®</sup> Objektartenkatalog	CORINE Land Cover
		Objektnummer Ebenen	Objekttyp		Nomenklatur- Code
<b>IPCC-Kategorie: Wald</b>					
43002	VEG Alle4107	Wald		Laub-, Nadel- und Mischwald	311; 312; 313; 324

ATKIS® Objektartenkatalog					CORINE Land Cover
Objektnummer AAA-Ebenen	Attribut AAA- Ebenen	Objektnummer Ebenen	Objekttyp	Beschreibung/Attribute n. ATKIS® Objektartenkatalog	Nomenklatur- Code
<b>IPCC-Kategorie: Ackerland</b>					
43001	VEG 1010	4101	Landwirtschaft: Ackerland	Fläche für den Anbau von Feldfrüchten (z.B. Getreide, Hülsenfrüchte, Hackfrüchte) und Beerenfrüchten (z.B. Erdbeeren). Zum Ackerland gehören auch die Rotationsbrachen, Dauerbrachen sowie Flächen, die zur Erlangung der Ausgleichszahlungen der EU stillgelegt worden sind.	211; 212
43001	VEG 1011		Landwirtschaft: Streuobstacker	Streuobstacker beschreibt den Bewuchs einer Ackerfläche mit Obstbäumen.	211; 212
43001	VEG 1012	4109	Landwirtschaft: Hopfen	Hopfen	211; 212
43001	VEG 1021		Landwirtschaft: Streuobstwiese	Streuobstwiese beschreibt den Bewuchs einer Grünlandfläche mit Obstbäumen.	211; 212
43001	VEG 1030	4103	Landwirtschaft: Gartenland	Gartenland ist eine Fläche für den Anbau von Gemüse, Obst und Blumen sowie für die Aufzucht von Kulturpflanzen.	211; 212
43001	VEG 1031	4109	Landwirtschaft: Baumschule	Baumschule	211; 212
43001	VEG 1040	4109	Landwirtschaft: Weingarten	Weingarten	211; 212
43001	VEG 1050	4109	Landwirtschaft: Obstplantage	Obstplantage	211; 212
<b>IPCC-Kategorie: Grünland</b>					
43001	VEG 1020	4102	Landwirtschaft: Grünland	Grünland ist eine Grasfläche, die gemäht oder beweidet wird.	231; 321
43004		4104	Heide	Heide ist eine meist sandige Fläche mit typische Sträuchern, Gräsern und geringwertigem Baumbestand.	322; 421
43006		4106	Sumpf	Grünland i.e.S. Sumpf ist ein wassergesättigtes, zeitweise unter Wasser stehendes Gelände. Nach Regenfällen kurzzeitig nasse Stellen werden nicht als Sumpf erfasst.	411
43007	FKT 1300		Unland und Vegetationslose Fläche: Naturnahe Fläche	Naturnahe Fläche ist eine nicht zum Anbau von Kulturpflanzen genutzte Fläche, die mit Gras, Wildkräutern und anderen Pflanzen bewachsen ist.	keine Zuordnung
43003		4108	Gehölz	Fläche, die mit einzelnen Bäumen, Baumgruppen, Büschen, Hecken und Sträuchern bestockt ist.	243
43007	FKT 1200		Unland und Vegetationslose Fläche: Sukzessionsfläche	Sukzessionsfläche ist eine Fläche, die dauerhaft aus der landwirtschaftlichen oder sonstigen bisherigen Nutzung herausgenommen ist und die in den Urzustand z. B. Gehölz, Moor, Heide übergeht.	keine Zuordnung
<b>IPCC-Kategorie: Feuchtgebiete</b>					
43005		4105	Moor	terrestrische Feuchtgebiete Unkultivierte Fläche, deren obere Schicht aus vertorften oder zersetzten Pflanzenresten besteht	412
41005	AGT 4010	2301	Tagebau: Torfabbau		keine Zuordnung
43001 bis 44007		5101 - 5203, 3402	Gewässer	z.B. Stauseen, Flüsse ab 12 m Breite, Kanäle, Speicherbecken, veränderliche Ufer. 3402 sind Hafenecken und somit Gewässer und nicht Siedlung (In AAA 44005).	511; 512; 423; 521; 522; 523

ATKIS® Objektartenkatalog					CORINE Land Cover
Objektnummer AAA-Ebenen	Attribut AAA- Ebenen	Objektnummer Ebenen	Objekttyp	Beschreibung/Attribute n. ATKIS® Objektartenkatalog	Nomenklatur- Code
<b>IPCC-Kategorie: Siedlungen</b>					
41001 bis 41010		2101-2352	Siedlung	Siedlung beinhaltet die bebauten und nicht bebauten Flächen, die durch Ansiedlung von Menschen geprägt werden oder zur Ansiedlung beitragen.	111; 112; 121; 131; 132; 133; 142; 141; 142
42001 bis 42016		3101-3543	Verkehr	Verkehr enthält die bebauten und nicht bebauten Flächen, die dem Verkehr dienen.	122; 123; 124
42007	FKT 1100		Unland und Vegetationslose Fläche: Gewässerbegleitfläche	Gewässerbegleitfläche bezeichnet eine bebaute oder nicht bebaute Fläche, die einem Fließgewässer zugeordnet wird.	122; 123; 124
<b>IPCC-Kategorie: Sonstiges Land</b>					
42007	FKT 1000	4120	Unland und Vegetationslose Fläche: Vegetationslose Fläche	Fläche ohne nennenswerten Bewuchs aufgrund besonderer Bodenbeschaffenheit wie z.B. nicht aus dem Geländere relief herausragende Felspartien, Sand- oder Eisflächen.	331; 332; 333; 334; 335
43008		4199	Fläche z.Z. unbestimmbar	Fläche, deren Merkmale hinsichtlich der Zuordnung zu den Objektarten gegenwärtig nicht bestimmt werden können.	keine Zuordnung

### 6.2.1 Wälder

Die dem deutschen Inventar zugrunde liegende Definition von Wald entspricht der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 4, Chapter 2.2). Die Zuordnung nationaler Landnutzungssysteme zu dieser Kategorie erfolgt nach Tabelle 321.

Grundlage der Berichterstattung ist die Walddefinition der Bundeswaldinventur (BMVEL, 2001):

Wald im Sinne der BWI ist, unabhängig von den Angaben im Kataster oder ähnlichen Verzeichnissen, jede mit Forstpflanzen bestockte Grundfläche. Als Wald gelten auch kahl geschlagene oder verlichtete Grundflächen, Waldwege, Waldeinteilungs- und Sicherungstreifen, Waldblößen und Lichtungen, Waldwiesen, Wildäsungsplätze, Holzlagerplätze, im Wald gelegene Leitungsschneisen, weitere mit dem Wald verbundene und ihm dienende Flächen einschließlich Flächen mit Erholungseinrichtungen, zugewachsene Heiden und Moore, zugewachsene ehemalige Weiden, Almflächen und Hutungen sowie Latschen- und Grünerlenflächen. Heiden, Moore, Weiden, Almflächen und Hutungen gelten als zugewachsen, wenn die natürlich aufgekommene Bestockung ein durchschnittliches Alter von fünf Jahren erreicht hat und wenn mindestens 50 % der Fläche bestockt sind. In der Flur oder im bebauten Gebiet gelegene bestockte Flächen unter 1.000 m<sup>2</sup>, Gehölzstreifen unter 10 m Breite und Weihnachtsbaum- und Schmuckreisigkulturen sowie zum Wohnbereich gehörende Parkanlagen sind kein Wald im Sinne der BWI. Wasserläufe bis 5 m Breite unterbrechen nicht den Zusammenhang einer Waldfläche.

Abweichend zur Walddefinition der BWI wurden Flächen, die dort als Wald zählen, aber als Waldkategorie Nichtholzboden erfasst wurden und somit unbestockt sind, bei der Kohlenstoffvorrats- und -änderungsberechnung nicht berücksichtigt. Kurzumtriebsplantagen werden bei der BWI separat erfasst, sind aber kein Wald in Sinne der Waldinventur, des Waldgesetzes und des Inventars und werden deshalb unter Ackerland berichtet.

Nach den IPCC 2006 Guidelines bleibt Neuwald 20 Jahre lang in der Neuwaldkategorie und geht erst dann in die Verbleibkategorie über. Für die Aufforstungsfläche werden Daten ab 1970 berücksichtigt.

### 6.2.2 Ackerland

Die dem deutschen Inventar zugrunde liegende Definition von Ackerland entspricht der der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 4, Chapter 3.2). Die Zuordnung nationaler Landnutzungssysteme zu dieser Kategorie erfolgt nach Tabelle 321.

Für die Berechnung der Emissionen werden diese Landnutzungssysteme poolspezifisch stratifiziert:

- Berechnung der Biomassevorräte: Jährlich variable Stratifizierung nach 65 annualen Kulturarten (Kapitel 6.5.2.1.2) und Dauerkulturen. Dauerkulturen werden unterschieden nach diversen Obstbaumkategorien (Kapitel 19.4.3.1.1), Weihnachtsbäumen (Kapitel 19.4.3.1.2), Wein (Kapitel 19.4.3.1.3), Kurzumtriebsplantagen (Kapitel 19.4.3.1.4) und Baumschulen (Kapitel 19.4.3.1.5). Der Anteil der Dauerkulturen an der Gesamtfläche des Ackerlands betrug 2014 1,33 %.
- Berechnung der Emissionen aus Böden: Zeitlich konstante Stratifizierung nach organischen Böden und Mineralböden. Die Mineralböden werden weiterhin nach Nutzung, Bodentyp bzw. Bodenausgangsgesteinsgruppen und Klimaregion stratifiziert (vergl. Kapitel 19.4.2.2).
- Zuzüglich zur Fläche der organischen Böden unter Ackerland wird die Fläche der offenen Entwässerungsgräben ermittelt.
- Berechnung der Emissionen aus Landnutzungsänderungen: Jährlich aktualisierte Stratifizierung nach Acker unter verbleibender Nutzung und Land, das in Acker umgewandelt wurde. Die Daten werden jährlich aus der Landnutzungsinformation übernommen (Kapitel 6.3 und Kapitel 6.4).

### 6.2.3 Grünland

Grünland im deutschen Inventar entspricht der Definition der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 4, Chapter 3.2). Die Zuordnung nationaler Landnutzungssysteme zu dieser Kategorie erfolgt nach Tabelle 321.

Grünland wird in zwei Unterkategorien unterteilt, zum einen in mit Gräsern und Kräutern bewachsene Flächen (Grünland im engeren Sinn / Grassland in a strict sense) und mit Gehölzen bestockte Flächen (Gehölze / Woody Grassland), die nicht der Walddefinition unterliegen. Des Weiteren zählt die Objektart 4106 „Sumpf, Ried“ aus dem Basis-DLM (Kapitel 6.3.2.1) dazu, bei der es sich um nicht gedrainte organische Böden im Grünland handelt, im Folgenden auch als Nassgrünland bezeichnet. Der Anteil von Grünland i.e.S. an der Fläche des gesamten Grünlands betrug 2014 88,78 %, der Anteil der Gehölzflächen 11,22 %.

Die Unterkategorien umfassen folgende Flächennutzung und Pflanzenbestände:

- Wiesen, Weiden, Almen, Hutungen, Heideflächen, naturbelassenes Grünland, Erholungsflächen sowie Sumpf/Ried wurden unter „Grünland im engeren Sinne (Grünland i. e. S.)“ zusammengefasst.
- Hecken, Feldgehölze sowie Strauchbestände bilden die Unterkategorie „Gehölze“.

Übergänge zwischen diesen beiden Unterkategorien werden wie Landnutzungsänderungen gehandhabt.

Für die Berechnung der Emissionen werden die beiden Unterkategorien von Grünland poolspezifisch stratifiziert. Dafür werden flächengewichtete mittlere Kohlenstoffvorräte ermittelt, die im Inventar verwendet werden:

- Berechnung der Biomassevorräte: Stratifizierung innerhalb der Unterkategorien nach Kulturarten. Für Grünland i.e.S. sind dies ober- und unterirdische Biomasse von Gräsern bzw. krautigen Pflanzen (Kapitel 6.6.2.2.1); für Gehölze wurde ein mittlerer Kohlenstoffvorrat für Heckenpflanzen und Feldgehölze ermittelt, stratifiziert nach Artzusammensetzung, Alter, Wuchsdichte und -höhe (Kap. 6.6.2.2.2), der ein langfristiges Gleichgewicht repräsentiert.
- Berechnung der Emissionen aus Böden: Zeitlich konstante Stratifizierung nach organischen Böden und Mineralböden.
  - Die organischen Böden werden in nasse Flächen (Grundwasserflurabstand < 0,1 m) und drainierte Flächen (Grundwasserflurabstand > 0,1 m) unterteilt (vergl. Kapitel 6.1.2.2). Außerdem wurde die Fläche der Entwässerungsgräben abgeschätzt.
  - Die Mineralböden werden nach Nutzung, Bodentyp bzw. Bodenausgangsgesteinsgruppen und Klimaregion stratifiziert (vergl. Kapitel 19.4.2.2).
- Berechnung der Emissionen aus Landnutzungsänderungen: jährlich aktualisierte Stratifizierung nach Grünland i.e.S. und Gehölze unter verbleibender Nutzung und Land, das in Grünland umgewandelt wurde. Die Daten werden jährlich aus der Landnutzungsinformation übernommen (Kapitel 6.2 und Kapitel 6.3).

#### **6.2.4 Feuchtgebiete**

Nach den 2006 IPCC Guidelines müssen in der Landnutzungskategorie Feuchtgebiete alle Landflächen subsummiert werden, deren Böden zeitweise oder das ganze Jahr wassergesättigt oder mit Wasser bedeckt sind und die nicht unter die Landnutzungskategorien 4.A, 4.B, 4.C und 4.E fallen. Diese Flächen werden im deutschen Inventar in den Unterkategorien „terrestrische Feuchtgebiete“ (IPCC: Other Wetlands) und „Gewässer“ (IPCC: Flooded Land) zusammengefasst. Des Weiteren werden unter der Landnutzungskategorie Wetlands alle Flächen, die im Zusammenhang mit Torfabbau stehen in einer weiteren Unterkategorie zusammengefasst (IPCC: Peat Extraction; vergl. 2006 IPCC Guidelines).

In Deutschland ist der Großteil der ehemaligen Feuchtgebietsflächen drainiert, unterliegt hauptsächlich land- und forstwirtschaftlicher Nutzung (1.614 kha  $\triangleq$  89 %) und wird gemäß 2006 IPCC Guidelines somit in den entsprechenden Landnutzungskategorien (4.A - 4.C) berichtet. In der Unterkategorie terrestrische Feuchtgebiete finden sich daher nur die wenigen, vom Menschen beeinflussten, nicht drainierten und naturnahen Moorstandorte und sonstigen Feuchtgebiete auf mineralischen Böden sowie die Torfabbauf Flächen. In der Unterkategorie Gewässer wird ebenfalls nach dem Grad der anthropogenen Beeinflussung zwischen „überflutetem Land“ (Wasserkörper, die durch menschliche Aktivitäten reguliert werden und starke Wasserstandsschwankungen bzw. Änderungen im Flächenbedeckungsgrad aufweisen (Staubecken usw.) (2006 IPCC Guidelines)), sowie „nicht regulierten“ und „regulierten natürlichen Gewässern“ unterschieden (nicht berichtspflichtig). Tabelle 322 verdeutlicht die nach diesen Vorgaben ermittelte Zuordnung der unter die Kategorie Feuchtgebiete fallenden Flächen Deutschlands für das Jahr 2014.

Tabelle 322: Unterteilung der Landnutzungskategorie Feuchtgebiete gemäß 2006 IPCC Guidelines sowie Zuordnung der Gewässer- und terrestrischen Feuchtgebietsflächen [ha] Deutschlands in die entsprechenden Unterkategorien für das Jahr 2014

4.D Feuchtgebiete [728.681 ha]						
Terrestrische Feuchtgebiete [111.178 ha]				Torfabbau [19.857 ha]	Gewässer [597.646 ha]	
Mineralböden [12.599 ha]		Organische Böden [98.579 ha]		Organische Böden [19.857 ha]		
nicht gedränt [12.599 ha]		gedränt [75.192 ha] / nicht gedränt [23.387 ha]		gedränt [19.857 ha]		
Verbleibend [7.905 ha]	Verändert [4.694 ha]	Verbleibend inkl. alle nicht gedränten [76.686 ha]	Verändert (gedränt) [21.892 ha]	Verbleibend [19.857 ha]	Verbleibend [531.493 ha]	Verändert [66.152 ha]
Natürliche und naturnahe Feuchtgebiete (z.B. Sümpfe, Fluss- und Bachläufe)		Natürliche und naturnahe Moore (z.B. Torfgebiete, Niedermoore)	Naturnahe Moore	Torfabbau- gebiete		
Keine Emissionen	Emissionen aus Mineralböden, Biomasse	Emissionen aus organischen Böden, Biomasse	Emissionen aus Organische Böden,	Emissionen aus on-site, off-site	Keine Emissionen	Emissionen aus Biomasse

Das Emissionsverhalten der Unterkategorien Torfabbau, Terrestrische Feuchtgebiete und Gewässer ist unterschiedlich ausgeprägt. Daher werden sie als eigenständige Unterkategorien geführt und in den CRF-Tabellen (4.D; 4.(II)) getrennt berichtet (Details siehe Kapitel 6.3. Die Berechnung der Landflächen erfolgt für die Landnutzungskategorie Feuchtgebiete durch eine jährlich aktualisierte Stratifizierung nach Terrestrischen Feuchtgebieten und Gewässern unter verbleibender Nutzung und Land, das in Gewässer oder Terrestrische Feuchtgebiete umgewandelt wurde. Die Daten werden jährlich aus der Landnutzungsinformation übernommen (Kapitel 6.3; Kapitel 6.4). Für die Torfabbaufäche wird ein konstanter Wert von 19.857 ha unterstellt (s. Kapitel 6.7.2.4.1); diese Fläche wird nur in der Verbleibkategorie berichtet. Umwandlungen von Gewässer in Terrestrische Feuchtgebiete bzw. umgekehrt, werden wie Landnutzungsänderungen aus anderen Landnutzungskategorien behandelt.

Für die Berechnung der Emissionen werden die Feuchtgebietssubkategorien, Torfabbau, Terrestrische Feuchtgebiete und Gewässer, poolspezifisch stratifiziert. Dafür werden flächengewichtete mittlere Kohlenstoffvorräte ermittelt, die im Inventar verwendet werden:

Verbleibkategorie:

- Berechnung der Biomassevorräte: Für die Unterkategorie Gewässer kommt keine Biomasse vor. Für die Unterkategorie Terrestrische Feuchtgebiete wurde die Biomasse aus den Werten für Grünland i.e.S. und Gehölzen hergeleitet (Kapitel 6.7.2.2).
- Berechnung der Emissionen aus Mineralböden: In allen Unterkategorien treten keine anthropogenen Emissionen auf, da die Flächen nicht drainiert sind. Im Tabellenwerk werden sie als NO aufgeführt.

- Berechnung der Emissionen aus organischen Böden: Für die Torfabbauflächen werden on-site- und off-site-Emissionen (Kapitel 6.7.2.4.1) berechnet, gemäß 2006 IPCC Guidelines bzw. 2013 IPCC Supplement Wetlands. Die Unterkategorie Terrestrische Feuchtgebiete wird in nasse (Grundwasserflurabstand < 0,1 m) und drainierte Flächen (Grundwasserflurabstand > 0,1 m) unterteilt (vergl. Kapitel 6.1.2.2); es werden on-site Emissionen berichtet, für die Unterkategorie Gewässer werden keine Emissionen berichtet (Kapitel 6.7.2.4).

Übergangskategorien:

- Berechnung der Biomassevorräte: Bei Landnutzungsänderungen zu Gewässern wird der Biomassevorrat auf null gesetzt. Für die Unterkategorie Terrestrische Feuchtgebiete wurde die Biomasse aus den Werten für Grünland i.e.S. und Gehölzen hergeleitet (Kapitel 6.7.2.2, vergl. Kapitel 6.6.2.2.2).
- Berechnung der Emissionen aus Böden: Für die Unterkategorie Gewässer treten keine Emissionen auf; für die Terrestrischen Feuchtgebiete wird zeitlich konstant nach organischen Böden und Mineralböden unterschieden. Für organische Böden werden on-site Emissionen berichtet, nach Unterteilung in nasse (Grundwasserflurabstand < 0,1 m) und drainierte Flächen (Grundwasserflurabstand > 0,1 m) (Kapitel 6.7.2.4). Die Mineralböden werden nach Nutzung, Bodentyp bzw. Bodenausgangsgesteinsgruppen und Klimaregion stratifiziert (vergl. Kapitel 19.4.2.2).

### 6.2.5 Siedlungen

Die Beschreibung der nationalen Landnutzungssysteme im Zusammenhang mit Siedlung und Verkehr, sowie deren Zuordnung zur IPCC-Landnutzungskategorie Siedlungen sind in Tabelle 321 dargestellt. Die dem deutschen Inventar zugrunde liegende Definition von Siedlung entspricht der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 4, Chapter 2.2). Die gesamte Siedlungsfläche wurde in einer Kategorie zusammengefasst.

- Für die Berechnung der Emissionen wird in der Landnutzungskategorie poolspezifisch stratifiziert. Dafür werden flächengewichtete mittlere Kohlenstoffvorräte ermittelt, die im Inventar verwendet werden:
- Berechnung der Biomassevorräte: Für die Kategorie Siedlungen wurde die Biomasse aus den Werten für Grünland i.e.S. und Gehölzen hergeleitet (Kapitel 6.8.2.2, vergl. Kapitel 6.6.2.2.2).
- Berechnung der Emissionen aus Böden: Zeitlich konstante Unterscheidung nach organischen und Mineralböden. Die Mineralböden werden nach Bodentyp bzw. Bodenausgangsgesteinsgruppen und Klimaregion stratifiziert (vergl. Kapitel 18.4.2.2). Für die organischen Böden werden als Proxy die Werte des Grünlands i.e.S. herangezogen (Kapitel 6.1.2.2).
- Berechnung der Emissionen aus Landnutzungsänderungen: Eine jährlich aktualisierte Stratifizierung nach verbleibender Nutzung und Land, das in Siedlung umgewandelt wurde, wurde angewandt. Die Daten werden jährlich aus der Landnutzungsinformation übernommen (Kapitel 6.2 und Kapitel 6.3).

### 6.2.6 Sonstiges Land

Folgende im ATKIS® ausgewiesenen Objektarten werden im deutschen Berichtssystem, gemäß der 2006 IPCC Guidelines, der Kategorie „Other Land“ zugeordnet: „Fläche z.Z. unbestimmbar“ (Ob.-Nr. 4199) und „vegetationslose Fläche“ (Ob.-Nr. 4120). Beschreibung und

Zuordnung der Flächen erfolgte nach Tabelle 321 in Kapitel 6.2 und den dort beschriebenen Algorithmen.

### **6.3 Informationen zu den für die Ermittlung der Landflächen gewählten Ansätzen und zu den verwendeten Landnutzungs-Datenquellen**

#### **6.3.1 Einleitung**

Die Methodik zur Erfassung von Landnutzungsänderungen im LULUCF-Sektor berücksichtigt zeitlich und räumlich konsistent alle Landnutzungen und Landnutzungsänderungen. Zur Anwendung kommt ein stichprobenbasiertes System (Kapitel 6.3.2 ff). Grundlage für dieses ist ein regelmäßiges Raster von Stichprobenpunkten, welches über die Gesamtfläche Deutschlands gelegt wurde. Das zufallsverteilte Raster basiert auf dem Netz der Bundeswaldinventur (BWI 2012) und weist einen durchschnittlichen Abstand der Punkte von 1,4 km auf. Da die angewandte Methode auf räumlich expliziten Beobachtungen beruht, ist sie nach den 2006 IPCC Guidelines als „approach 3“ einzustufen. Entscheidungsgründe, die zur Anwendung des stichprobenbasierten Systems führten, sind in Kapitel 19.4.1 aufgeführt.

Mit dieser Submission wurde eine wesentliche Methodenänderung innerhalb dieses stichprobenbasierten Ansatzes vorgenommen. Zum räumlich genauen und sicheren Nachweis von Landnutzung und Landnutzungsänderung auf Flächen mit organischen Böden, erwies sich das Punktenetz der Bundeswaldinventur als zu grob. Daher wurde ein weiteres stichprobenbasiertes System eingeführt. Hierzu wurde die Gesamtfläche Deutschlands (35.779.633 ha) in zwei Flächensysteme aufgeteilt; das „Mineralbodensystem“ (33.955.711 ha) und das System „Organische Böden“ (1.823.922 ha). Die Flächengrundlage für das System „Organische Böden“ bildet die „Karte organischer Böden Deutschlands“ im Maßstab 1:25.000 (Roskopf et al. 2015). Die Fläche des Systems „Mineralboden“ ergibt sich aus der Differenz der Gesamtfläche und der Fläche der organischen Böden. Im System „Mineralboden“ kommt das herkömmliche Punktenetz der BWI zur Anwendung. Das Punkteraster im System „Organische Böden“ wurde, aufgrund der Kleinräumigkeit und großen räumlichen Heterogenität von Feuchtgebieten in der Landschaft, auf einen durchschnittlichen Abstand von 250 m verdichtet. Nach getrennter Berechnung der Landflächen in beiden Systemen, mittels der gleichen Methoden und Algorithmen (Kapitel 6.3.2 ff), werden die Ergebnisse beider Systeme anschließend zu einer einheitlichen Landnutzungsmatrix zusammengeführt (Kapitel 6.3.5). Dadurch ergibt sich eine deutliche Verbesserung in der Genauigkeit der Ausweisung von Landnutzung und Landnutzungsänderung auf organischen und mineralischen Böden in allen Landnutzungskategorien.

#### **6.3.2 Datengrundlage und -aufarbeitung**

Grundlage für das flexible Erfassungssystem sind alle verfügbaren, geographisch expliziten Datensätze. Zur Nutzung einer Datenquelle für das System müssen die durch Interpretation oder Modellierung zugewiesenen Landnutzungsklassen in das LULUCF-System überführbar sein. Dabei muss nicht jeder Datensatz alle Landnutzungsklassen ausweisen; mindestens eine der sechs Hauptlandnutzungsklassen ist ausreichend. Damit stehen für jeden Stichprobenpunkt über die Zeit verteilte, in der Anzahl unterschiedliche und in der Qualität bezüglich Lage-, Erstellungs- und Interpretationsfehler sowie teilweise Definitionsunterschieden differierende Informationen zur Verfügung.

Das Ziel dieses flexiblen Erfassungssystems ist es deshalb nicht, Landnutzungsänderungen möglichst häufig zu erfassen, sondern:

- aus dieser Fülle an Informationen, die zuverlässigsten Landnutzungsinformationen zuzuweisen,
- Landnutzungsänderungen herauszufiltern und zu erfassen, sowie
- mögliche Unsicherheiten und Fehlerquellen zu eliminieren.

Aus diesem Grund wurde eine eindeutige Hierarchie eingeführt innerhalb derer die Datensätze beginnend mit den genauesten Daten (1. Qualitätsstufe) von oben nach unten (n. Qualitätsstufe) zum Zeitpunkt ihrer Erfassung einsortiert wurden. An dieser Stelle wird der Zustand der Landnutzung in dem Jahr, in welchem die Datenquelle erhoben wurde, erfasst und nicht die Veränderung in einem Jahr oder einer Periode. Liegen in einem Jahr an einem Stichprobenpunkt mehrere Informationen aus unterschiedlichen Datenquellen bezüglich der Landnutzung vor, so wird der Datensatz mit der laut Hierarchie höchsten Qualitätsstufe (QL) zur Festlegung der Landnutzungsstufe genutzt. Wenn Datenquellen mit gleicher Qualitätsstufe unterschiedliche Landnutzungskategorien auswiesen, wurden zusätzliche Entscheidungsregeln aufgestellt und dokumentiert. Diese orientieren sich u.a. an Verifikationsdaten, wie z.B. Trends in der Agrarstatistik, die nicht georeferenziert verfügbar sind.

### 6.3.2.1 Datenquellen

Es wurden folgende Datenquellen/-sätze genutzt:

- Informationen zu den Wald-bezogenen LULUCF-Klassen aus der Bundeswaldinventur 1987 und 2002 für den Zeitraum 1987 bis 2002 für die alten Bundesländer, aus den Daten der Bundeswaldinventur 2002 und der Inventurstudie 2008 (OEHMICHEN et al. 2011) für 2002 bis 2008 für ganz Deutschland, sowie aus den Daten der Inventurstudie 2008 und Bundeswaldinventur 2012 für 2008 bis 2012,
- aus CIR-Daten abgeleitete Kartenwerke der Biotop- und Nutzungstypen-Kartierung für 1992,
- Basis-DLM zu den Zeitpunkten 2000, 2005, 2008, 2012 und 2014,
- Digitales Landbedeckungsmodell LBM-DE zum Zeitpunkt 2009,
- Corine Land Cover 1990, 2000, 2006,
- GSE-Daten 1990 und 2002 bis 2006 für die neuen Bundesländer.

#### 1. Qualitätsstufe: BWI-Daten

a) BWI-Daten:

Details zur BWI sind in Kapitel 6.5.2.1.1 beschrieben. Die BWI ist eine permanente systematische Traktstichprobe, welche periodisch erfasst wird. Derzeit liegt die BWI zu den Stichjahren 1987, 2002 und 2012 sowie auf einer Unterstichprobe für das Jahr 2008 (Inventurstudie 2008) vor. Die Daten der BWI 2012 liefern zum Abschluss der ersten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls im Jahr 2012 und zum Beginn der zweiten Verpflichtungsperiode für das Kyoto-Protokoll im Jahr 2013 exakte Informationen zur Landnutzung (verbleibender Wald) bzw. Landnutzungsänderungen hin zu Wald (Aufforstungen) oder weg von Wald (Entwaldung). Die Landnutzung bzw. Landnutzungsänderungen hin zu Wald oder weg von Wald werden für jeden Stichprobenpunkt mit Hilfe von Luftbildern unter Zuhilfenahme landesspezifischer Kartenwerke und über in situ-

Kontrollen erfasst. Grundlage der Berichterstattung nach der Klimarahmenkonvention ist die Walddefinition der Bundeswaldinventur (BMVEL, 2001), siehe Kapitel 6.2.1.

Für das Kyoto-Protokoll wird im deutschen Eröffnungsbericht die folgende Walddefinition in Übereinstimmung mit der Walddefinition der Welternährungsorganisation (FAO) verwendet:

- Fläche, die zu mehr als 10% der Fläche von Bäumen überschirmt ist,
- kleinste zu berücksichtigende Fläche beträgt 0,1 ha,
- potenzielle Baumhöhe beträgt mindestens 5 Meter.

Innerhalb der in den Marrakesh Accords<sup>1)</sup> gesetzten Grenzen kommt diese Definition der in der nationalen Waldinventur verwendeten am nächsten. Untersuchungen (TOMTER et al., 2010) haben gezeigt, dass der Vergleich zwischen Berechnungen der Aktivitätsdaten nach den oben aufgeführten Definitionen zu vernachlässigbaren Unterschieden führt, weshalb sowohl für die Klimarahmenkonvention als auch für das Kyoto-Protokoll die gleichen Algorithmen zur Flächenschätzung zur Anwendung kamen. Abweichend zur Walddefinition der Bundeswaldinventur wurden Flächen, die nach der BWI als Wald zählen, aber dort als Waldkategorie Nichtholzboden erfasst wurden und somit dauernd unbestockt sind, bei der Kohlenstoffvorrats- und -änderungsberechnung im Sektor Forstwirtschaft nicht berücksichtigt.

In den neuen Bundesländern liegen für den Zeitpunkt 1987 an den BWI-Punkten keine Wald/Nichtwald-Informationen vor. Für eine möglichst konsistente Datenbasis in den neuen Bundesländern, wurden die Einzelbaumdaten der BWI 2002 folgendermaßen genutzt: Für das Jahr 1987 erfolgte retrospektiv die Zuordnung der Probepunkte zur Landnutzungsklasse Wald, wenn bei der BWI 2002 auf diesen Waldtrakt-Ecken Bäume erfasst wurden, welche älter als 15 Jahre waren.

b) CIR-Daten:

Die CIR-Daten sind thematische Karten, die aus Farb-Infrarot (color infrared, CIR) Luftbildern hergestellt wurden. Diese Luftbilder weisen eine Auflösung von etwa 40 cm auf und bilden somit eine deutlich bessere Datengrundlage als die CORINE Land Cover Daten. In der Genauigkeit des Aufnahmezeitpunktes und im Detaillierungsgrad der thematischen Karte, sind diese Daten sogar dem Basis-DLM überlegen. Mit der Nutzung der CIR-Daten zur Validierung und Verbesserung der Landnutzungsdaten 1990 wird der Aktionsplan zur Lösung von Problemen, die beim In-country Review 2010 festgestellt wurden, umgesetzt. Die Bundesländer Schleswig-Holstein, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Thüringen haben gesetzlich geforderte Biotoptypenkartierungen in den Jahren 1989 bis 1992 zum Anlass genommen, das gesamte Bundesland zu kartieren. Ab diesem Berichtsjahr werden alle CIR-Daten verwendet. Dazu wurde für jeden Datensatz eine individuelle Übersetzungstabelle zum Basis-DLM angewandt.

## 2. Qualitätsstufe: Basis-DLM-Daten

Das Basis Digitale Landschaftsmodell (Basis-DLM) ist die Grundlage des Amtlich Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS®) Deutschlands der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV). Das ATKIS® beschreibt die Oberfläche Deutschlands mit digitalen Landschafts- und Geländemodellen. „Das Basis-DLM beschreibt die topographischen Objekte der Landschaft und das Relief der Erdoberfläche im Vektorformat. Die Objekte werden einer bestimmten Objektart zugeordnet und durch ihre räumliche Lage, ihren geometrischen Typ, beschreibende Attribute und

Beziehungen zu anderen Objekten (Relationen) definiert. Jedes Objekt besitzt deutschlandweit eine eindeutige Identifikationsnummer (Identifikator). Die räumliche Lage wird für das Basis-DLM maßstabs- und abbildungsunabhängig im Koordinatensystem der Landesvermessung angegeben. Welche Objektarten das DLM beinhaltet und wie die Objekte zu bilden sind, ist im ATKIS®-Objektartenkatalog (ATKIS®-OK) festgelegt“ (AdV). Der Informationsumfang des Basis-DLM orientiert sich am Inhalt der Topographischen Karte 1:25.000, weist jedoch eine höhere Lagegenauigkeit ( $\pm 3\text{m}$ ) für die wichtigsten punkt- und linienförmigen Objekte auf. Die Daten der Basis-DLM der Länder werden vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) übernommen und für ein bundeseinheitliches Basis-DLM geprüft, harmonisiert, georeferenziert, blattschnittfrei aufbereitet und für die Abgabe an Bundesbehörden und andere in einer Datenbank verwaltet.

Der Zweck des ATKIS® ist die Bereitstellung eines möglichst aktuellen und hochauflösenden Landschaftsmodell (Landbedeckung) für Deutschland, dessen Geometrien und Inhalte regelmäßig aktualisiert und erweitert werden. Die Vermessungsverwaltungen der Bundesländer erheben die Daten fortlaufend und nicht bundesweit zu einem Stichtag. Somit werden neue Vermessungsergebnisse laufend an das BKG übermittelt und in das ATKIS® eingepflegt. Die Vorgabe für eine komplette Überarbeitung ist fünf Jahre, wird von den Bundesländern aber sehr unterschiedlich gehandhabt. In der Praxis liegt die Aktualität bei Vegetationsflächen zwischen ein und sieben Jahre; für Flächen mit sehr hoher Aktualität, insbesondere was Flächenänderungen betrifft, z.B. Siedlungs- und Verkehrsflächen, wird eine Transferzeit in das ATKIS® von drei bis zwölf Monaten angegeben. Das BKG pflegt immer nur die aktuelle Version des Basis-DLM. Es wird keine Historie aufgezeichnet, noch werden alte Versionen archiviert.

Das bedeutet für die relevanten Thünen-Institute:

- Jährlicher Bezug des Basis-DLM für die jeweiligen Berichtsjahre (September) und
- Archivierung der Version des jeweiligen Jahres institutsintern.

Die Basis-DLM-Datensätze liegen den Thünen-Instituten erst seit 2005 auf jährlicher Basis vor, sowie ein Datensatz für das Jahr 2000. Für die Jahre vor 2000 existieren keine ATKIS®-Daten. Wegen der mehrjährigen Überarbeitungszyklen werden mehrjährige Abstände der Basis-DLM-Datensätze verwendet, um regionale Artefakte von scheinbar plötzlichen Schüben der Landnutzungsänderungen im Aktualisierungsjahr zu vermeiden.

Seit 2009 wird das Basis-DLM auf ein neues Datenmodell umgestellt, im Weiteren als "AAA-Ebenen" bezeichnet, im Gegensatz zu "Ebenen" als Bezeichnung für das alte Modell. In den Jahren 2009 bis 2012 lieferten einige Bundesländer im alten Modell und einige in dem neuen, seit 2013 gibt es das Basis-DLM (AAA-Ebenen) für ganz Deutschland.

Das Basis-DLM (Ebenen) besteht aus etwa 800 einzelnen Layern pro Datensatz, welche sich in ihrem Detaillierungsgrad unterscheiden. So liegen bspw. Polygone mit geringer Detailschärfe (z.B. Siedlungsfläche) zu unterst; Polygone mit sehr hohem Detaillierungsgrad (z.B. Wohngebiet) zu oberst. Daraus resultieren zahlreiche mehrfach übereinander liegende Polygone in einem Datensatz, welche jedoch inhaltlich den gleichen LULUCF-Kategorien zugeordnet werden können. Dieser gesamte Inhalt wird mit allen Überlagerungen eingelesen. Dadurch gibt es nur noch dort Datenlücken, wo im gesamten Basis-DLM keine Daten vorhanden sind. Anschließend werden die Flächen mit den Punkten des BWI-Netzes verschnitten. Bei Punkten, die mehrere übereinander liegende Flächen treffen, wird mit Hilfe einer Prioritätenliste nur ein Wert übernommen. Wenn gleiche Prioritäten überlagern (z.B.

Vegetation mit Vegetation), dann wird die Fläche mit der niedrigeren ATKIS® eigenen Identifikation gewählt. Dieses Verfahren wurde für das Basis-DLM (Ebenen) aus den Jahren 2000, 2005, 2008, 2012 und 2014 durchgeführt. Die Kategorien des Basis-DLM werden über eine Schlüsseltablelle den LULUCF-Klassen zugeordnet (siehe auch Tabelle 321).

Das neue Datenmodell (AAA-Ebenen) bietet einen Layer „Tatsächliche Nutzung“. „Alle Objektarten dieses Objektartenbereichs nehmen an der lückenlosen, überschneidungsfreien und flächendeckenden Beschreibung der Erdoberfläche teil (Grundflächen).“ Damit gehört die Problematik mit Überschneidungen und Lücken der Vergangenheit an. Zusatzattribute kommen in zusätzlichen Layern. Die Kategorien des Basis-DLM (AAA-Ebenen) werden über eine Schlüsseltablelle den LULUCF-Klassen zugeordnet (siehe auch Tabelle 252).

### **3. Qualitätsstufe: CORINE Land Cover Daten (CLC)**

CORINE Land Cover (CLC) ist ein europäisches Fernerkundungsprojekt zur einheitlichen Klassifikation der Landnutzung und Landnutzungsänderung, welches von der EU-Kommission Mitte der 1980er Jahre initiiert wurde. Digitale Satellitenbilder europäischer Staaten werden gesammelt und hinsichtlich Änderungen in der Flächennutzung einheitlich ausgewertet. Es stehen Daten der drei Aufnahmezeitpunkte 1990, 2000 und 2006 zur Verfügung. Diese Daten wurden per Script in die Datenbank eingelesen. Mit Hilfe einer Übersetzungstabelle wurden die CORINE-Klassen den LULUCF-Klassen zugeordnet (siehe auch Tabelle 321).

### **4. Qualitätsstufe: GSE-Daten**

Das Projekt GSE Forest Monitoring ist Bestandteil der Erdbeobachtungsinitiative für die Globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung (Global Monitoring for Environment and Security, GMES), die 1998 von der Europäischen Kommission und der Europäischen Weltraumorganisation (European Space Agency = ESA) gegründet wurde. Im Rahmen des Projekts GSE Forest Monitoring wurde für das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) die Dienstleistung „Wald Monitoring: Inputs für die Nationale Treibhausgasberichterstattung (GSE FM-INT)“ durchgeführt. Als Ergebnis dieses Dienstes wurden u. a. Karten zur Waldbedeckung, Landnutzung und Landnutzungsänderung für die Zeitpunkte 1990 und deren Veränderungen bis 2002 bzw. 2005/06, Flächenstatistiken sowie Fehleranalysen für die neuen Bundesländer zur Verfügung gestellt (GSE, 2003; GSE, 2006; GSE, 2007; GSE, 2009). Weiterführende Informationen zu dem Projekt GSE FM-INT sind in OEHMICHEN et al. (2011b) zu finden. Für das Jahr 1989 und 1990 wurden Landsat-Satellitenbildszenen und für die Jahre 2001 bis 2005 zusätzlich LISS-Daten der indischen IRS-Satelliten verwendet. Unter Zuhilfenahme von Basis-DLM-Daten, Luftbildern, topografischer Karten und Höhenmodellen wurden Waldflächen und deren Veränderungen klassifiziert. Nach der radiometrischen und geometrischen Vorverarbeitung der Satellitenszenen erfolgte die Zuweisung der Strukturen in die LULUCF-Klassen mittels überwachter Klassifizierung. Anschließend wurden offensichtliche Fehler unter Verwendung von zusätzlichen Datenquellen, wie beispielsweise topografischen Karten, korrigiert und kleinere Artefakte durch Filterungen sowie teils manuelle Nachbearbeitung entfernt. Die Qualitätskontrolle wurde stichprobenartig unter Verwendung von Orthophotos durchgeführt. Nach Projektangaben mussten Flächen bzw. Flächenveränderungen für die Erfassung eine Mindestfläche von 0,5 Hektar aufweisen. Die den Thünen Instituten zur Verfügung stehenden Originaldaten weisen jedoch auch unterhalb der Schwelle von 0,5 ha Flächen und Flächenveränderungen bis zur Pixelgröße von 25m x 25m aus, so dass hier eine zur BWI vergleichbare „Minimum Mapping

Unit“ erreicht wird. Für die hier angewandte Methode wurden die LULUCF-Kategorien in Landnutzungsklassen zu den Zeitpunkten 1990 und 2005 aufgeteilt. Die GSE-Daten enthalten lediglich die Unterscheidung in „Wald“ und „Nicht Wald“.

### 6.3.2.2 Ableiten der LULUCF-Informationen

Jedem Stichprobenpunkt werden die vorhandenen Informationen bezüglich der Landnutzung pro Jahr und Datenquelle zugeordnet. Nun kann mit der Klassifizierung nach LULUCF-Kategorien begonnen werden. Hierzu wird - ausgehend vom gerade betrachteten Jahr - für jeden Punkt retro- und prospektiv verglichen, zu welchem Zeitpunkt Informationen über die Landnutzung mit der höchsten vorhandenen Qualitätsstufe vorliegen (QL-MAX-retrospektiv bzw. QL-MAX-prospektiv). Für einen BWI-Waldpunkt, dem beispielsweise im Jahr 2001 eine Landnutzungsklasse zugeordnet werden soll, bedeutet dies, hier sind Daten der 1. Qualitätsstufe vorhanden - die BWI-Informationen. Retrospektiv liegt deren letzter Erfassungszeitpunkt 1987, prospektiv gesehen, liegt der nächste Erfassungszeitpunkt im Jahre 2002. Aus beiden Landnutzungsklassen, zu den Zeitpunkten 1987 und 2002, wird nun die entsprechende Landnutzungskategorie abgeleitet.

Stichprobenpunkte, an denen BWI-Informationen zur Landnutzung (verbleibender Wald) bzw. zu den Landnutzungsänderungskategorie hin zu Wald (Aufforstungen) oder weg von Wald (Entwaldung) vorhanden sind, wurden durch Begehung vor Ort während der Waldinventuren validiert und können als korrekt gelten. Letzteres wird auch den CIR-Daten unterstellt (welche Informationen für alle Landnutzungsformen enthalten), da diese Kartenwerke sehr großmaßstäbig erstellt und durch Felderhebungen ergänzt wurden. Auch die Basis-DLM-Daten werden ab 2013 (flächendeckend AAA-Modell) als aktuell und qualitätsgesichert eingeschätzt, da erstmals vollständig eine streng hierarchische Nomenklatur umgesetzt wurde. Alle anderen Datensätze wurden auf Plausibilität der zugeordneten Landnutzungskategorien, in einem bestimmten Jahr, anhand weiterer Daten, nach folgenden Kriterien geprüft:

- Kann die Einordnung in eine Landnutzungskategorie mit Hilfe von Daten einer niedrigeren Qualitätsstufe nachvollzogen werden?
- Ist die Zeitreihe der Landnutzungskategorien des Stichprobenpunktes konsistent, d.h. treten keine Mehrfachwechsel der Landnutzung auf? Bei Inkonsistenzen wurde die Landnutzungsänderung in die gültige Kategorie von 2013 eingeordnet.
- Nach der Einordnung in eine Landnutzungskategorie, wurde bei Landnutzungsänderungen geprüft, ob die Daten niedrigerer Qualitätsstufen zur Eingrenzung des Veränderungszeitpunkts genutzt werden können.
- Als zusätzliches Kriterium wurde der nationale Trend der Landnutzungsänderungen (außer von und zu Wald) mit den nationalen Netto-Raten der Landnutzungsänderungen der periodischen Flächenerhebung und der Agrarstrukturerhebungen des Statistischen Bundesamtes verglichen. Die Erhebungen verwenden aber Definitionen für Landnutzungskategorien, die von dem hier verwendeten System teilweise stark abweichen.

Die Eingrenzung des Veränderungszeitpunkts der Landnutzung soll an einem Beispiel verdeutlicht werden. Es wird angenommen, dass ein Stichprobenpunkt aufgrund der BWI-Information 1987 als Wald und 2002 als Siedlung klassifiziert wurde. Ohne weitere Daten würde die Landnutzungsänderung linear zwischen den Zeitpunkten interpoliert und jährlich würde 1/15 der repräsentierten Fläche von Wald in Siedlung umgewandelt werden. Stehen an

diesem Punkt jedoch noch die Basis-DLM-Informationen zur Verfügung, die dem Punkt im Jahr 2000 ebenfalls die Kategorie Wald und im Jahr 2005 ebenfalls die Kategorie Siedlung zuordnen, könnte die Einordnung in die Landnutzungskategorie „Waldumwandlung zu Siedlung“ nachvollzogen werden und zusätzlich der Veränderungszeitraum auf zwei Jahre (2000 = Wald im Basis-DLM und 2002 = Siedlung nach BWI) eingegrenzt werden (siehe auch Abbildung 53).

Die Prüfung und Entscheidung für eine Landnutzungskategorie pro Stichprobenpunkt und Zeitpunkt erfolgte transparent anhand eines Entscheidungsbaums (vgl. Kap. 6.3.4.1).

Entsprechend den 2006 IPCC Guidelines werden für die Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention bereits Flächennutzungsänderungen seit 1970 berücksichtigt. Damit werden die Übergangskategorien bereits so mit Flächen gefüllt, dass sie ab 1990 einen stabilen dynamischen Zustand mit Zugängen von neuen Umwandlungsflächen und Abgängen von Flächen in die Verbleibkategorie erreichen. Da für Deutschland erstmals zum Zeitpunkt der BWI 1987 georeferenzierte Daten zur Verfügung stehen, wurden die Veränderungen aller Landnutzungskategorien der Periode 1990–2000 bis zum Jahre 1970 rückwirkend extrapoliert, da bundesweit für den Zeitraum vor 1990 keine vollständigen und vor allem keine zueinander konsistenten Datensätze zur Verfügung stehen. Dies entspricht z.B. dem Vorgehen der Tschechischen Republik und Österreichs für die Landnutzungsmatrix.

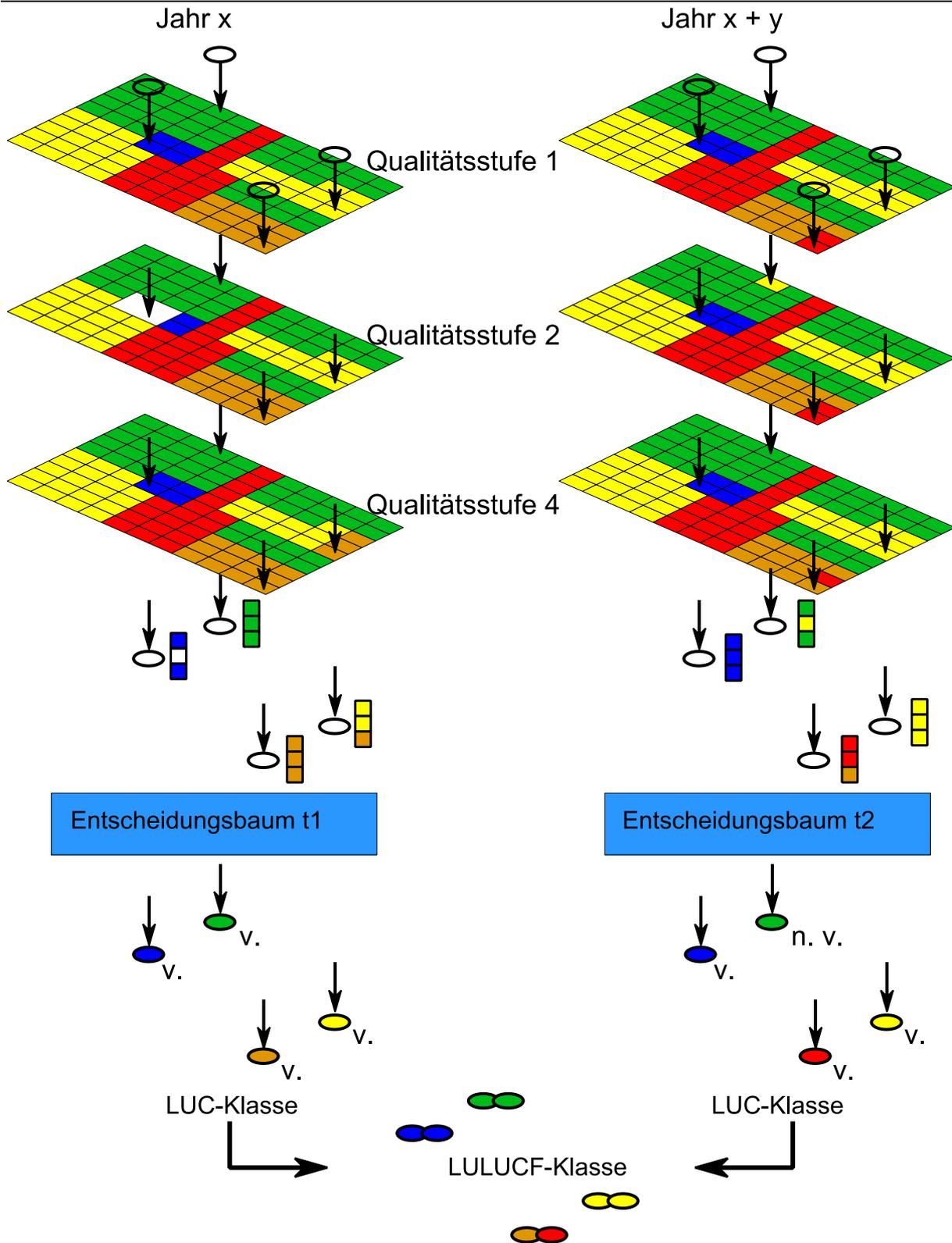


Abbildung 53: Schematische Darstellung der Zuordnung von Stichprobenpunkten zu einer Landnutzungskategorie

### 6.3.3 Validierung und Fehlerbetrachtungen

Mit Hilfe der hier verwendeten Stichprobenmethode lassen sich verschiedenen Fehlerquellen, wie:

- der zusätzliche Stichprobenfehler,

- Definitionsunterschiede und
- voneinander differierende Minimum Mapping Units

quantifizieren. Schwieriger bleibt die Erfassung von Fehlern durch eine nicht zu erreichende, hundertprozentig genaue Georeferenzierung der Datensätze zueinander.

Allerdings können die drei letztgenannten Fehlerquellen durch dieses flexible, stichprobenbasierte System über die Zeit aus folgendem Grund ausgeschlossen werden: Gemäß dem eingeführten Entscheidungsbaum wird eine Landnutzungskategorie nur angenommen, wenn sie aus entsprechend genauen Datensätzen der 1. Qualitätsstufe abgeleitet werden kann bzw. wenn Daten einer niedrigeren Qualitätsstufe diese Zuordnung bestätigen. In jedem anderen Fall — also dann, wenn sich unterschiedliche Datenquellen uneinig über die Landnutzungsarten zu einem Zeitpunkt sind — erfolgt eine Evaluierung dieses Stichprobenpunktes mittels Luftbildern, soweit Daten vorliegen. Diese Evaluierung ist für mehrere Bundesländer für 1990 erfolgt. Kann an wenigen Punkten mit Hilfe von Luftbildern keine Entscheidung getroffen werden oder sind keine Luftbilder vorhanden, erfolgt - soweit möglich - eine Recherche „vor Ort“. Inkonsistenzen in Zeitreihen, bedingt durch die Verwendung von Datensätzen mit unterschiedlichen Definitionen, unterschiedlichen Minimum Mapping Units oder Inkonsistenzen bedingt durch Lageungenauigkeiten treten durch diese zusätzlichen Validierungen nicht mehr auf.

### **6.3.4 Schrittweise Implementierung**

Die vollständige Umsetzung des hier beschriebenen Systems zur Erfassung der Landnutzungsänderungen für ganz Deutschland über die Zeit impliziert umfangreiche Vorarbeiten aber auch ständige Begleitarbeiten. So müssen:

- die verschiedenen Datenmaterialien für unterschiedliche Zeitpunkte akquiriert werden,
- geometrische Korrekturen (defekte Geometrien, etc.) bzw. Kontrollen durchgeführt werden,
- Konvertierungsfunktionen geschrieben werden, um die Ursprungsklassifizierung in die verwendete Kategorisierung zu überführen,
- die Stichprobenpunkte mit den Kartenwerken verschnitten werden,
- der Entscheidungsbaum programmiert und je nach Datenlage angepasst werden und
- die „Transition Time“-Prozeduren programmiert und je nach Datenlage angepasst werden.

Die Entscheidung für dieses flexible, stichprobenbasierte System wurde in Abstimmung mit der Nationalen Koordinierungsstelle (Umweltbundesamt, UBA) und dem für die Waldinventur zuständigen Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) im Frühjahr 2011 getroffen

Angepasst auf die derzeitige Datenstruktur sind der Entscheidungsbaum pro Klassifizierungsjahr und die „Transition Time“-Prozeduren programmiert.

#### **6.3.4.1 Ableitung der Landnutzung**

Aufgrund des Datenmaterials (siehe Kapitel 6.3.2), welches am jeweiligen Stichprobenpunkt zur Verfügung steht, kann für diesen für die Jahre 1990, 2000, 2005, 2008, 2012 und 2014 eine Zuordnung zu einer Landnutzungskategorie in Abhängigkeit der Qualitätsstufen vorgenommen werden. Die Basistabelle (siehe Tabelle 323) ist wie folgt aufgebaut (hier anhand eines Beispielstichprobenpunktes):

Tabelle 323: Basistabelle zur Ableitung der Landnutzungen

Trakt	Traktpoint	BWI 1987	BWI 2002	BWI 2008	DLM 2000	DLM 2005	DLM 2008	DLM 2012	DLM 2013	CORIN E 1990	CORIN E 2000	CORIN E 2006	GSE 1990	GSE 2005
xya	1	forl	sett	sett	forl	sett	sett	sett	sett	forl	gra1	sett	gse0	gse0

wobei für die Landnutzungsklassen in den Datensätzen folgende Kodierungen verwendet wurden:

Tabelle 324: Kodierungen in der Basistabelle

Kodierung	Kategorie	Subkategorie
<b>crop</b>	Acker	Acker
<b>gra1</b>	Grünland	Grünland im engeren Sinn (i.e.S)
<b>gra2</b>	Grünland	Gehölze
<b>forl</b>	Wald	Wald
<b>wet1</b>	Feuchtgebiete	Terrestrische Feuchtgebiete
<b>wet2</b>	Feuchtgebiete	Gewässer
<b>sett</b>	Siedlungen	Siedlungen
<b>othl</b>	Sonstiges Land	Sonstiges Land
<b>nofo</b>	Nichtwald <sup>94</sup>	
<b>bwi0</b>	Keine Information <sup>95</sup>	
<b>dln0</b>	Keine Information <sup>96</sup>	
<b>clc0</b>	Keine Information <sup>97</sup>	
<b>gse0</b>	Keine Information <sup>98</sup>	

Auf diese Basistabelle wurden für die Jahre 1990, 2000, 2005, 2008, 2012 und 2014 die Entscheidungsbäume für das jeweilige Jahr angewandt. In Abbildung 54 ist beispielhaft der Entscheidungsbaum für 2012 dargestellt. Beim Lesen des Entscheidungsbaumes ist zu beachten, dass nicht einfache IF - THEN - ELSE-Bedingungen dargestellt sind, sondern in jeder Linie eine IF - ELSE IF - ELSE-Struktur. D. h., trifft eine Bedingung zu, wird diese umgesetzt. Alle nachfolgenden Bedingungen sind nun irrelevant. Mit Hilfe einer solchen Struktur vereinfacht sich die Abfrage-logik deutlich.

<sup>94</sup> Information stammt aus BWI-Daten, muss durch andere Datenquellen konkretisiert werden und Nichtwald sein.

<sup>95</sup> Keine Landnutzungsinformation an diesem Punkt aus den BWI-Daten

<sup>96</sup> Keine Landnutzungsinformation an diesem Punkt aus den Basis-DLM-Daten

<sup>97</sup> Keine Landnutzungsinformation an diesem Punkt aus den Corine-Daten

<sup>98</sup> Keine Landnutzungsinformation an diesem Punkt aus den GSE-Daten

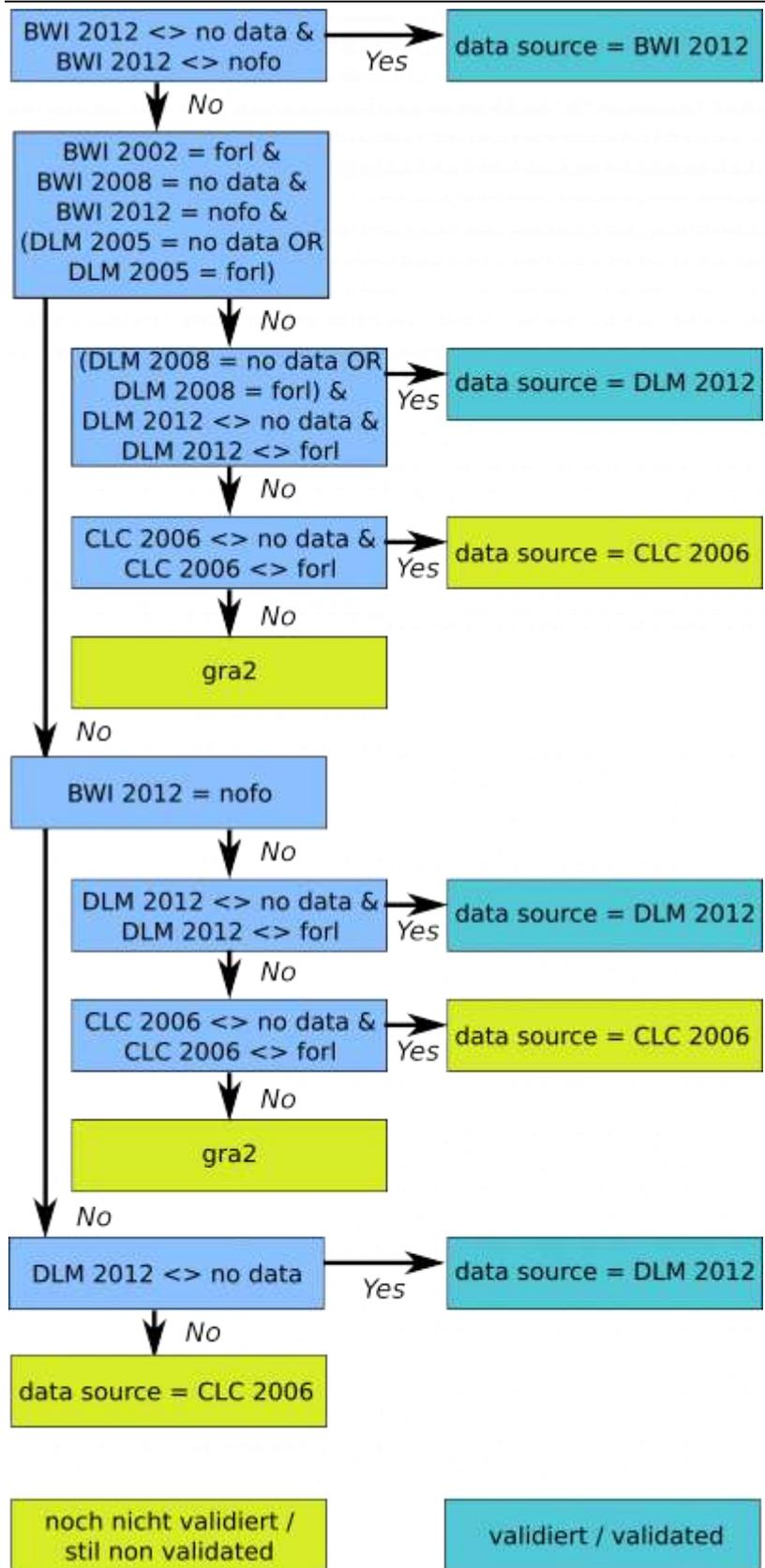


Abbildung 54: Entscheidungsbaum beispielhaft für das Jahr 2012 (Abkürzungen siehe Tabelle 324)

Durch die Anwendung der Entscheidungsbäume resultiert eine weitere Tabelle (siehe Tabelle 325) mit den wahrscheinlichsten Landnutzungen pro Stichprobenpunkt und Jahr (1990, 2000, 2005, 2008, 2012 und 2014) und der jeweils besten Datenquelle. Die Daten aus der BWI 1987

werden nur für tatsächliche Waldflächen genannt, ab 2002 werden auch andere Einträge für Landnutzung aus der BWI verwendet, bei der Information „Nicht Wald“ aus der BWI werden immer andere Datenquellen für die Festlegung der Landnutzung hinzugezogen und weitergeführt:

Tabelle 325: Wahrscheinlichste Landnutzung (LU) und deren Datenquelle (DB)

Trakt	Traktpoint	LU 1990	LU 2000	LU 2005	LU 2008	LU 2012	LU 2013	DB 1990	DB 2000	DB 2005	DB 2008	DB 2012	DB 2013
xya	1	forl	forl	sett	sett	sett	sett	bwi	d1m	d1m	d1m	d1m	d1m

(Abkürzungen siehe Tabelle 324)

#### 6.3.4.2 Ableitung der jährlichen Landnutzungsänderungen

Anschließend wurden die Landnutzungsänderungskategorien für jede Veränderungsperiode (1990-2000, 2000-2005, 2005-2008, 2008-2012, 2012-2014) und jeden Stichprobenpunkt abgeleitet. Dazu wurde ein SQL-Skript programmiert, das in der Inventarbeschreibung dokumentiert ist.

Die Entwicklung einer Landnutzungsmatrix, in der die geforderte Übergangszeit von 20 Jahren nach einer Landnutzungsänderung berücksichtigt wird, erfolgt in mehreren Teilschritten:

- Für alle Landnutzungsänderungen, die innerhalb des Übergangszeitraums auftreten, der durch die aufgenommenen Beobachtungen abgedeckt ist (1990-2014), erfolgt zunächst eine punktbezogene Bearbeitungsweise. Dabei existiert eine räumliche Zuordnung der Landnutzungsänderungen zu den einzelnen Beobachtungspunkten.
- Landnutzungsänderungen, die vor diesem Zeitraum aufgetreten sind (1970-1990), werden aus den Beobachtungen im ersten Messzeitraum (1990-2000) rückwirkend extrapoliert. Eine räumliche Zuordnung zu den Beobachtungspunkten ist hierbei nicht erforderlich oder möglich, so dass an dieser Stelle ein Wechsel von der punktbezogenen Bearbeitungsweise hin zu einer Berechnung auf Basis der Flächensummen stattfindet.
- Der Beobachtungszeitraum ist aufgeteilt in unterschiedlich lange Übergangsperioden (1990-2000, 2000-2005, 2005-2008, 2008-2012, 2012-2014), so dass die jährlichen Änderungen durch lineare Interpolation in den Veränderungsperioden anteilig berechnet werden.

#### 6.3.5 Landnutzungsänderungen nach Konvention und KP

Die bisher beschriebene Methode zur Erfassung von Landnutzungsänderungen und die daraus resultierende vollständige Landnutzungsmatrix (siehe Tabelle 326) inklusive einer 20-jährigen Transition Time seit 1970 ist konform zur Berichterstattung nach der Klimarahmenkonvention und den 2006 IPCC Guidelines. Tabelle 327 zeigt beispielhaft die komplette detaillierte Landnutzungsmatrix für das Jahr 2014.

Zur Erfassung der Landnutzungsänderungen nach dem Kyoto-Protokoll werden auf der gleichen jährlichen Datengrundlage (siehe Tabelle 328) Landnutzungsänderungen erst ab 1990 berücksichtigt und in den Änderungskategorien Aufforstung und Entwaldung über 20 Jahre hinaus akkumuliert (siehe Tabelle 426 in Kapitel 11.2.2).

Tabelle 326: Landnutzungsänderungen (LUC) inklusive 20-jähriger Transition Time nach dem Konventionsberichterstattung

Quellgruppe	4.A.1 Verbleibender Wald	4.A.2 ... LUC zu Wald	4.B.1 Verbleibender Acker	4.B.2 ... LUC zu Acker	4.C.1 Verbleibendes Grünland	4.C.2 ... LUC zu Grünland	4.D.1 Verbleibende Feuchtgebiete	4.D.2 ... LUC zu Feuchtgebieten	4.E.1 Verbleibende Siedlungen	4.E.2 ... LUC zu Siedlungen	4.F.1 Verbleibendes Sonstiges Land	4.F.2 ... LUC zu Sonstigem Land
Einheit	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
1990	10.376.246	552.374	12.587.710	1.045.088	6.378.432	966.821	616.711	92.953	2.396.776	684.463	82.060	0
1995	10.451.644	552.374	12.529.098	1.045.088	6.274.232	966.821	612.016	92.953	2.500.987	684.463	69.959	0
2000	10.527.042	552.374	12.470.486	1.045.088	6.170.032	966.821	607.320	92.953	2.605.198	684.463	57.857	0
2005	10.618.033	491.033	12.381.063	893.694	6.210.648	938.749	609.812	102.349	2.717.210	787.273	29.769	0
2006	10.634.337	478.462	12.382.137	924.047	6.155.508	924.577	612.675	102.695	2.738.447	798.784	27.965	0
2007	10.650.641	465.890	12.383.211	954.399	6.100.368	910.405	615.538	103.041	2.759.683	810.296	26.161	0
2008	10.666.944	453.319	12.384.285	984.752	6.045.228	896.232	618.401	103.387	2.780.919	821.807	24.357	0
2009	10.683.558	442.258	12.384.373	1.015.414	5.987.639	875.696	621.387	101.574	2.806.860	837.544	23.330	0
2010	10.700.171	431.196	12.384.461	1.046.075	5.930.050	855.160	624.373	99.760	2.832.801	853.282	22.303	0
2011	10.716.784	420.135	12.384.549	1.076.737	5.872.461	834.624	627.359	97.946	2.858.742	869.019	21.277	0
2012	10.733.397	409.074	12.384.637	1.107.398	5.814.873	814.088	630.345	96.133	2.884.683	884.756	20.250	0
2013	10.753.207	395.526	12.384.320	1.107.278	5.787.141	794.231	633.577	94.002	2.912.638	897.563	20.151	0
2014	10.773.017	381.978	12.384.003	1.107.157	5.759.409	774.373	636.810	91.871	2.940.593	910.370	20.052	0

Tabelle 327: Landnutzungsmatrix 2014. Die Diagonale zeigt die Fläche in verbleibender Nutzung, die anderen Felder die jeweiligen Landnutzungsänderungen (einschließlich 20-jähriger Übergangszeiten)

Initial/Final	Landnutzungsmatrix 2014: Flächen [ha]										Σ Abnahme	Σ Zunahme - Σ Abnahme
	Wald	Acker	Grünland i.e.S.	Gehölze	Terrestr. Feuchtgebiete	Gewässer	Torfabbau	Siedlungen	Sonstiges Land			
Wald	10.773.017	34.699	56.017	18.043	5.804	6.785	0	94.572	0	215.921	166.057	
Acker	122.445	12.384.003	458.187	65.488	1.187	16.392	0	538.206	0	1.201.905	-94.748	
Grünland i.e.S.	166.145	1.002.439	5.115.939	70.796	17.473	21.123	0	240.712	0	1.518.689	-833.654	
Gehölze	26.235	11.789	30.215	542.459	651	1.541	0	14.374	0	84.805	105.543	
Terrestrische Feuchtgebiete	6.372	1.426	4.540	1.448	84.592	359	0	6.676	0	20.821	5.765	
Gewässer	10.000	4.222	26.193	1.930	509	531.493	0	6.291	0	49.145	17.008	
Torfabbau	0	0	0	0	0	0	19.857	0	0	0	0	
Siedlungen	39.647	47.482	93.941	29.337	962	12.645	0	2.940.593	0	224.014	686.356	
Sonstiges Land	11.133	5.099	15.942	3.307	0	7.307	0	9.538	20.052	72.379	-72.379	
<b>Σ Zunahme</b>	<b>381.978</b>	<b>1.107.157</b>	<b>685.035</b>	<b>190.348</b>	<b>26.586</b>	<b>66.152</b>	<b>0</b>	<b>910.370</b>	<b>0</b>			
<b>Σ Landnutzungskategorie</b>	<b>11.154.995</b>	<b>13.491.160</b>	<b>5.800.974</b>	<b>732.807</b>	<b>111.178</b>	<b>597.646</b>	<b>19.857</b>	<b>3.850.964</b>	<b>20.052</b>			
<b>Fläche Deutschland</b>				<b>35.779.633</b>								

Tabelle 328: Jährliche Flächen der Landnutzungsänderungen, die den Berechnungen für das Inventar nach Koventionsberichterstattung (20-jährige Übergangszeit) und Kyoto Protokoll (kumulative Flächenänderung) zugrunde liegen

Landnutzungsänderung [Hektar pro Jahr]	1990-2000	2001-2005	2006-2008	2009-2012	2013-2014
<b>... zu Wald</b>					
Acker zu Wald	9.715	4.843	5.648	4.274	2.949
Grünland i.e.S. zu Wald	11.189	6.454	4.454	8.645	9.398
Gehölze zu Wald	1.874	922	1.006	1.371	941
Terrestrische Feuchtgebiete zu Wald	258	610	260	224	48
Gewässer zu Wald	1.050	209	276	441	31
Siedlung zu Wald	2.467	1.805	3.035	1.327	703
Sonstiges Land zu Wald	1.066	506	368	276	0
<b>... zu Acker</b>					
Wald zu Acker	3.369	1.543	784	872	466
Grünland i.e.S. zu Acker	42.871	17.004	78.703	80.929	50.185
Gehölze zu Acker	1.552	153	199	78	401
Terrestrische Feuchtgebiete zu Acker	223	11	6	3	0
Gewässer zu Acker	612	68	35	25	3
Siedlung zu Acker	3.517	2.350	2.813	1.008	1.078
Sonstiges Land zu Acker	111	847	67	0	0
<b>... zu Grünland i.e.S.</b>					
Wald zu Grünland i.e.S.	2.863	3.394	2.826	2.487	1.721
Acker zu Grünland i.e.S.	31.127	24.005	17.276	15.596	18.594
Gehölze zu Grünland i.e.S.	3.015	1.670	743	228	317
Terrestrische Feuchtgebiete zu Grünland i.e.S.	194	382	20	120	464
Gewässer zu Grünland i.e.S.	2.227	1.338	920	503	684
Siedlung zu Grünland i.e.S.	5.258	4.330	5.026	4.819	3.194
Sonstiges Land zu Grünland i.e.S.	613	1.771	668	351	0
<b>... zu Gehölze</b>					
Wald zu Gehölze	1.008	409	1.709	778	857
Acker zu Gehölze	3.288	4.102	3.891	2.285	2.217
Grünland i.e.S. zu Gehölze	1.114	5.145	5.620	2.688	5.387
Terrestrische Feuchtgebiete zu Gehölze	61	161	26	48	3
Gewässer zu Gehölze	197	63	103	7	49
Siedlung zu Gehölze	1.385	2.454	1.638	612	699
Sonstiges Land zu Gehölze	119	319	66	200	0

Landnutzungsänderung [Hektar pro Jahr]	1990-2000	2001-2005	2006-2008	2009-2012	2013-2014
<b>... zu terrestrische Feuchtgebiete</b>					
Wald zu terrestrische Feuchtgebiete	92	698	443	78	60
Acker zu terrestrische Feuchtgebiete	127	55	10	2	56
Grünland i.e.S. zu terrestrische Feuchtgebiete	358	1.532	1.210	548	920
Gehölze zu terrestrische Feuchtgebiete	72	40	2	2	3
Gewässer zu terrestrische Feuchtgebiete	60	19	2	4	16
Siedlung zu terrestrische Feuchtgebiete	32	52	35	10	181
Sonstiges Land zu terrestrische Feuchtgebiete	0	0	0	0	0
<b>... zu Gewässer</b>					
Wald zu Gewässer	484	132	572	340	72
Acker zu Gewässer	1.317	817	643	465	309
Grünland i.e.S. zu Gewässer	1.160	1.489	1.096	656	401
Gehölze zu Gewässer	184	20	75	27	3
Terrestrische Feuchtgebiete zu Gewässer	21	30	6	10	13
Siedlung zu Gewässer	722	829	439	506	412
Sonstiges Land zu Gewässer	99	862	468	200	99
<b>... zu Siedlung</b>					
Wald zu Siedlung	4.723	3.245	4.981	6.450	4.632
Acker zu Siedlung	18.402	36.317	23.712	29.544	28.446
Grünland i.e.S. zu Siedlung	8.595	12.299	16.269	13.304	12.813
Gehölze zu Siedlung	1.327	304	467	370	1.006
Terrestrische Feuchtgebiete zu Siedlung	96	1.111	71	68	30
Gewässer zu Siedlung	668	195	68	225	103
Sonstiges Land zu Siedlung	412	1.314	167	0	0

### 6.3.6 Verifizierung

Die Landnutzungskategorien wurden so gewählt, dass sie den Definitionen nach UNFCCC, Kyoto-Protokoll bzw. IPCC entsprechen. In Deutschland werden verschiedene Definitionen für wichtige Landnutzungskategorien, insbesondere landwirtschaftliche Flächen (Acker, Grünland) und Siedlungen verwendet. Aus den unterschiedlichen Definitionen und durch Unterschiede in der Datenerhebung ergeben sich unterschiedliche Flächenangaben. Diese Unterschiede von über 10% bzw. 2 Millionen Hektar je Landnutzungskategorie sind seit langem bekannt, werden aber beibehalten, um in jedem Datensatz eine konsistente Zeitreihen zu erhalten.

Die drei wichtigsten Datenquellen in Deutschland für landwirtschaftliche Flächen sind (siehe Tabelle Tabelle 329)

1. Bodennutzungshaupterhebung des Statistischen Bundesamtes: Landnutzung wird aus einer Befragung landwirtschaftlicher Betriebe ermittelt (2012: Vollerhebung). Ackerland schließt einige Dauerkulturen aus, Grünland schließt extensive und nicht-kommerzielle Nutzungsformen aus, z.B. für Naturschutz und Erholung. Die Acker- und Grünlandflächen der Bodennutzungshaupterhebung werden vom Statistischen Bundesamt an Eurostat gemeldet. Die Netto-Flächenänderungen zwischen Acker und Grünland werden im Inventar zur Validierung der Landnutzungsänderungen verwendet.
2. AKTIS® Basis-DLM: Landnutzung wird aus dem offiziellen Landbedeckungskataster abgeleitet. Die Geometrien stammen aus topographischen Karten 1:5000 bis 1:25000 und werden durch die Luftbilder korrigiert bzw. mitgeführt. Die Inhalte (Objektarten) werden ausschließlich aus Luftbildern bestimmt. Grünland schließt alle Formen krautiger Vegetation ein. Straßen sind als Linien implementiert, so dass Straßenbegleitgrün als Grünland, nicht als Infrastruktur klassifiziert wird. Dadurch werden bis zu 0,7 Millionen Hektar Straßenbegleitgrün zusätzlich als Grünland klassifiziert. Das Basis-DLM ist eine zentrale Datenquelle des Inventars und wird aus Transparenzgründen ohne Nachbearbeitungen und Re-Klassifizierungen verwendet.
3. Flächenerhebung des Statistischen Bundesamtes: Landnutzung wird aus dem offiziellen Liegenschaftskataster und dem AKTIS® Basis-DLM abgeleitet. Grünland schließt Erholungsflächen aus. Wegen der unscharfen Trennung zwischen Acker und Grünland wird nur die Summe aus Acker und Grünland veröffentlicht. Der Stichtag hier ist 31.12.2013. Die Flächenerhebung nutzt Informationen, die weitgehend mit dem ATKIS® Basis-DLM konsistent sind, konvertiert aber Straßen von Linien in Flächen in einem Nachbearbeitungsschritt. Deutschland wird von der Flächenerhebung vollständig und zeitlich konsistent, aber nicht mit einer konstanten Nationalfläche abgebildet. Die Flächenerhebung ist konsistent mit dem Inventar.

Tabelle 329: Acker und Grünland bzw. landwirtschaftliche Flächen je nach Datenquelle [kha]

Landnutzungskategorie	Bodennutzungshaupterhebung	Inventar	Flächenerhebung
Ackerland	12.074	13.491	Nicht veröffentlicht
Grünland	4.651	6.534	Nicht veröffentlicht
Summe	16.725	20.024	18.647

## 6.4 Wälder (4.A)

### 6.4.1 Beschreibung der Kategorie (4.A)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	4.A. Forest land	0	CO <sub>2</sub>	-75.539,2	6,20%	-58.005,0	6,55%	-23,2%
-/-	4.A. Forest land	0	N <sub>2</sub> O	231,5	0,02%	146,9	0,02%	-36,5%
-/-	4.A. Forest land	0	CH <sub>4</sub>	20,1	0,00%	17,4	0,00%	-13,6%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS/Tier 2	RS/NS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	RS/NS	D/CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	RS/NS	D/CS

Die Kategorien Forest Land remaining Forest Land (4.A.1) und *Land converted to Forest Land* (4.A.2) sind für CO<sub>2</sub>- Emissionen Hauptkategorie nach der Emissionshöhe, Trend sowie der Tier-2-Analyse.

In der Kategorie *Forest Land* wird über die Emission/Einbindung von CO<sub>2</sub> aus organischen und Mineralböden, der ober- und unterirdischen Biomasse, Streu, Totholz sowie Waldbrand berichtet; außerdem über Lachgasemissionen aus Waldbränden, Drainage organischer Böden und Mineralisierung in Mineralböden sowie Methanemissionen aus Waldbränden und Drainage.

Die Gesamtemissionen aus den Wäldern betragen im Jahre 2014 -57.828 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalente. In der Tabelle 330 sind die Emissionen für den Wald unterteilt nach Kategorien und Treibhausgasen sowie ihre Unsicherheiten zusammengestellt.

Tabelle 330: Emissionen im Waldbereich für das Jahr 2014

Quellgruppe	Gas	Emissionen aus Wald 2014				
		Emission	2,5 % Perzentil [kt CO <sub>2</sub> -Eq.]	97,5 % Perzentil	2,5 % Perzentil %	97,5 % Perzentil %
<b>Wald<sub>total</sub></b>		-57.828,87	-36.411,29	-79.247,89	37,04	37,04
<b>Mineralböden</b>	CO <sub>2</sub>	-15.557,34	-7.636,14	-23.479,85	50,92	50,92
	N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	11,85	-1,14	41,72	109,64	252,05
	N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	52,67	11,98	147,73	77,25	180,47
<b>Organische Böden</b>	CO <sub>2</sub>	1.183,59	988,55	1.411,45	16,48	19,25
	CH <sub>4</sub>	16,7	4,3	148,34	74,26	788,47
	N <sub>2</sub> O	93,82	25,18	240,6	73,16	156,43
<b>Biomasse</b>	CO <sub>2</sub>	-45.473,58	-22.427,5	-68.519,69	50,68	50,68
<b>Streu</b>	CO <sub>2</sub>	-161,01	42,56	-364,58	126,43	126,43
<b>Totholz</b>	CO <sub>2</sub>	2.003,33	-88,68	4.095,33	104,43	104,43
<b>Waldbrände</b>	CO <sub>2</sub>	IE	-	-	-	-
	CH <sub>4</sub>	0,66	0,41	0,91	38,08	38,08
	N <sub>2</sub> O	0,43	0,27	0,6	38,08	38,08

Die Zeitreihen der Emissionen aus den Wäldern (siehe Abbildung 55 und Abbildung 56) verdeutlichen, dass die Summe der Treibhausgaseinbindungen der Wälder im Jahr 2002 „sprunghaft“ zurückgegangen und 2008 gestiegen sind. Der Grund für die Sprünge ist die periodische Erfassung im Rahmen der Bundeswaldinventuren. Weitere Details hierzu werden im Kapitel 6.4.2.2.1 beschrieben.

Ausschlaggebend für die Einbindungen in der Waldkategorie sind die Kategorien Biomasse (70,58 %), mineralische Böden (24,05 %) und Streu (0,25 %). Quellen entstehen durch Totholz, Drainage, Mineralisierung und Waldbrände. Die Quellen tragen mit 5,12 % nur einen sehr geringen Anteil zur Treibhausgasbilanz im Wald bei.

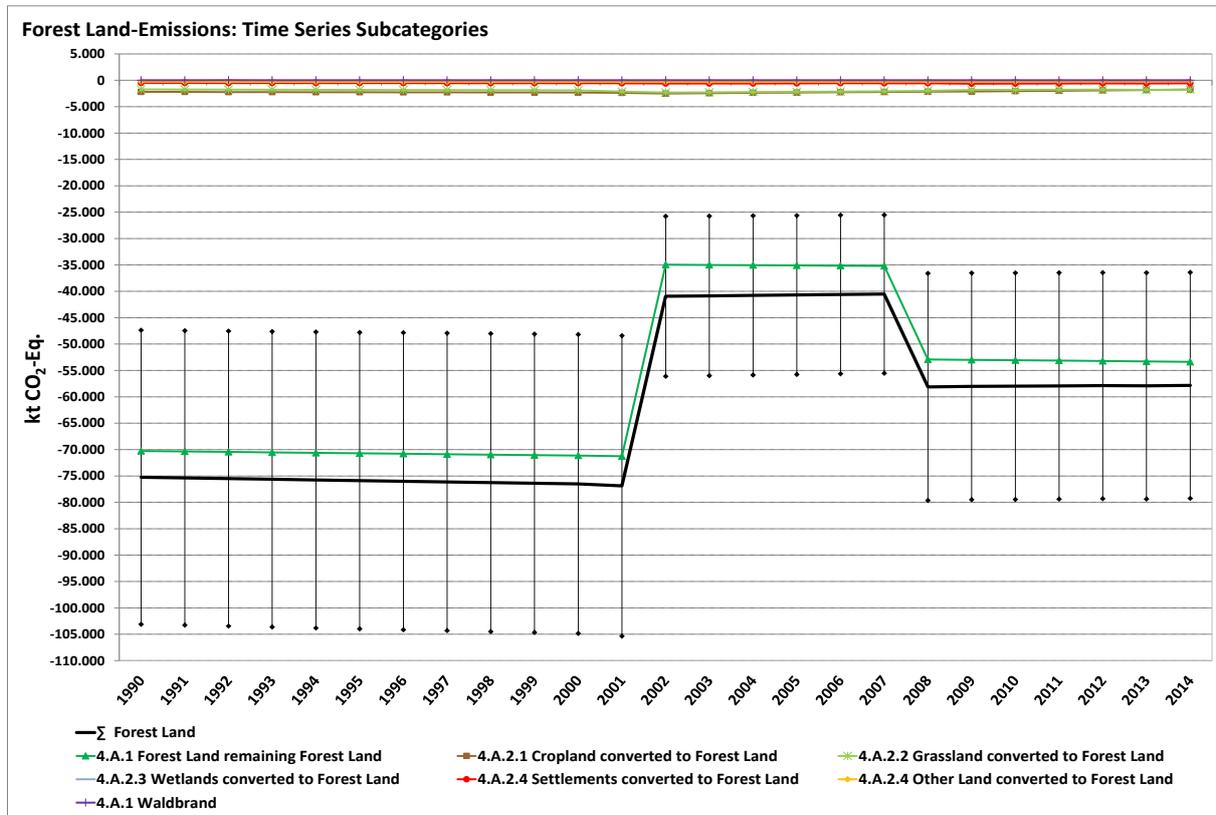


Abbildung 55: Treibhausgasemissionen (Summe aus CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Wäldern von 1990 – 2014 nach Unterkategorien

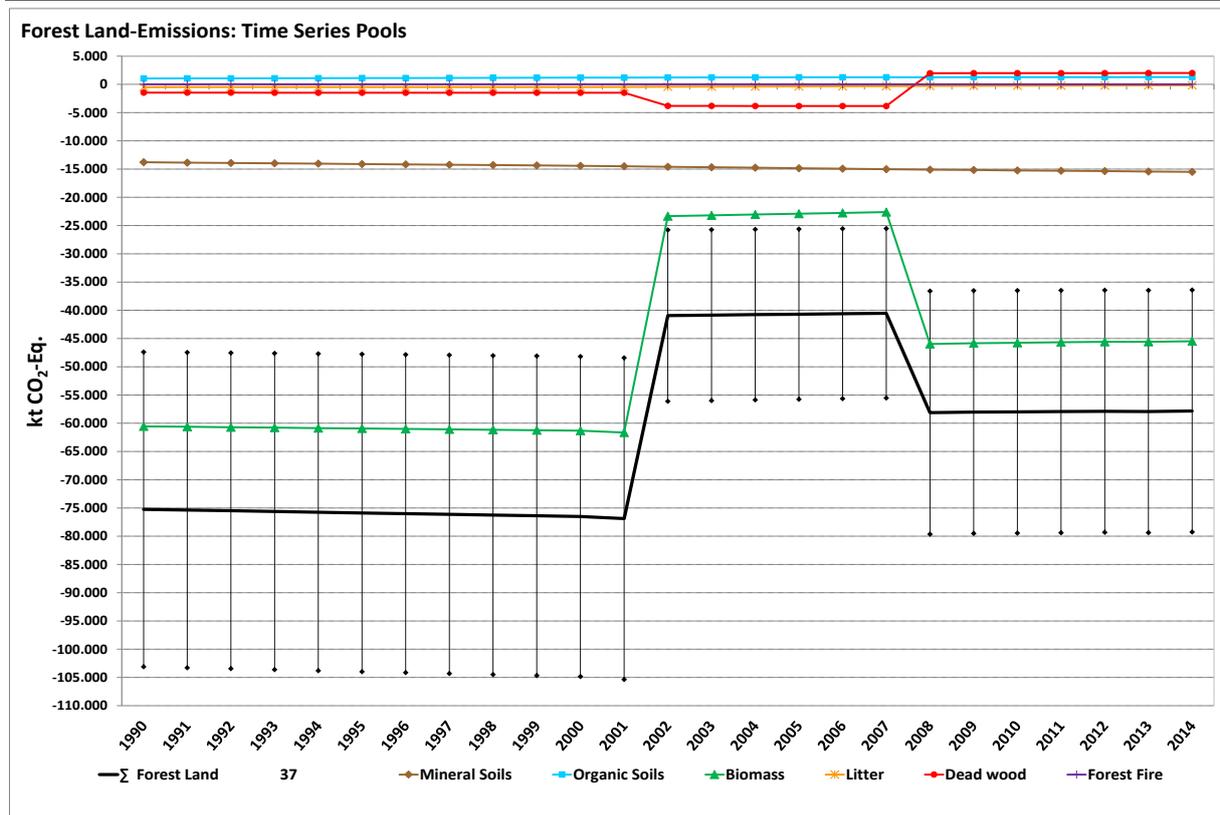


Abbildung 56: Treibhausgasemissionen (Summe aus CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Wäldern von 1990 – 2014 nach Kategorien

Die Kategorie „Wald“ wird in den 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2006) und in den offiziellen Berichtstabellen im Common Reporting Format (CRF) für die an das Klimasekretariat zu übermittelnden Treibhausgasinventare in verbleibende Waldfläche, die im Berichtszeitraum unverändert Wald bleibt (Forest Land remaining Forest Land) und Neuwald, der durch Aufforstung oder natürliche Sukzession auf zuvor anderweitig genutzten Flächen entstanden ist (Land converted to Forest Land), unterteilt. Zu beachten ist, dass mit einer 20jährigen Übergangszeit („Transition Time“) auf der Datengrundlage ab dem Jahr 1970 gerechnet wird (siehe Kapitel 6.3).

#### 6.4.1.1 Verbleibende Waldfläche (Forest Land remaining Forest Land) (4.A.1)

Als verbleibende Waldfläche wird die Fläche bezeichnet, die im Berichtsjahr unverändert Wald bleibt. Hinzu kommen Flächen, die nach 20 Jahren von der Kategorie Neuwald (Land converted to Forest Land (4.A.2)) in die verbleibende Waldfläche wechseln. Die verbleibende Waldfläche unterscheidet sich von der Gesamtwaldfläche durch das Weglassen der Neuwaldflächen, die in der Kategorie Neuwald betrachtet werden (siehe Kapitel 6.4.1.2).

#### 6.4.1.2 Neuwaldflächen (Land converted to Forest Land) (4.A.2)

Neue Waldflächen entstehen durch Sukzession, Wiederbewaldung und Aufforstung und speichern Kohlenstoff mit Beginn der Umwandlung. Nach 2006 IPCC Guidelines verbleibt Neuwald 20 Jahre lang in dieser Kategorie und geht dann in die Kategorie „verbleibende Waldfläche“ über.

Es ist zu beachten, dass die Kohlenstoffvorräte vorheriger Landnutzungen nach der Umwandlung abgezogen werden. Informationen dazu finden sich in den Kapiteln 6.4 bis 6.9.

## **6.4.2 Methodische Aspekte (4.A)**

### **6.4.2.1 Datenquellen**

Zur Ermittlung der Waldflächen, der eingetretenen Landnutzungsänderungen, der Schätzung der Emissionsfaktoren für Boden, Biomasse, Streu und Totholz sowie für die Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -vorratsveränderungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten bzw. in verschiedenen Zeiträumen sowie für die Emissionsberechnung für Waldbrand, Drainage und Mineralisierung wurden folgende Datenquellen genutzt:

- Bundeswaldinventur 1987 (BWI 1987)
- Bundeswaldinventur 2002 (BWI 2002)
- Bundeswaldinventur 2012 (BWI 2012)
- Inventurstudie 2008 (IS08)
- Datenspeicher Waldfonds (DSWF)
- Bodenzustandserhebung im Wald I (BZE I)
- Bodenzustandserhebung im Wald II (BZE II)
- GSE Forest Monitoring<sup>99</sup>: Inputs für die Nationale Treibhausgasberichterstattung (GSE FM-INT)
- Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS®)
- CORINE Land Cover (CLC)
- Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000)
- Karte der organischen Böden Deutschlands (Roskopf et al. 2015)
- Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland

#### **6.4.2.1.1 Bundeswaldinventur, Inventurstudie 2008 und Datenspeicher Waldfonds**

Die Bundeswaldinventur erfasst die großräumigen Waldverhältnisse und forstlichen Produktionsmöglichkeiten auf Stichprobenbasis nach einem einheitlichen Verfahren in Deutschland. Sie ist eine terrestrische Stichprobeninventur mit permanent markierten Probepunkten in einem 4 km x 4 km Grundnetz, das auf Wunsch der Bundesländer regional verdichtet wurde<sup>100</sup>. Die erste Bundeswaldinventur (BWI 1987) erstreckte sich nur über das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in ihren Grenzen vor 1990 und Westberlin und wurde im Zeitraum 1986 bis 1989 (Stichjahr 1987) durchgeführt. Die zweite Bundeswaldinventur (BWI 2002) wurde in den Jahren 2001 bis 2003 (Stichjahr 2002) als Wiederholungsinventur in den alten Bundesländern und als Erstinventur in den neuen Bundesländern durchgeführt (BMVEL, 2001; BMELV, 2005). Aktuell stehen die Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur (BWI 2012) zur Verfügung, die von 2011 bis 2012 (Stichjahr 2012) im gesamten Bundesgebiet als Wiederholungsinventur durchgeführt wurde. Mit den Daten der BWI 2012 stehen zum Beginn der zweiten Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls aktuelle Werte zum Zustand und zur Veränderung des Waldes bereit.

Daten zum Zustand des Waldes wurden im Jahr 2008 auf einer Teilstichprobe der Bundeswaldinventur im Netz von 8 km x 8 km ermittelt. Diese sogenannte Inventurstudie 2008

---

<sup>99</sup> GSE =GMES Services Elements

GMES = Global Monitoring for Environment and Security

<sup>100</sup> weitere Informationen: <http://www.bundeswaldinventur.de>

(IS08) bedient sich im Wesentlichen der Methodik der Bundeswaldinventur (SCHWITZGEBEL et al. 2008, BMELV 2010).

Der Datenspeicher Waldfonds (DSWF) enthält flächendeckende Forsteinrichtungsdaten für das Gebiet der DDR bis 1993. Diese Daten wurden in periodischen Abständen erhoben und jährlich mit Wachstumsmodellen fortgeschrieben sowie nach Vollzugs- und Änderungsmeldungen der Forstbetriebe aktualisiert (BMELF, 1994).

#### **6.4.2.1.2 Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)**

Zur Bestimmung der Kohlenstoffemissionen aus Waldböden wurde die Vorratsänderungsmethode angewandt (2006 IPCC Guidelines). Dazu konnten Daten aus den bodenkundlichen Inventuren BZE I und BZE II genutzt werden. Die BZE I wurde von 1987 bis 1992 und die BZE II von 2006 bis 2008 durchgeführt. Bei allen drei Inventuren wurden sowohl die gesamte organische Auflage, im folgendem nach IPCC 2006 Guidelines Streu genannt, als auch der Mineralboden beprobt. Die Daten der Inventuren wurden von den Bundesländern erhoben.

Bei der BZE I (WOLFF & RIEK, 1996) und BZE II (WELLBROCK et al., 2006) wurden Waldböden deutschlandweit in einem Raster von 8 km x 8 km beprobt. Dazu wurden an jedem Rasterpunkt in einem Radius von 10 m acht Satellitenproben um eine zentrale Bodengrube mit freigelegtem Bodenprofil genommen. Die Anzahl der Rasterpunkte betrug bei der BZE I 1800 und bei der BZE II 2000. Die Zunahme in der Stichprobenanzahl zwischen beiden Inventuren erklärt sich v.a. dadurch, dass Flächen betreten werden durften, bei denen zuvor keine Zutrittserlaubnis vorlag (z.B. sind alte Truppenübungsplätze jetzt zugänglich).

Die Rasterpunkte der beiden Inventuren lagen zum Großteil jeweils innerhalb eines Radius von 30 m. Bei ca. 400 Punkten ist es zu einer systematischen Rasterverschiebung gegenüber der BZE I gekommen.

Während für die BZE I eine Datenbank mit ca. 1800 Punkten vorliegt, für die Kohlenstoffvorräte in Streu und Mineralboden (0-30 cm) berechnet wurden (Wolff & Riek, 1996), ist die Übermittlung der Daten aus den BZE II-Erhebungen von den Bundesländern an eine gemeinsame Bundesdatenbank gegenwärtig nahezu abgeschlossen. Von den 2000 Stichprobenpunkten, die aus der BZE II zur Verfügung stehen, liegen Daten von ca. 1.800 Rasterpunkten für die Kohlenstoffvorratsberechnung vor. Die Analysen und deren Bewertung mit den Länderexperten sind noch nicht abgeschlossen.

#### **6.4.2.2 Biomasse (CRF-Table 4.A)**

##### **6.4.2.2.1 Verbleibende Waldfläche**

Die Berechnung der Änderungen der Kohlenstoffvorräte für die Biomasse erfolgt nach dem Tier 2-Ansatz mit der Vorratsveränderungsmethode (stock-difference method, Equation 2.8 2006 IPCC Guidelines). Durch die Anwendung dieser Methode erhält man einen durchschnittlichen landesspezifischen Emissionsfaktor (IEF) für die Zeiträume zwischen den jeweiligen Jahren, für die Datenquellen vorhanden sind. Somit gibt es einen IEF vor 2002, der die durchschnittliche Biomasseveränderung zwischen BWI 1987 und BWI 2002 in den alten Bundesländern und DWSF und BWI 2002 in den neuen Bundesländern widerspiegelt, einen IEF für die Periode 2002 bis 2008 der eine durchschnittliche Biomasseveränderung zwischen BWI 2002 und IS08 (2008) und einen IEF für 2008 bis 2012 der eine durchschnittliche

Biomasseveränderung zwischen IS08 und BWI 2012 für ganz Deutschland wiedergibt. Dadurch erfolgt zwischen den Jahren 2001/2002 und 2007/2008 eine Anpassung der Biomasseveränderungen, die zu den sogenannten „Sprüngen“ führt (siehe Kapitel 6.4.1 Abbildung 55). Der Grund für die Veränderungen zwischen den Perioden ist die Holznutzung, die in der Inventurperiode 2002 bis 2008 zugenommen und in der Periode 2008 bis 2012 wieder abgenommen hat.

Für die alten Bundesländer liegen für den Zeitraum bis 2002 Daten aus zwei Bundeswaldinventuren (Stichtage: 1.10.1987 und 1.10.2002) vor. Die Kohlenstoffvorräte in der Biomasse nahmen in den Wäldern der alten Bundesländer zwischen der BWI 1987 und BWI 2002 um  $1,26 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  zu. Die Vorratsanreicherung ist auf die geringe Nutzung im Vergleich zum Zuwachs zurückzuführen. Für die neuen Bundesländer wurden - wegen Fehlens einer der BWI 1987 vergleichbaren Erstinventur - die Daten der BWI 2002 mit den Daten des Datenspeichers Waldfonds (DSWF) verglichen. Beim Vergleich zeigte sich eine Netto-Kohlenstoffvorratsanreicherung von  $1,83 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Der gesamtdeutsche Emissionsfaktor beträgt für diesen Zeitraum  $1,43 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Für den Zeitraum von 2002 bis 2008 stehen für die Veränderungsrechnung die Daten der BWI 2002 und der Inventurstudie 2008 (IS08) (jeweils für Gesamtdeutschland) zur Verfügung. Auf Basis dieser Informationen wurde eine Vorratsanreicherung von  $0,43 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für das Bundesgebiet berechnet. Mit den neuen Daten der BWI 2012 konnte für die Periode von 2008 bis 2012 eine weiterführende Vorratsveränderung mit den Daten der IS08 und der BWI 2012 berechnet werden, welche  $1,03 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  beträgt. Dieser Wert wird ab dem Jahr 2013 fortgeschrieben.

Nichtsdestotrotz hat die Senkenwirkung der bewirtschafteten Wälder im Jahr 2002 deutlich abgenommen. Ein Grund hierfür ist die nahezu Verdopplung der Nutzungsmenge. So wurden in der ersten Inventurperiode (1987-2002) in den alten Bundesländern durchschnittlich rund 47,9 Mio.  $\text{m}^3$  Vorratsfestmetern (Vfm) pro Jahr geerntet; in der Inventurperiode 2002 – 2008 dagegen rund 89,0 Mio.  $\text{m}^3$  Vfm. Trotz der Zunahme der Nutzungsmengen und den daraus resultierenden  $\text{CO}_2$ -Emissionen blieben diese in der Summe unter den  $\text{CO}_2$ -Einbindungen. Ab dem Jahr 2008 konnte mit den Daten der BWI 2012 wieder eine größere Senkenwirkung nachgewiesen werden. Auch dies ist auf die Nutzungsmenge zurückzuführen, die wieder abgenommen hat.

In Abbildung 57 sind die Kohlenstoffvorräte für die vier Inventurzeitpunkte angegeben. Die Daten von 1987 bzw. 1993 kommen aus der BWI 1987 bzw. dem DSWF, von 2002 aus der BWI 2002, von 2008 aus der IS08 und von 2012 aus der BWI 2012. Auch diese Zahlen verdeutlichen die Zunahme des Kohlenstoffvorrates in den Wäldern, wobei hier nur die Vorräte für die verbleibenden Waldflächen ohne Neuwaldflächen berücksichtigt wurden.

Die Wälder der Bundesrepublik Deutschland sind damit insgesamt eine Nettosenke für Kohlenstoff.

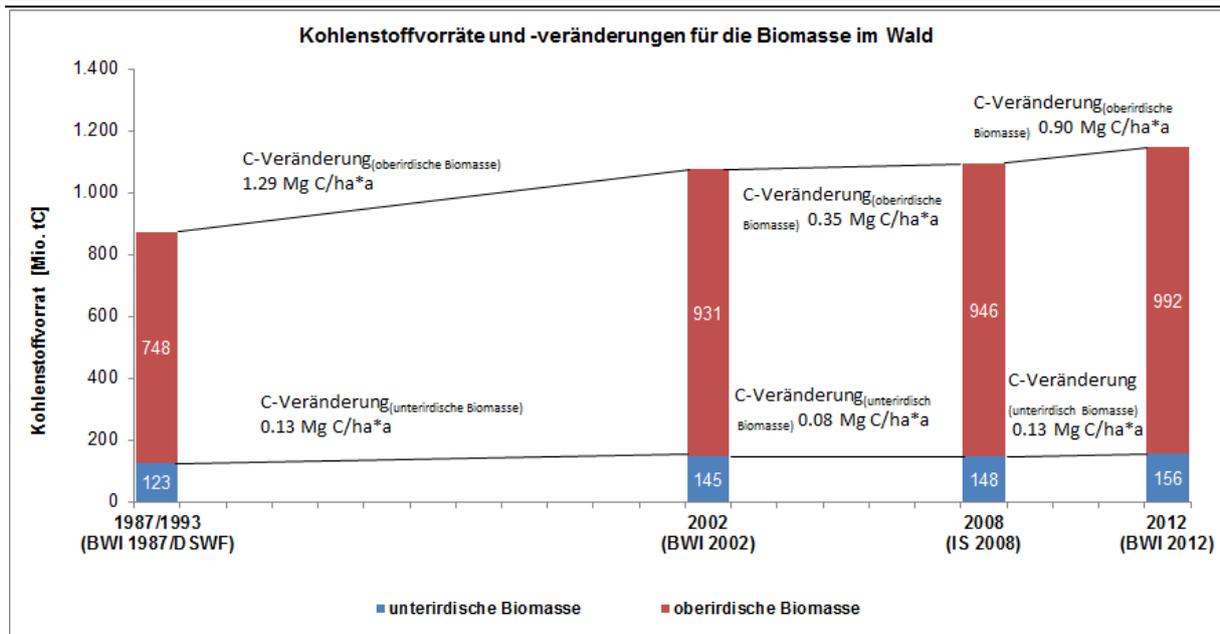


Abbildung 57: Kohlenstoffvorräte und Kohlenstoffvorratsveränderungen für die unterirdische und oberirdische Biomasse im Wald für die Jahre 1987/1993, 2002, 2008 und 2012

#### 6.4.2.2 Neuwaldfläche

Die Berechnung der Änderungen der Kohlenstoffvorräte für die Biomasse auf Neuwaldflächen erfolgt nach dem Tier 2-Ansatz nach der Formel 2.16 der *2006 IPCC Guidelines*. Dabei wird die Vorratsveränderung durch die Differenz zwischen dem Biomassevorrat vor und nach der Umwandlung gebildet (siehe auch Kapitel 6.1.2.3).

Für die Neuwaldfläche wurde auf Basis der BWI 1987, BWI 2002 und BWI 2012 eine Einzelbaumberechnung durchgeführt. Für den Zeitraum bis 2002 wurden nur Bäume in den alten Bundesländern berücksichtigt, da die BWI 1987 nur dort durchgeführt wurde. Ab dem Jahr 2002 erfolgte eine Berechnung für Gesamtdeutschland. Die Kohlenstoffvorräte wurden für jede Umwandlungsfläche einer Landnutzungskategorie in Wald berechnet und am Ende in der Kategorie Neuwald zusammengefasst. Die Vorräte der Vornutzungskategorien wurden abgezogen und somit berücksichtigt.

Da für den Zeitraum von 1990 bis 2002 in den neuen Bundesländern die Holzvorräte der Neuwaldflächen nicht direkt aus dem Vergleich zweier Inventuren abgeleitet werden konnten, wurden die Werte der alten Bundesländer verwendet.

Die Biomassevorräte am Ende der Vegetationsperiode 2002 bzw. 2012 entsprechen der Vorratszunahme in der Biomasse über den gesamten Betrachtungszeitraum seit 1987. Diese Vorratszunahme wurde linear in den Perioden 1990 bis 2002 und 2002 bis 2012 interpoliert. Die Daten der IS08 sind für die Berechnung der Biomasse von Neuwaldflächen ungeeignet, da keine Neuwaldflächen aufgenommen wurden. Die Kohlenstoffvorratsanreicherung in der Biomasse beträgt für 1990 bis 2002 jedes Jahr  $3,40 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und für 2002 bis 2014 jedes Jahr  $3,64 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Zu beachten ist, dass die Aufforstungsflächen 20 Jahre in dieser Landnutzungskategorie verbleiben. Bei den jährlich hinzukommenden Flächen ist der Kohlenstoffvorratsverlust von der Vornutzung im Umwandlungsjahr zu berücksichtigen, der sofort als Emission gewertet wird.

#### **6.4.2.2.3 Herleitung der Einzelbaumbiomassen**

Die Schätzung der oberirdischen Biomasse erfolgt durch Biomassefunktionen, die mit den Daten der Bundeswaldinventur hergeleitet wurden. Weitere Informationen finden sich in KÄNDLER & BÖSCH (2013) und im Kapitel 6.4.2.2.4. Auch die unterirdische Biomasse wird über Biomassefunktionen hergeleitet. Dies geschieht mit Hilfe bundesweit repräsentativer Funktionen (siehe Kapitel 6.4.2.2.5).

Für die Berechnung von Kohlenstoffvorräten wurden für 1987 für die alten Bundesländer die Daten der BWI 1987 (ca. 230.000 vermessene Bäume) verwendet. Für die neuen Bundesländer liegen mit dem Datenspeicher Waldfonds die Daten der Forsteinrichtung bis 1993 in aggregierter Form zur Kohlenstoffvorrats-Berechnung vor. Die BWI 2002 mit ca. 377.000 vermessenen Bäumen bildet die Datengrundlage für das Stichjahr 2002. Ergänzt werden die BWI-Daten durch die wiederholte Aufnahme von ca. 83.000 Bäumen in der Inventurstudie 2008. Hinzugekommen sind die Daten der BWI 2012 mit rund 537.000 aufgenommenen Bäumen. Diese Datenquellen bilden so gute Berechnungsgrundlagen für die die Kohlenstoffvorrats-Veränderungsschätzungen, dass die Vorratsveränderungsmethode (Stock-Difference Method, 2006 IPCC Guidelines) der Biomasse-Zunahme-Abnahme-Methode (Gain-Loss Method, 2006 IPCC Guidelines) vorgezogen werden konnte.

#### **6.4.2.2.4 Konvertierung in oberirdische Einzelbaumbiomasse**

Die rund 1600 Bäume der Studie von KÄNDLER & BÖSCH (2013) beschränkten sich auf die Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Alle weiteren Baumarten werden mit Ausnahme der Weichlaubhölzer den bereits genannten zugeordnet. Würden die Weichlaubhölzer ebenfalls der Baumart Buche zugeordnet und die entsprechenden Funktionen und Koeffizienten angewendet, wäre eine deutliche Überschätzung der Biomasse für diese Baumartengruppe die Folge. Aus diesem Grund wurde über sogenannte Pseudobeobachtungen basierend auf den GRUNDNER & SCHWAPPACH (1952)-Tafeln für die Weichlaubhölzer eine Biomassefunktion gleichen Typs angepasst.

Die Biomassefunktionen nach Baumartengruppen gliedern sich in drei Teile:

- Bäume  $\geq 10$  cm Brusthöhendurchmesser (BHD)
- Bäume  $\geq 1,3$  m Höhe und  $< 10$  cm BHD sowie
- Bäume  $< 1,3$  m Höhe

Bei Bäumen  $< 1,3$  m Höhe (hier kann kein BHD gemessen werden) ist eine Differenzierung nach den genannten 5 Baumartengruppen nicht mehr sinnvoll. Deshalb wird hier nur nach Nadel- und Laubholz unterschieden. In den Übergangsbereichen wurden die Funktionen mit Hilfe statistischer Verfahren geglättet, so dass hier mögliche Sprünge zwischen den Funktionen vermieden werden konnten.

Im Folgenden sind die Funktionen zur Ableitung der oberirdischen Biomasse aus den Bundeswaldinventurdaten und deren Koeffizienten, getrennt nach Baumartengruppen aufgeführt.

**Bäume ab 10 cm BHD**

Gleichung 18

$$Y_{BIOM_0} = b_0 e^{b_1 \frac{BHD}{BHD+k_1}} e^{b_2 \frac{D03}{D03+k_2}} H^{b_3}$$

mit  $Y_{BIOM_0}$  = Oberirdische Biomasse in kg pro Einzelbaum,  
 $b_{0,1,2,3}$  und  $k_{1,2}$  = Koeffizienten der Marklundfunktion,  
 BHD = Brusthöhendurchmesser in cm,  
 D03 = Durchmesser in cm auf 30% der Baumhöhe,  
 H = Baumhöhe in m.

Tabelle 331: Koeffizienten der Biomassefunktion für Bäume  $\geq 10$  cm BHD

Baumart	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$k_1$	$k_2$	RMSE%
Fichte	0,75285	2,84985	6,03036	0,62188	42,0	24,0	11,2
Kiefer	0,33778	2,84055	6,34964	0,62755	18,0	23,0	15,6
Buche	0,16787	6,25452	6,64752	0,80745	11,0	135,0	18,8
Eiche	0,09428	10,26998	8,13894	0,55845	400,0	8,0	12,1
Weichlaubholz	0,27278	4,19240	5,96298	0,81031	13,7	66,8	50,0 <sup>101</sup>

**Bäume > 1,3 m Höhe und < 10 cm BHD**

Gleichung 19

$$Y_{BIOM_0} = b_0 + \left( \frac{b_s - b_0}{d_s^2} + b_3 (BHD - d_s) \right) BHD^2$$

$Y_{BIOM_0}$  = Oberirdische Biomasse in kg pro Einzelbaum,  
 $b_{0,s,3}$  = Koeffizienten der Funktion,  
 BHD = Brusthöhendurchmesser in cm,  
 $d_s$  = Durchmesser gültigkeitsgrenze für diese Funktion = 10 cm.

Tabelle 332: Koeffizienten der Biomassefunktion für Bäume  $\geq 1,3$  m Höhe und < 10 cm BHD

Baumart	$b_0$	$b_s$	$b_3$
Fichte	0,41080	26,63122	0,01370
Kiefer	0,41080	19,99943	0,00916
Buche	0,09644	33,22328	0,01162
Eiche	0,09644	28,94782	0,01501
Weichlaubholz	0,09644	16,86101	-0,00551

**Bäume < 1,3 m Höhe**

Gleichung 20

$$Y_{BIOM_0} = b_0 H_1^b$$

$Y_{BIOM_0}$  = Oberirdische Biomasse in kg pro Einzelbaum,  
 $b_{0,1}$  = Koeffizienten der Funktion,  
 H = Baumhöhe in m.

Die Baumhöhe bei Bäumen unter 1,3 m Höhe wird bei der Bundeswaldinventur lediglich in zwei Stufen erfasst: 20-50 cm und 50-130 cm, so dass hier in die Funktion die jeweiligen Mittelwerte dieser Klassen von 35 cm und 90 cm als Standardwerte eingesetzt werden.

<sup>101</sup> Für diese Funktion ist keine Angabe des RMSE% verfügbar, deshalb wurde der IPCC Standardwert von 50% eingesetzt.

Tabelle 333: Koeffizienten der Biomassefunktion für Bäume &lt; 1,3 m Höhe

Baumart	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>
Fichte	0,23059	2,20101
Buche	0,04940	2,54946

Für die Neuen Bundesländer lagen für den Zeitpunkt 1990 keine Inventurdaten vor. Einzigst verfügbare Datenquelle ist der Datenspeicher Waldfonds von 1993, welcher die Vorräte und die Waldflächen für die Neuen Bundesländer nach einer einheitlichen Methode erfasst. Deshalb wurden, wie in den vergangenen Submissionen auch, die Derbholzvorräte mittels der in BURSCHEL et. al (1993) beschriebenen Methoden in Biomasse umgewandelt. In einem ersten Schritt wird das Derbholzvolumen mit dem Wurzelprozent multipliziert, so dass daraus die Angabe des unterirdischen Volumens resultiert. Anschließend wird das Derbholzvolumen und das unterirdische Volumen mit einem Volumensexpansionsfaktor multipliziert. Daraus resultiert das gesamte Baumholzvolumen. Wird vom Baumholzvolumen das Derbholz- und unterirdische Volumen subtrahiert, erhält man das Astvolumen. Anschließend werden die Volumina mit der Raumdichte multipliziert, wobei für das Astvolumen nach PISTORIUS et. al (2006) spezifische Raumdichten verwendet werden. Alle Werte sind in den folgenden Tabellen aufgeführt.

Tabelle 334: Wurzelprozent und Raumdichten zur Konvertierung der Datenspeicher Waldfonds-Daten

Baumart	Wurzelprozent (bis 20 Jahre)	Wurzelprozent (> 20 Jahre)	RMSE%	Raumdichte (Derbholz und Wurzel)	Raumdichte (Astholz)	RMSE%
Fichte	100	30	50	0,38	0,49	18,8
Tanne	100	25	50	0,36	0,49	22,7
Douglasie	100	25	50	0,41	0,49	20,7
Kiefer	100	25	50	0,43	0,49	27,2
Lärche	100	25	50	0,49	0,49	18,2
Buche	100	25	50	0,56	0,54	13,7
Eiche	100	25	50	0,57	0,57	19,8
Hartlaubholz	100	25	50	0,56	0,57	15,0
Weichlaubholz	100	25	50	0,46	0,54	8,7

Tabelle 335: Volumensexpansionsfaktoren zur Konvertierung von Derbholzvolumen + unterirdischem Volumen zum Baumholzvolumen der Datenspeicher Waldfonds-Daten

Baumart	0 bis 20 Jahre	21 bis 40 Jahre	41 bis 60 Jahre	61 bis 80 Jahre	81 bis 100 Jahre	101 bis 120 Jahre	121 bis 140 Jahre	141 bis 160 Jahre	> 160 Jahre	RMSE %
Fichte	4	1,65	1,51	1,45	1,45	1,45	1,46	1,47	1,48	50
Tanne	4	1,52	1,44	1,44	1,38	1,41	1,41	1,42	1,41	50
Douglasie	4	1,65	1,51	1,45	1,45	1,45	1,46	1,47	1,48	50
Kiefer	4	1,51	1,42	1,40	1,36	1,34	1,34	1,34	1,33	50
Lärche	4	1,51	1,42	1,40	1,36	1,34	1,34	1,34	1,33	50
Buche	4	1,69	1,47	1,41	1,38	1,39	1,39	1,38	1,39	50
Eiche	4	1,58	1,41	1,39	1,37	1,35	1,34	1,35	1,34	50
Hartlaubholz	4	1,69	1,47	1,41	1,38	1,39	1,39	1,38	1,39	50
Weichlaubholz	4	1,69	1,47	1,41	1,38	1,39	1,39	1,38	1,39	50

Sowohl für das Wurzelprozent als auch für den Volumensexpansionsfaktor sind keinerlei Unsicherheiten bekannt. Aus diesem Grund wird hier der IPCC Standardwert von 50 % verwendet.

**6.4.2.2.5 Konvertierung in unterirdische Biomasse**

Um zwischen der Herleitung der oberen und der unteren Biomasse vergleichbare und transparente Methoden anwenden zu können, werden seit der Submission 2015 Biomassefunktionen basierend auf begutachteten Artikeln verwendet. Für die Kiefer wurde vom Thünen Institut eine eigene Biomassefunktion zur Ableitung der unterirdischen Biomasse entwickelt. Alle gewählten Biomassefunktionen entsprechen der Gleichung 21.

Gleichung 21

$$Y_{BIOM_u} = b_0 BHD^{b_1}$$

$Y_{BIOM_u}$  = unterirdische Biomasse in kg pro Einzelbaum

$b_{0,1}$  = Koeffizienten der unterirdischen Biomassefunktion.

Tabelle 336:

Baumart	$b_0$	Parameter	$b_1$	RMSE%	Region	Quelle
Fichte	0.003720	BHD [cm]	2.792465	34,6	Solling	BOLTE (2003)
Kiefer	0.006089	BHD [cm]	2.739073	26,3	Barnim	NEUBAUER & DEMANT (2013)
Buche	0.018256	BHD [cm]	2.321997	49,0	Solling	BOLTE (2003)
Eiche	0.028000	BHD [cm]	2.440000	50,0 <sup>102</sup>	Nordost Frankreich	DREXHAGE (2001) in BOLTE (2003)
Weichlaubholz (Wurzelbiomasse)	0.000010	BHD [mm]	2.529000	9,6	Südschweden	JOHANNSSON (2012)
Weichlaubholz (Wurzelstumpfbiomasse) <sup>103</sup>	0.000116	BHD [mm]	2.290300	15,9	Südschweden	JOHANNSSON (2012)

Auf die Verwendung von log-Funktionen, welche in der Literatur ebenfalls vorhanden sind (siehe Abbildung 58), wurde bewusst verzichtet. Eine „Rücktransformierung“ der Fehlerwerte zur Weiterverwendung im Fehlerbudget ist nicht möglich bzw. es stellte sich heraus, dass bei Vorliegen der original Messwerte, die log-Fehlerangaben nach einer „Rücktransformation“ ähnlich hoch ausfallen, wie in der ursprünglichen Skaleneinheit.

Neben der Thünen-Institut-eigenen Kiefernfunktion (NEUBAUER & DEMANT, 2013) ist auch die Funktion von DREXHAGE (2001) in BOLTE (2003) für Eiche für Europa einzigartig. Die gewählten Funktionen für Buche und Fichte decken einen wesentlich breiteren Bereich in der BHD-Verteilung ab, vor allem im stärkeren Bereich, als Vergleichsstudien von WUTZLER et al. (2008) und WIRTH et al. (2004a). Die Funktionen haben somit einen wesentlich geringeren Extrapolationsbereich, wodurch ein „abdriften“ der Biomassewerte nach oben vermieden wird (siehe Abbildung 58).

Gleichzeitig wurden die gewählten Funktionen für Fichte und Buche jedoch nur in einem kleinen Gebiet, dem Solling erhoben. Dagegen beziehen die Funktionen von WUTZLER et al. (2008) und WIRTH et al. (2004a) Daten aus verschiedenen, geographisch unterschiedlichen Studien ein.

Dieser Vergleich der gewählten Funktionen für Fichte, Buche und Weichlaubholz (jeweils durchgezogene Linie in Abbildung 58) mit weiteren Veröffentlichungen zeigt, dass die gewählten Funktionen stets konservative Biomassevorräte schätzen. Die Veränderungsraten zwischen zwei Zuständen sind somit ebenfalls im Bezug auf andere Funktionen gering. Da in

<sup>102</sup> Für diese Funktion ist keine Angabe des RMSE% verfügbar, deshalb wurde der IPCC-Default von 50% eingesetzt.

<sup>103</sup> Der mittlere RMSE% beider Funktionen (Wurzelstumpfmasse + Wurzelmasse) beträgt 24,2%.

der Kategorie der unterirdischen Biomasse über den gesamten Berichtszeitraum Kohlenstoff akkumuliert wird, sind die Schätzungen zur Sequestrierungsrate als konservativ zu werten.

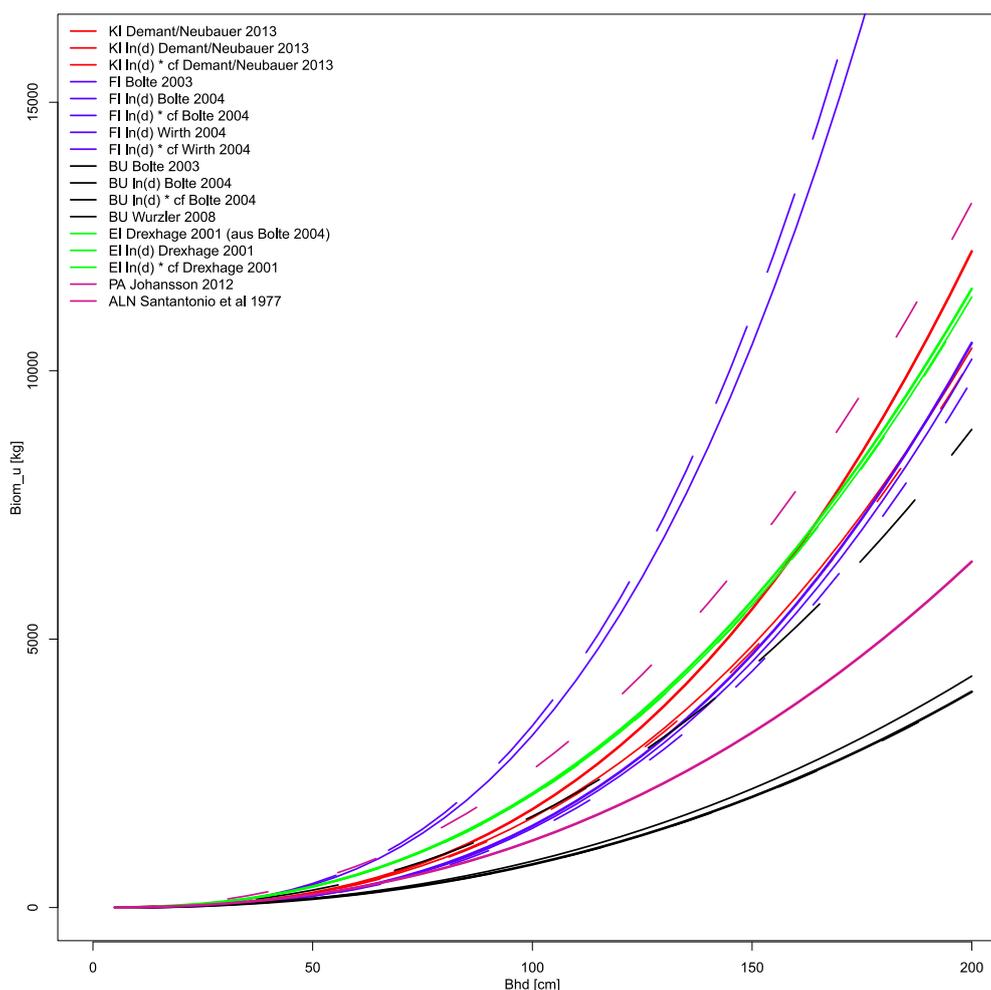


Abbildung 58: Vergleich verschiedener Funktionen zur Ableitung der unterirdischen Biomasse

#### 6.4.2.2.6 Konvertierung der Einzelbaumbiomasse in Kohlenstoff

Für die Konvertierung der Biomasse in Kohlenstoffvorräte wurde ein Wert von 0,5 angewandt. WIRTH et al. (2004) berichten, dass die Unterschiede zwischen den Kompartimenten innerhalb einer Baumart größer sind als die Unterschiede zwischen den Baumarten. Sie kommen auf eine Spanne von 0,5 bis 0,56 g C g<sup>-1</sup> in Nadelbäumen. Der relative Standardfehler des Kohlenstoffgehaltes in Holz wird von BURSCHEL et al. (1993) mit 1 bis 2 % angegeben, WEISS et al. (2000) benutzten 2 %. Insgesamt scheint daher ein mittlerer Kohlenstoffgehalt von 0,5 g C g<sup>-1</sup> als gute Annahme für den durchschnittlichen Gehalt mit einem relativen Standardfehler von ± 2 % als angemessen.

#### 6.4.2.2.7 Zustandsschätzer für 1987, 2002, 2008 u. 2012

Einige Bundesländer verwenden ein Stichprobennetz, das dichter ist als 4 x 4 km. Darüber hinaus haben einige Bundesländer das Stichprobennetz zwischen den Inventuren verdichtet. Daher muss die Hochrechnung auf die Bundesfläche stratifiziert nach homogenen Netzdichten nach sogenannten Samplingstraten erfolgen. An dieser Stelle werden die Hochrechnungsverfahren für den stratifizierten Stichprobenplan für die Zielgrößen Derbholzvorrat, Biomasse und Kohlenstoff zu einem Zeitpunkt vorgestellt. Berechnet werden

die Zustände zu den Zeitpunkten 1987, 2002, 2008 und 2012. Die Hochrechenalgorithmen sind für unterschiedliche Aussageeinheiten (gesamtes Bundesgebiet, verschiedene Regionen (Alte/Neue Bundesländer) und unterschiedliche LULUCF- bzw. ARD-Kategorien) identisch.

Die Bundeswaldinventur ist eine Traktstichprobe. Die kleinste Stichprobeneinheit ist der Trakt (Cluster) mit vier Trakt-Ecken (Probepunkten). An der Grenze des Inventurgebietes bzw. der Straten gibt es jedoch unvollständige Trakte mit variabler Größe, d.h. die Anzahl Stichprobenpunkte (Trakt-Ecken im Wald und Nichtwald) innerhalb eines Traktes kann zwischen den Werten 1 bis 4 variieren. Für jeden Trakt  $c$ , der im Stratum  $l$  lokalisiert ist, muss vorab die lokale Dichte ( $Y$ ) berechnet werden:

Gleichung 22

$$Y_{lc} = \frac{\sum_{m=1}^M I_{l,c,m} Y_{l,c,m}}{M_{l,c}}$$

mit  $M_{l,c}$  = Anzahl Stichprobenpunkte des Traktes  $c$  im Stratum  $l$ . Daraus ergibt sich der Mittelwertschätzer bezogen auf Wald und Nichtwald für das Stratum  $l$  wie folgt:

Gleichung 23

$$\hat{Y}_l = \frac{\sum_{c_l=1}^{C_l} M_{l,c} Y_{lc}}{\sum_{c_l=1}^{C_l} M_l}$$

Der Gesamtschätzer für eine Zielgröße über alle Straten hinweg ( $\hat{Y}_{st}$ ) ist ein mit den Flächenanteilen der Straten gewichteter Mittelwert aus den einzelnen Stratenschätzern:

Gleichung 24

$$\hat{Y}_{st} = \sum_{l=1}^L \hat{Y}_l \frac{\lambda(U_l)}{\lambda(U)}$$

Das Total einer Zustandsschätzung ergibt sich durch Multiplikation des Gesamtschätzers mit der Gesamtfläche  $\lambda(U)$ .

Gleichung 25

$$\hat{Y}_{st} = \hat{Y}_{st} \lambda(U)$$

Der (wald-) flächenbezogene Mittelwert ist definiert als Quotienten- oder Ratioschätzer ( $\hat{R}_{st}$ ) aus:

Gleichung 26

$$\hat{R}_{st} = \frac{\hat{Y}_{st}}{\lambda(U_{Wald})}$$

#### 6.4.2.2.8 Schätzer für die Vorratsveränderung nach der „Stock-Difference-Method“

Für die Berechnung der Veränderung zwischen zwei Zeitpunkten (den Perioden 1987 und 2002, 2002 und 2008 bzw. 2008 und 2012) wurde die CFI (Continuous Forest Inventory)

Methode gewählt, d.h. für die Hochrechnung werden nur die Traktecken herangezogen, die zu beiden Zeitpunkten aufgenommen wurden. Die Veränderungsschätzung beruht somit auf der Differenz beider Zustandsschätzungen. Auf Ebene der Straten wird die Gesamtveränderung geschätzt durch:

Gleichung 27

$$\hat{G}_l = \hat{Y}_l^{(t_2)} - \hat{Y}_l^{(t_1)}$$

Die Schätzung der Gesamtveränderung über die Straten hinweg für die gesamte Aussageeinheit erfolgt analog zu Gleichung 24. Die Schätzung des Veränderungstotals berechnet sich nach Gleichung 25. Die Veränderung des flächenbezogenen Mittelwertes ergibt sich aus:

Gleichung 28

$$\hat{G}_{Rst} = \hat{R}_{st}^{(t_2)} - \hat{R}_{st}^{(t_1)}$$

#### 6.4.2.2.9 *Interpolation der Zeiträume hin zu jährlichen Veränderungsschätzungen*

Da es sich bei der Bundeswaldinventur um eine periodisch wiederkehrende Inventur handelt, müssen die Veränderungsschätzungen zwischen zwei Zeiträumen interpoliert werden, um jährliche Veränderungsrate, sogenannte Emissionsfaktoren, zu erhalten. Für die Zeiträume zwischen den Inventuren BWI 1987, BWI 2002, IS 2008 und BWI 2012 erfolgte eine lineare Interpolation auf Ebene der LULUCF- bzw. ARD-Klassen. Der Emissionsfaktor *EF* für eine LULUCF-Klasse ist somit als Quotient des flächenbezogenen Mittelwertes und der Anzahl Jahre *a* im Inventurintervall definiert:

Gleichung 29

$$EF = \frac{\hat{G}_{Rst}}{a}$$

Demzufolge entspricht Gleichung 27 der Equation 2.5 der 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2006):  
Equation 2.5, 2006 IPCC Guidelines

$$\Delta C = \frac{(C_{t_2} - C_{t_1})}{(t_2 - t_1)}$$

Für eine Fortschreibung der Veränderungsschätzungen über den Inventurzeitraum hinaus (Extrapolation) wird ebenfalls ein linearer Trend angenommen.

#### 6.4.2.3 **Totholz (CRF-Table 4.A)**

##### 6.4.2.3.1 *Verbleibende Waldfläche*

Die Berechnung der Änderung des Totholzkohlenstoffvorrates erfolgt nach dem Tier 2-Ansatz mit der Vorratsveränderungsmethode (Stock-Difference Method, Equation 2.19, 2006 IPCC Guidelines).

Für die Berechnung der Kohlenstoffvorräte im Totholz wurden die Daten der BWI 2002 (BMELV 2005), der Inventurstudie 2008 und der BWI 2012 verwendet. Totholzdaten zum Zeitpunkt der BWI 1987 stehen nicht zur Verfügung, da bei dieser Inventur kein Totholz aufgenommen

wurde. Die terrestrische Aufnahme der BWI 2002 beschränkte sich auf Totholz mit einem Durchmesser ab 20 cm am dickeren Ende bei liegendem Totholz bzw. BHD bei stehendem Totholz sowie Stöcke ab 50 cm Höhe oder 60 cm Schnittflächendurchmesser (BMVEL 2001). Aufgrund der Vorgaben der Klimaberichterstattung wurde die Erfassungsgrenze für Totholzobjekte bei den Erhebungen der Inventurstudie 2008 und der BWI 2012 auf einen Durchmesser ab 10 cm am dickeren Ende gesenkt (BMELV 2010). Bei allen drei Waldinventuren erfolgte eine Unterteilung in die drei Baumartengruppen Nadelbäume (NDH), Laubbäume (LBH) (außer Eiche) und Eiche (EI). Der Zersetzungsgrad des Totholzes wurde nach vier Kategorien angesprochen (BMELV 2010, BMVEL 2001).

Für die Berichterstattung nach den 2006 IPCC Guidelines wurde aus den in der Inventurstudie erhobenen Daten die Relation des Totholzvorrates zwischen der Aufnahmegrenze von 10 cm und 20 cm ermittelt. Unter der Annahme, dass dieses Verhältnis zum Zeitpunkt der BWI 2002 gleich war, erfolgte die Schätzung des Totholzvorrates ab 10 cm Aufnahmegrenze für das Jahr 2002. Für die Totholzvorräte der BWI 2002 der Inventurstudie (2008) und der BWI 2012 wurde die Biomasse für die einzelnen Zersetzungsgrade mit der Raumdichte nach FRAVER et al. (2002) für Nadelholz und nach MÜLLER-USING & BARTSCH (2009) für Laubholz ermittelt. Für die Berechnung der Raumdichte des Laubholzes wurden die Totholzobjekte der Baumartengruppen Laubbäume (außer Eiche) und Eiche zusammengelegt. Einen Überblick über die verwendeten Biomasse Expansionsfaktoren und deren Fehler getrennt nach Baumartenklassen und Zersetzungsgrade finden sich in Tabelle 337.

Tabelle 337: Biomasse Expansionsfaktoren (BEF) und deren Fehler (RMSE%) für die Baumartenklassen und Zersetzungsgrade (NDH = Nadelbäume, LBH = Laubbäume, EI = Eiche)

Totholzart	Zersetzungsgrad	BEF	RMSE%	Quelle
NDH	1 frisch abgestorben	0.372	17,2	FRAVER (2002)
NDH	2 beginnende Zersetzung	0.308	27,9	FRAVER (2002)
NDH	3 fortgeschrittene Zersetz.	0.141	35,5	FRAVER (2002)
NDH	4 stark vermodert	0.123	25,2	FRAVER (2002)
LBH	1 frisch abgestorben	0.58	12,1	MÜLLER-USING (2009)
LBH	2 beginnende Zersetzung	0.37	43,2	MÜLLER-USING (2009)
LBH	3 fortgeschrittene Zersetz.	0.21	33,3	MÜLLER-USING (2009)
LBH	4 stark vermodert	0.26	65,4	MÜLLER-USING (2009)
EI	1 frisch abgestorben	0.58	12,1	MÜLLER-USING (2009)
EI	2 beginnende Zersetzung	0.37	43,2	MÜLLER-USING (2009)
EI	3 fortgeschrittene Zersetz.	0.21	33,3	MÜLLER-USING (2009)
EI	4 stark vermodert	0.26	65,4	MÜLLER-USING (2009)

Die jährliche Änderung des Kohlenstoffvorrates im Totholz wurde nach Gleichung 30 (Equation 2.19, 2006 IPCC Guidelines) berechnet und beträgt für die Periode 2002 bis 2007 0,0967 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und für 2008 bis 2013 -0,0519 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Für den Zeitraum von 1990 bis 2001 wurde eine mittlere Totholzvorratsveränderung der Perioden 2002-2007 und 2008-2012 gleichbleibend für alle Jahre angenommen, die 0,0368 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> beträgt.

Gleichung 30

$$\Delta C_{FFDW} = \frac{A * (B_{t_2} - B_{t_1})}{T} CF$$

mit:

$\Delta C_{FFDW}$  = jährliche Änderung des Kohlenstoffes im Totholz auf verbleibenden Waldflächen

A = Fläche des verbleibenden Waldes

$B_{t_1}$  = Totholzvorrat zum Zeitpunkt  $t_1$  (Beginn der Periode) für den verbleibenden Wald

$B_{t_2}$  = Totholzvorrat zum Zeitpunkt  $t_2$  (Ende der Periode) für den verbleibenden Wald

$T=(t_2-t_1)$  = Zeitraum zwischen den beiden Schätzungen  
 $CF =$  Kohlenstoffkonversionsfaktor (Standardwert = 0,5)

#### **6.4.2.3.2 Neuwaldfläche**

Die jährliche Änderung des Kohlenstoffvorrates im Totholz auf Neuwaldflächen wurde nach Equation 2.19 der 2006 IPCC Guidelines (IPCC, 2006) berechnet. Sie ist identisch mit der Gleichung für die Veränderung der Totholzvorräte für verbleibenden Wald (siehe Gleichung 30). Der Totholzvorrat auf Neuwaldflächen für den Zeitpunkt 2012 ( $t_2$ ) wird aus den Daten der BWI 2012 bestimmt. Als Neuwaldflächen zählen die Flächen, die zum Zeitpunkt der BWI 1987 nicht Waldflächen waren. Daraus folgt, dass für den Zeitpunkt 1987 ( $t_1$ ) der Totholzvorrat mit Null angenommen wird. Der Zeitraum zwischen den zwei Zeitpunkten beträgt 25 Jahre, was sowohl für die Konventions- wie für die Kyotoberichterstattung zu einer Unterschätzung der Totholzvorratsveränderung führt und somit einen konservativen Ansatz darstellt. Die jährliche Änderung der Kohlenstoffvorräte im Totholz auf Neuwaldflächen beträgt  $0,0344 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Für die Bestimmung von Totholzvorräten für Neuwaldflächen standen nur die Daten der BWI 2012 zur Verfügung. Bei der Inventurstudie 2008 wurden keine Neuwaldflächen erhoben, die BWI 2002 beschränkte sich auf die Aufnahme von Totholz mit einem Durchmesser ab 20 cm am dickeren Ende bei liegendem Totholz bzw. BHD bei stehendem Totholz und bei der BWI 1987 wurde kein Totholz erfasst.

#### **6.4.2.4 Streu (CRF-Table 4.A)**

##### **6.4.2.4.1 Verbleibende Waldfläche**

Die Berechnung der Kohlenstoffvorratsveränderung für die Streu erfolgt nach dem Tier 2-Ansatz mit der Vorratsveränderungsmethode (Stock-Difference Method, Equation 2.19, 2006 IPCC Guidelines).

Die Veränderungsrechnung der Kohlenstoffvorräte im Boden und Streu basiert auf den Daten der bundesweiten Bodenzustandserhebungen im Wald (BZE I und BZE II, siehe Kapitel 6.4.2.1.2, Grueneberg et al., 2014). Im Zeitraum von 1990 (BZE I) bis 2006 (BZE II) war eine leichte Abnahme der Kohlenstoffvorräte von  $-0,02 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  zu verzeichnen (Grueneberg et al., 2014). Es wird angenommen, dass dieser Trend auch für den Zeitraum von 2007 bis 2014 gilt. Eine ausführliche Beschreibung zum methodischen Vorgehen zur Bestimmung der Kohlenstoffveränderung in der Streu ist im Kapitel 6.4.2.4.4 zu finden.

##### **6.4.2.4.2 Neuwaldflächen**

Die Berechnung der Kohlenstoffvorratsänderungen erfolgte nach dem Tier 2-Ansatz (Equation 2.23, 2006 IPCC Guidelines). Dieser Ansatz erfordert die Herleitung der jährlichen Kohlenstoffänderungsrate. Diese wird berechnet aus den durchschnittlichen Streuvorräten im Wald unter Gleichgewichtsbedingungen und einer Übergangsperiode, die benötigt wird, bis sich die Streuvorräte bei Aufforstung aufgebaut haben.

Für die Berechnung der Streuauflage wurden die Zustandsdaten der BZE I und BZE II verwendet. Danach betragen die mittleren Kohlenstoffvorräte in der Streu für das Stichjahr 1990 der BZE I  $19,0 \text{ t C ha}^{-1}$  und für das Stichjahr 2006 der BZE II  $18,8 \text{ t C ha}^{-1}$ . Somit zeigte es sich, dass die mittleren Kohlenstoffvorräte in der Streu im Wald ihrerseits einem leichten Trend unterlagen. Die mittleren Vorräte werden diesem Trend angepasst. Sie werden für die

Periode von 1991 bis 2005 durch Interpolation und ab 2007 durch Extrapolation berechnet und als Berechnungsgrundlage für Aufforstungsflächen herangezogen (siehe Tabelle 338). Die methodische Beschreibung für die Herleitung der Kohlenstoffvorräte in der Streu findet sich im Kapitel 6.4.2.4.3.

Tabelle 338: Implizierte Emissionsfaktoren (IEF) für Streu der Landnutzungskategorien zu Neuwald

Jahr	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
IEF [t C ha <sup>-1</sup> ]	0,4750	0,4734	0,4719	0,4703	0,4700	0,4697	0,4694	0,4691	0,4688	0,4684	0,4681
Jahr	2013	2014									
IEF [t C ha <sup>-1</sup> ]	0,4678	0,4675									

Für die Übergangsperiode wurde angenommen, dass sich erst nach 40 Jahren ein mittlerer Kohlenstoffvorrat in der Streu einstellt. Dieser Wert wird von Standardwerten für die Kohlenstoffspeicherung in der Bodenaufgabe sowie von Standardwerten für die Zeiträume bis zur Erreichung eines neuen Gleichgewichtes nach PAUL et al. (2009) und den 2003 IPCC Good Practice Guidance, Tabelle 3.2.1 (IPCC, 2003) belegt. In der IPCC-Tabelle 3.2.1 wird für Deutschland die warmgemäßigte Klimazone (feucht) angenommen und ein Mittelwert zwischen den Laub- und Nadelwaldwerten gebildet. Somit ergibt sich der jährliche Kohlenstoffaufbau in der Streu durch den mittleren Kohlenstoffvorrat des jeweiligen Jahres geteilt durch die Anzahl der Jahre bis sich dieser einstellt.

Eine weitere Unterteilung der Aufforstungsflächen in die Klassen „natürliche Regeneration“ und „menschlich induziert“ wurde nicht unternommen (siehe Kapitel 11.4.1).

#### 6.4.2.4.3 Herleitung der Kohlenstoffvorräte der Streu

Die Beprobung der Streu erfolgte an den Inventurpunkten anhand von Mischproben an Satelliten mit Stechrahmen unterschiedlicher Größe (GRUENEGERG et al., 2014). Als Streu entsprechend den 2006 IPCC Guidelines wurde die gesamte tote organische Auflage einschließlich den L-, Of- und Oh-Horizonten angesehen (IPCC, 2006). Die Messung der organischen Kohlenstoffkonzentration der Streu erfolgte durch eine vergleichbare Methodik. Dabei gilt, dass der Gesamtkohlenstoff ( $C_{ges}$ ) gleich dem organischen Kohlenstoff ( $C_{org}$ ) ist ( $[C_{ges}] = [C_{org}]$ ). Der Kohlenstoffvorrat der Streu errechnete sich aus der Fläche des Stechrahmens sowie aus dem Gewicht und der organischen Kohlenstoffkonzentration der Streu. Die Beschreibung der verwendeten Methoden bei der Beprobung und Analytik findet sich in WELLBROCK et al. 2006 und KÖNIG et al. 2005.

In die Berechnung der Kohlenstoffvorräte der Streu gingen alle für die BZE I und BZE II vorliegenden Punkte mit Angaben zum Waldtyp ein. Alle Werte kleiner oder größer der doppelten Standardabweichung ( $x \pm 2 \sigma$ ) wurden als Ausreißer aufgefasst und gelöscht. Aus den Werten der verbliebenen Datenpunkte für BZE I ( $n = 1629$ ) und BZE II ( $n = 1542$ ) ließen sich die Kohlenstoffvorräte getrennt für Laub-, Nadel- und Mischwald angeben (siehe Tabelle 339). Die mittleren Kohlenstoffvorräte der beiden Inventuren wurden als gewichtetes Mittel aus den Kohlenstoffvorräten der drei Waldtypen berechnet. Die Gewichte wurden dabei aus den Flächenanteilen der Waldtypen an der Gesamtwaldfläche aus den CORINE Land Cover-Daten 1990 und 2006 und der regionalen Netzdichte ermittelt. Die mittleren Kohlenstoffvorräte der Stichproben betragen für die BZE I  $19,0 \pm 0,3 \text{ t C ha}^{-1}$  und für die BZE II  $18,8 \pm 0,3 \text{ t C ha}^{-1}$  (GRUENEGERG et al. 2014). Diese Werte dienen als Grundlage für die Berechnung von

CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Streuauflage bei Entwaldung (siehe Kapitel 11.3.1.4) und Kohlenstoffsequestrierung in selbiger bei Aufforstungen (siehe Kapitel 6.4.2.4.2).

Tabelle 339: In den Inventuren BZE I und BZE II ermittelte Kohlenstoffvorräte in der Streu deutscher Wälder mit Angabe des Standardfehlers (Grüneberg et al. 2014)

Waldtyp	Kohlenstoffvorräte (BZE I) [t C ha <sup>-1</sup> ]	Kohlenstoffvorräte (BZE II) [t C ha <sup>-1</sup> ]
Laubwald	8,35 ± 0,37	6,78 ± 0,30
Mischwald	17,94 ± 0,63	14,99 ± 0,70
Nadelwald	23,75 ± 0,44	25,23 ± 0,49
<b>Wald gesamt</b>	<b>19,04 ± 0,30</b>	<b>18,83 ± 0,32</b>

#### 6.4.2.4.4 Herleitung der Kohlenstoffvorratsänderung in der Streu in dem Zeitraum von 1990 (BZE I) bis 2006 (BZE II)

Die bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte eingehenden Punkte wurden als ungepaarte Stichproben aufgefasst. Es wurde mit einem zweiseitigen T-Test für ungepaarte Stichproben getestet, ob sich die logarithmierten Kohlenstoffvorräte zu beiden Inventurzeitpunkten unterschieden. Jedem Punkt wurde dabei ein Gewicht zugeordnet, das sich aus dem Flächenanteil des jeweiligen Stratums und der regionalen Netzdichte zusammensetzte. Die durchschnittliche Differenz betrug  $-0,02 \pm 0,02 \text{ MgC ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (GRUENEGERG et al. 2014). Der Wert weicht nicht signifikant von Null ab.

Für die Neuwaldflächen wurde aus den Kohlenstoffvorräten der BZE I / BZE II und der durchschnittlichen Differenz jährlich abnehmende Faktoren für die Streuakkumulation berechnet (siehe Kapitel 6.4.2.4.2 sowie Tabelle 338).

#### 6.4.2.5 Mineralische Böden (CRF-Table 4.A)

##### 6.4.2.5.1 Verbleibende Waldfläche

Die Berechnung der Kohlenstoffvorratsveränderung für die mineralischen Böden erfolgt nach dem Tier 2-Ansatz der 2006 IPCC Guidelines (Equation 2.25, IPCC, 2006).

Die Hochrechnung der Kohlenstoffvorräte und -vorratsveränderungen in den mineralischen Böden basiert auf der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE I und BZE II, siehe Kapitel 6.4.2.1.2) entsprechend GRUENEGERG et al. 2014. Mit den vorhandenen Daten wurde eine Veränderungsrechnung für die mineralischen Böden für beide Inventuren durchgeführt. Das methodische Vorgehen wird ausführlich in den Kapiteln 6.4.2.5.3 und 6.4.2.5.4 beschrieben. Die Hochrechnung ergab über das gesamte Bundesgebiet gemittelt eine jährliche Zunahme des Kohlenstoffvorrates im Mineralboden von  $0,41 \pm 0,11 \text{ t C ha}^{-1}$ . Es wurde angenommen, dass dieser Trend auch für den Zeitraum 2007 bis 2014 anhält.

##### 6.4.2.5.2 Neuwaldflächen

Auch für die Neuwaldflächen wird - wie bei verbleibendem Wald - die Berechnung der Kohlenstoffvorratsveränderung für die mineralischen Böden nach dem Tier 2-Ansatz nach der Formel 2.25 der IPCC 2006 Guidelines berechnet.

Für Neuwaldflächen wurden die Kohlenstoffänderungen in den mineralischen Böden entsprechend Kapitel 6.1.2.1 berechnet. Die berechneten mittleren Emissionsfaktoren (Implied

Emission Factors) für das Jahr 2012 sind in Tabelle 310 im Kapitel 6.1.2.1 zusammengefasst und beziehen sich auf die jährliche Veränderung des Kohlenstoffvorrats der mineralischen Böden bei Landnutzungsänderung zu Neuwald bei einem Veränderungszeitraum von 20 Jahren.

#### **6.4.2.5.3 Herleitung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen**

Die Herleitung der Kohlenstoffvorräte und deren Veränderungen erfolgte auf Grundlage von Inventurdaten (siehe Kapitel 6.4.2.1.2, GRUENEGERG et al., 2014). Die Beprobung des Mineralbodens in der für den nationalen Inventarbericht relevanten Tiefe erfolgte an den meisten BZE-Punkten in Tiefenstufen von 0-5 cm, 5-10 cm und 10-30 cm. In wenigen Fällen wurde horizontweise beprobt.

Mit der Beprobung wurden die Trockenrohddichte des Feinbodens ( $TRD_{fb}$ ), der Grobbodenanteil (GBA) und die Konzentration des organischen Kohlenstoffs ( $C_{org}$ ) nach vergleichbarer Methodik erfasst (KÖNIG et al., 2005). Die Trockenrohddichte des Feinbodens wurde durch volumengerechte Beprobung tiefenstufenweise ermittelt, wobei teilweise am Bodenprofil ermittelte Schätzwerte genutzt wurden (WOLFF & RIEK, 1996, WELLBROCK et al., 2006). Fehlende Angaben zur Trockenrohddichte wurden durch vorhandene Werte aus anderen Inventuren ersetzt. Dies galt ebenfalls für den zur Berechnung der  $TRD_{fb}$  und des Feinbodenvorrats notwendigen Grobbodenanteil.

In karbonathaltigen Böden erfolgte die Messung der organischen Kohlenstoffkonzentration ( $C_{org}$ ) des Feinbodens unter Berücksichtigung des anorganischen Kohlenstoffgehalts ( $C_{anorg}$ ) ( $[C_{org}] = [C_{ges}] - [C_{anorg}]$ ). Bei nicht-karbonathaltigen Böden gilt  $[C_{org}] = [C_{ges}]$ .

Die Gesamtkohlenstoffvorräte pro Probe wurden aus den Vorräten der einzelnen Tiefenstufen berechnet. Dazu mussten horizontweise erhobene Daten zunächst in Tiefenstufenabschnitte überführt werden, indem die Kohlenstoffvorräte einer Tiefenstufe gewichtet nach den Mächtigkeiten der sich überschneidenden Abschnitte und deren Kohlenstoffvorräten berechnet wurden.

Für die Berechnung der Kohlenstoffvorräte und deren Veränderungen zwischen beiden Inventurzeitpunkten wurde mit der Bildung von Straten ein flächenbezogener Ansatz gewählt. Grundlage zur Bildung von flächenrelevanten Straten waren die 72 Legendeneinheiten der Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000). Darin sind Leitbodentypen und Ausgangsgesteine der Bodenbildung nach deutscher Bodensystematik (AG BODEN, 1994) und FAO (FAO, 1990) beschrieben. Da die einzelnen Klassen unterschiedlich stark mit Stichprobenpunkten besetzt waren, wurden die einzelnen Leitbodeneinheiten zu neuen Leitbodeneinheiten aggregiert, was die Grundgesamtheit je Klasse steigerte und die damit verbundene statistische Aussagekraft erhöhte. Die Klassenbildung orientierte sich sowohl nach vergleichbaren Bodentypen als auch nach Substrattyp bzw. Ausgangsgestein sowie nach Bodenart und Kalkgehalt. Insgesamt standen 16 Leitbodeneinheiten mit dem entsprechenden Ausgangsgestein für die flächenbezogene Auswertung zur Verfügung (siehe Tabelle 340). Die Zuordnung der Inventurpunkte zu den Leitbodeneinheiten erfolgte anhand der bei den Inventuren aufgenommenen Daten zum Ausgangsgestein und einer eventuellen Schichtung, zum Bodentyp und den Horizontabfolgen sowie zur Bodenart.

Tabelle 340: Zusammengefasste Legendeneinheiten auf Grundlage der BÜK 1000

Abk.	Leitbodeneinheiten nach Substrattyp, Bodenart und Kalkgehalt
1	Nährstoffarme Böden aus trockenen, nährstoffarmen Sanden
2	Verschiedene Böden aus sandigen bis lehmigen Terrassen- oder Flussablagerungen
3	Verschiedene Böden aus teilweise kalkhaltigen, lehmig-tonigen Terrassen- oder Flussablagerungen
4	Pseudovergleyte Böden aus sandig bis lehmigen Deckschichten über Geschiebelehm
5	Verschiedene Böden aus sandigen Deckschichten über Geschiebelehm
6	Braunerden aus nährstoffreichen Sanden
7	Böden der Lössgebiete
8	Verschiedene Böden aus Hangschutt über Kalk-, Mergel- und Dolomitgesteinen über Terra fusca aus schluffig-tonigen Umlagerungsprodukten der Kalksteinverwitterung
9	Braunerde und Terra fusca aus Umlagerungsprodukten der Kalk-, Mergel- und Dolomitstein-Verwitterung sowie Rendzina aus Kalkstein
10	Pelosol-Braunerde / Pelosol-Pseudogley aus Verwitterungsprodukten von Mergel- und Tongesteinen und kalkhaltigen Schottern
11	Braunerde aus basischen und intermediären magmatischen Gesteinen
12	Braunerden aus sauren magmatischen und metamorphen Gesteinen
13	Braunerde / Podsole aus harten Ton- und Schluffschiefern mit Anteilen von Grauwacke, Sandstein, Schluffstein, Quarzit und Phyllit
14	Podsole / Braunerde aus basenarmen Quarziten, Sandsteinen und Konglomeraten
15	Verschiedene Böden in engräumigem Wechsel aus Grauwacken, Tonschiefer, Kalkstein, Sand-Schluff- und Tonsteinen sowie Lösslehm über verschiedenen Gesteinen
16	Hochgebirgsböden aus Kalk- und Dolomitgestein sowie aus Silikatgesteinen

Für die Auswertung lagen Kohlenstoffvorräte für 1.865 Punkte der BZE I und 1.813 Punkte der BZE II -Inventur vor (GRUENEGER et al. 2014). Mit Ausnahme von zwei Bundesländern, lagen die Daten hauptsächlich als gepaarte Stichprobe vor, d.h. einem BZE I-Punkt konnte genau ein BZE II-Punkt zugeordnet werden. Die Anzahl, der in die endgültige Berechnung eingehenden Punkte, war allerdings niedriger, da organische Böden ausgeschlossen wurden, die Punkte keiner Leitbodeneinheit zugeordnet werden konnten oder die Werte der Vorräte aufgrund der Ausreißeranalyse als unplausibel verworfen wurden. Für die Auswertung wurde die Gesamtstichprobe, nach Bundesländern unterteilt, in eine gepaarte und eine ungepaarte Unterstichprobe unterteilt. Bei der gepaarten Unterstichprobe konnten die Ausreißer mittels Residuen-Analyse identifiziert werden. Dazu wurden die Kohlenstoffvorräte für jede Leitbodeneinheit zu den unterschiedlichen Inventurzeitpunkten in einer linearen Regression gegeneinander aufgetragen. Ein Beispiel findet sich in Abbildung 59 links. Student-Residuen halfen, Ausreißer zu eliminieren, die nicht mit dem Rest der Daten konsistent erschienen (siehe Abbildung 59 rechts). Außerdem wurde eine "hat matrix" erzeugt, um "leverage"-Punkte<sup>104</sup> zu identifizieren, die Ausreißer innerhalb der unabhängigen Variable darstellen (siehe Abbildung 59 rechts) (WEISBERG, 2005).

<sup>104</sup> Leverage ist eine dimensionslose statistische Kenngröße, die angibt, wie stark ein Einzelwert die Regressionsstatistik beeinflusst

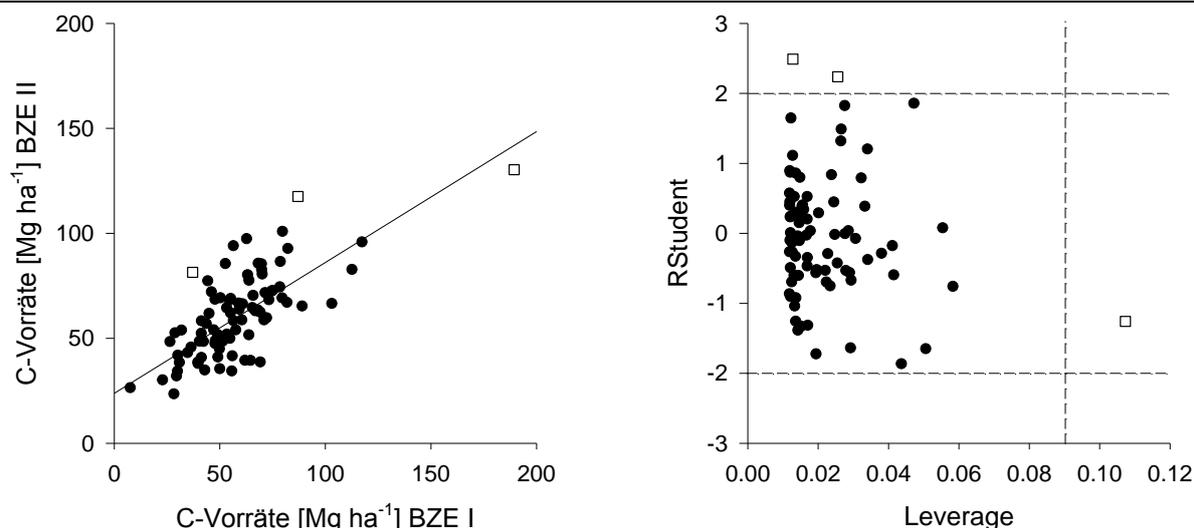


Abbildung 59: Regression zwischen Kohlenstoffvorräten (0-30cm) der BZE II und der BZE I (links) sowie die identifizierten Ausreißer anhand der Residuen-Analyse durch Student-Residuen und den "high leverage"-Punkten (rechts) am Beispiel einer Leitbodeneinheit

Da zwei Bundesländer das Raster zwischen BZE I und BZE II verschoben haben, stehen dort die Punkte, die einer Leitbodeneinheit zugeordnet werden konnten, als ungepaarte Stichprobe zur Verfügung. Hierfür erfolgt die Berechnung der Kohlenstoffvorräte durch Bildung gemittelter Werte je Leitbodeneinheit. Ausreißer wurden für jede Klasse mittels doppelter Standardabweichung ( $x \pm 2 \sigma$ ) detektiert und anschließend entfernt. Weiterhin wurden organische Böden ausgeschlossen. Danach wurden die mittleren Kohlenstoffvorräte je Leitbodeneinheit mit der Jahresdifferenz in Beziehung gesetzt. Nach Ausreißeranalyse blieben 1577 Punkte der BZE I und 1539 Punkte der BZE II-Inventur übrig. Davon lagen 1075 Punkte als gepaarte Stichprobe vor.

Um Kohlenstoffvorratsänderungen flächenbezogen berechnen zu können, wurden die Anteile der Waldflächen auf den Leitbodeneinheiten an der Gesamtwaldfläche Deutschlands ermittelt. Dazu wurden die CORINE Land Cover Daten mit der BÜK 1000 in einem Geografischen Informationssystem (GIS) verschnitten. Der mittleren Kohlenstoffänderung für jede Leitbodeneinheit konnte die entsprechende Waldfläche zugeordnet werden. Nun konnte die durchschnittliche jährliche Änderung des organischen Kohlenstoffs unter Berücksichtigung des Anteils der verwendeten Leitbodeneinheiten für Deutschland berechnet werden.

#### 6.4.2.5.4 **Ergebnisse der Herleitung der Kohlenstoffvorräte und -vorratsveränderungen**

Die Kohlenstoffvorräte bis in eine Tiefe von 30 cm des Mineralbodens betragen auf Grundlage des flächenbezogenen Ansatzes für Deutschland zum Inventurzeitpunkt der BZE I  $55,6 \pm 3,4 \text{ t C ha}^{-1}$  und zum Inventurzeitpunkt BZE II  $61,8 \pm 3,7 \text{ t C ha}^{-1}$ , was eine jährliche Zunahme von  $0,41 \pm 0,11 \text{ t C ha}^{-1}$  bedeutet (GRUENE BERG et al., 2014). Eine Varianzanalyse (Typ III - ANOVA) zeigte, dass die Unterschiede zwischen den beiden Inventuren signifikant waren ( $p < 0.001$ ). Sowohl die Änderungsrate als auch die Gesamtvorräte liegen in einem Bereich, der für Mitteleuropa bereits von anderen Autoren abgeschätzt wurde. Die jährliche Kohlenstoffsequestrierung des durchwurzelten Bereichs wurde zwischen  $0,1 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (NABUURS & SCHELHAAS, 2002) und  $0,9 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (SCHULZE, et al. 2000) angegeben.

Die meisten Literaturwerte basieren auf modellhaften Hochrechnungen und berücksichtigen den gesamten durchwurzelten Bereich des Bodens (LISKI et al. 2002; DE VRIES, et al. 2006). Im Vergleich zu diesen Studien standen deutlich mehr Messdaten in einem engeren Punkteraster zur Verfügung, so dass die Daten eine validere Stichprobe bildeten, die verlässlichere und flächendeckende Aussagen für Deutschland ermöglicht.

Die Abschätzung der Kohlenstoffvorräte getrennt nach Klassen ergab für fast alle Leitbodeneinheiten höhere Kohlenstoffvorräte zum Zeitpunkt der BZE II im Vergleich zur BZE I (siehe Tabelle 341). Die Kohlenstoffvorräte waren in Böden mit hohem Tongehalt höher als in Böden mit hohem Sandgehalt. Gründe hierfür werden z.B. bei SIX et al. (2002) und BARITZ et al. (2010) diskutiert. Die Auswertung der Zeitreihe zwischen BZE I und BZE II zeigt größere jährliche Änderungen des Kohlenstoffvorrats insbesondere bei den sandigen Leitbodeneinheiten des Norddeutschen Tieflands. So lag die jährliche Änderungsrate der Leitbodeneinheiten 1, 5 und 6 über  $0,6 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (Grueneberg et al. 2014). PRIETZEL et al. (2006) spricht hingegen von einer Kohlenstoffsequestrierung in den oberen 30 cm von  $0,2 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  auf sandigen Standorten und von  $0,4 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  auf lehmigen Standorten. Geringere positive Kohlenstoffänderungen zwischen  $0,1$  und  $0,6 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  fanden sich bei mehr als der Hälfte der gebildeten Klassen. Eine deutliche Abnahme der Kohlenstoffvorräte zwischen beiden Inventurzeitpunkten zeigte die Klasse 9.

Tabelle 341: Kohlenstoffvorräte zum Zeitpunkt der BZE I und BZE II in den neugebildeten Leitbodeneinheiten (Grueneberg et al. 2014)

LBE	Kohlenstoffvorrat (BZE I)			Kohlenstoffvorrat (BZE II)		
	n	MW [t C ha <sup>-1</sup> ]	SE	n	MW [t C ha <sup>-1</sup> ]	SE
1	201	52,8	1,6	187	65,5	6,8
2	56	60,5	2,6	62	65,0	4,9
3	20	67,3	3,2	25	68,1	2,4
4	105	66,4	1,8	87	64,1	4,5
5	77	33,4	1,6	75	52,8	2,2
6	34	24,6	1,6	34	43,7	1,8
7	126	55,8	1,5	109	63,0	2,2
8	110	76,3	2,4	106	79,1	0,8
9	36	77,1	4,9	43	68,3	1,0
10	55	56,7	2,1	63	60,8	0,8
11	39	51,3	3,2	39	54,6	0,9
12	187	59,5	1,7	163	62,5	2,2
13	222	54,7	1,4	233	60,1	4,1
14	245	50,5	1,2	257	55,3	3,2
15	30	51,8	2,9	30	49,0	0,9
16	34	84,4	6,2	26	104,5	0,5

(LBE = Leitbodeneinheiten, n = Anzahl Bodenproben, MW = Mittelwert, SE = Standardfehler)

#### 6.4.2.6 Organische Böden (CRF-Table 4.A)

In diesem Kapitel wird einzig auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus organischen Böden eingegangen. Diese werden in der CRF-Tabelle 4.A unter organische Böden eingetragen. Für die Treibhausgase N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> wird das methodische Vorgehen im Kapitel 6.4.2.7.2 beschrieben. Diese Emissionen werden in die CRF-Tabelle 4(II) berichtet.

**6.4.2.6.1 Verbleibende Waldfläche**

Die Ermittlung der Flächen der organischen Böden erfolgte georeferenziert durch Verschneidung der "Karte organischer Böden" und der ATKIS®-Daten. Dabei wird zwischen drainierten und nicht drainierten organischen Böden unterschieden. Für die verbleibende Waldfläche beträgt die Fläche organischer Böden für das Jahr 2014 110.940 ha, davon werden 77 % drainiert. Eine detaillierte Beschreibung zur Herleitung der organischen Bodenflächen findet sich im Kapitel 6.1.2.2.1.

Die methodische Beschreibung zur Herleitung des Emissionsfaktors befindet sich in den Kapiteln 6.1.2.2.2 und 6.1.2.2.3. Für organische Waldböden sind die implizierten Emissionsfaktoren in Tabelle 342 zusammengefasst.

Tabelle 342: Implizierte Emissionfaktoren (IEF) (Kohlenstoff) für organische Böden

Jahr	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Implizierte Emissionsfaktoren (IEF) [t C ha <sup>-1</sup> ]	-2,1034	-2,1442	-2,1811	-2,2099	-2,2112	-2,2124	-2,2136	-2,2144	-2,2151	-2,2158	-2,2166	-2,2222	-2,2277

**6.4.2.6.2 Neuwaldflächen**

Für 77 % der Neuwaldflächen auf organischen Böden wird wie bei den verbleibenden Waldflächen von einer Drainage ausgegangen (siehe Kapitel 6.1.2.2.1). Für organische Böden unter Neuwald werden ebenfalls die in Tabelle 342 zusammengefassten Emissionsfaktoren verwendet. Diese jährlichen Emissionen werden für alle Jahre seit der Umwandlung berichtet. Im Kapitel 6.1.2.2 wird die Herleitung der Treibhausgasemissionen aus organischen Böden für alle Landnutzungskategorien beschrieben.

**6.4.2.7 Sonstige Treibhausgasemissionen aus Wäldern****6.4.2.7.1 Lachgas-Emissionen aus Stickstoffdüngung (CRF-Table 4(I))**

Stickstoffdüngung von Wäldern findet in Deutschland nicht statt. In der CRF-Tabelle 4(I) wurde diese Aktivität daher als nicht vorkommend „NO“ (not occurring) bezeichnet.

**6.4.2.7.2 Entwässerung und Wiedervernässung von organischen und mineralischen Böden (CRF-Table 4(II))**

Die Herleitung der Treibhausgasemissionen aus organischen Böden durch Entwässerung und Wiedervernässung wird für alle Landnutzungskategorien im Kapitel 6.1.2.2 beschrieben. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen für Wälder werden in die CRF-Tabelle 4.A eingetragen und in der CRF-Tabelle 4(II) als IE (included elsewhere) gekennzeichnet (siehe auch Kapitel 6.4.2.6). Die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen hingegen sind in der CRF-Tabelle 4(II) zu finden. Für organische Waldböden sind die Implizite Emissionsfaktoren in Tabelle 343 zusammengefasst.

Wiedervernässung auf mineralischen Böden im Wald gibt es nicht und wird in der CRF-Tabelle 4(II) mit NO (not occurring) gekennzeichnet.

Tabelle 343: Implizierte Emissionfaktoren (Methan und Stickstoff) für organische Böden

Jahr		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Implizierte Emissionfaktoren (IEF)	Methan [kg CH <sub>4</sub> ha <sup>-1</sup> ]	4,3519	4,4363	4,5125	4,5722	4,5748	4,5774	4,5799	4,5814	4,583	4,5845	4,586	4,5976	4,6089
	Stickstoff [kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup> ]	1,3056	1,3309	1,3538	1,3717	1,3724	1,3732	1,374	1,3744	1,3749	1,3754	1,3758	1,3793	1,3827

#### 6.4.2.7.3 Direkte Lachgas-Emissionen von Stickstoff-Mineralisierung bzw. Immobilisierung (CRF-Table 4(III))

Die Ermittlung der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen durch Mineralisierung und Immobilisierung von mineralischen Böden wird im Kapitel 6.1.2.1.2 beschrieben. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen sind in der CRF-Tabelle 4(III) zu finden.

#### 6.4.2.7.4 Indirekte Lachgas-Emissionen aus bewirtschafteten Böden (CRF-Table 4(IV))

Die Ermittlung der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen durch Verluste an organischer Bodensubstanz infolge von Landnutzungsänderungen bzw. Bewirtschaftungsmaßnahmen wird zusammenfassend für alle Landnutzungskategorien im Kapitel 6.1.2.1.2 beschrieben. Die N<sub>2</sub>O-Emissionen sind in der CRF-Tabelle 4(IV) zu finden.

#### 6.4.2.7.5 Waldbrand (CRF-Table 4(V))

Während in anderen Ländern Feuer in Form von „kontrollierten Bränden“ (prescribed burning) als Methode zur Flächenberäumung dienen oder Bestandteil der Bewirtschaftung von Ökosystemen sind, findet in Deutschland im bewirtschafteten Wald keine kontrollierte Verbrennung von Biomasse statt. In der CRF-Tabelle 4 (V) wird deshalb für "Controlled Burning" NO geführt. Aufgrund der klimatischen Lage Deutschlands und der Maßnahmen zur Vorbeugung von Waldbränden sind Waldbrände ein eher seltenes Ereignis, was durch die in der Waldbrandstatistik (BLE, 2014) erfassten Waldbrandflächen bestätigt wird (siehe Abbildung 60). Für den Zeitraum 1990-2014 lag die mittlere Waldbrandfläche bei 775 ha. In manchen Jahren führten sehr hohe Temperaturen in den Sommermonaten zu höheren Waldbrandflächen, wie z. B. 1996 und 2003. Eine überdurchschnittlich hohe Waldbrandfläche von rund 4908 ha wurde im Jahr 1992 ermittelt, das durch einen extrem warmen Sommer geprägt war. Bei der Erfassung der Waldbrandfläche wird nicht zwischen Aufforstungsflächen und bestehenden Waldflächen unterschieden, weshalb die Emissionen aus Waldbränden unter dem verbleibenden Wald berichtet und in den CRF-Tabellen unter Aufforstung IE (include elsewhere) eingetragen wird

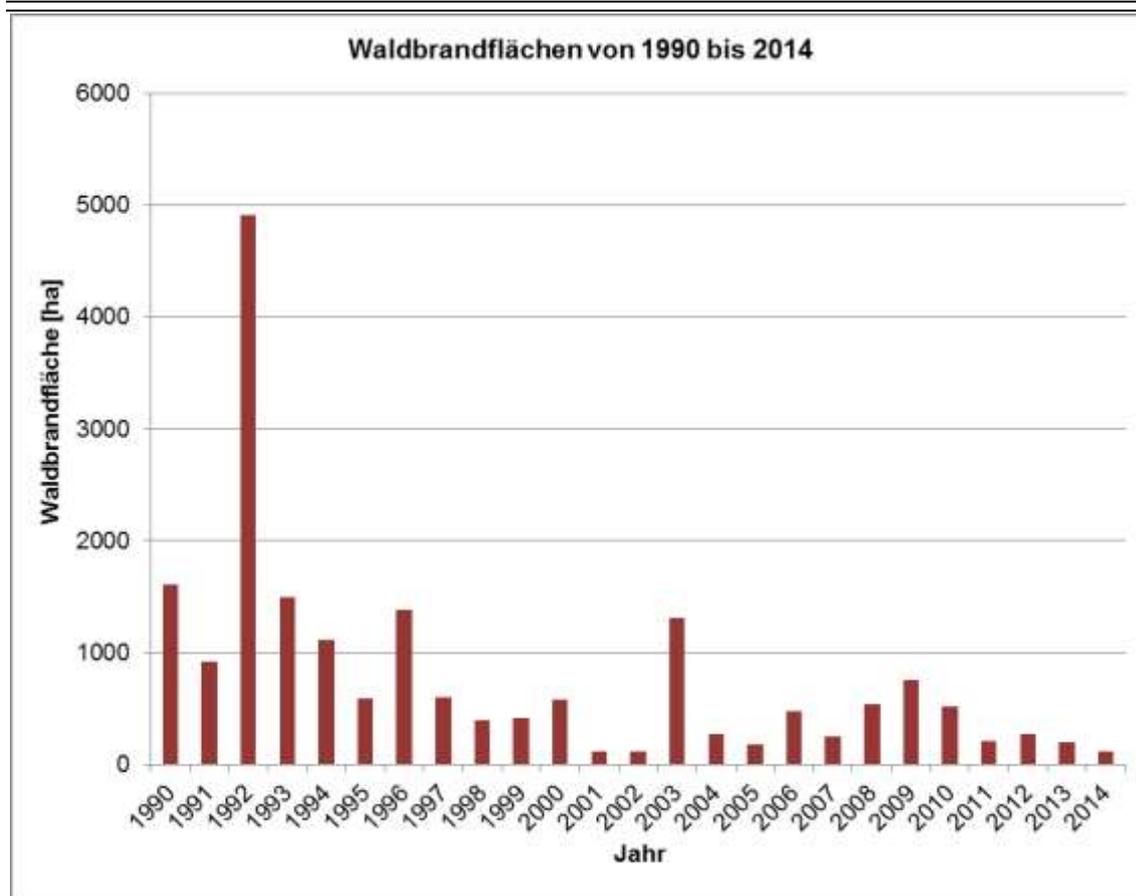


Abbildung 60: Waldbrandflächen zwischen 1990 und 2014 (nach BLE, 2015)

Bei Waldbränden („wild fires“) werden neben CO<sub>2</sub> auch sonstige Treibhausgase (CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> und NMVOC ) freigesetzt. Die aus der Verbrennung von Biomasse resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen werden bereits bei der Änderung der Biomassevorräte (CRF Sector 4.A.1 Forest land remaining forest land) mittels der „Stock-Difference-Method“ berücksichtigt und deshalb als „IE“ (included elsewhere) angegeben. Die Emissionen sonstiger Treibhausgase wurden nach Gleichung 31 (Equation 2.27, 2006 IPCC Guidelines) berechnet.

Gleichung 31

$$L_{fire} = A * B * C * D * 10^{-6}$$

mit:

- $L_{fire}$  = Menge des durch Feuer freigesetzten Treibhausgases [t]
- $A$  = Waldbrandfläche [ha]
- $B$  = Masse des vorhandenen Brennmaterials (Biomasse) [kgTM ha<sup>-1</sup>]
- $C$  = Verbrennungseffizienz
- $D$  = Emissionsfaktor [g(kgTM)<sup>-1</sup>]

Für die Berechnung der NMVOC-Emissionen kam die Gleichung nach EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013 zur Anwendung

Gleichung 32

$$M(C) = 0,45 * A * B * \alpha * \beta$$

mit:

- $0,45$  = Durchschnittlicher Kohlenstoffanteil in Brennholz (average fraction of carbon in fuel wood);
- $A$  = Verbrannte Fläche (area burnt) [m<sup>2</sup>];

$B$  = Durchschnittliche zur Verfügung stehende Gesamtbiomasse pro Flächeneinheit (average total biomass of fuel material per unit area) [ $\text{kg m}^{-2}$ ];

$\alpha$  = Anteil der durchschnittlichen oberirdischen Biomasse, relativ zu  $B$  (fraction of average above-ground biomass, relative to the total average biomass  $B$ );

$\beta$  = Anteil tatsächlich verbrannter Biomasse (burning efficiency (fraction burnt) of the above-ground biomass).

Die Waldbrandflächen für die Jahre 1990 bis 2014 wurden aus der bei der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung geführten Waldbrandstatistik (BLE 2015) entnommen. Bei der Erhebung der Flächen wird nicht zwischen Neuwaldflächen und verbleibender Wald unterschieden. Aus diesem Grund werden die Emissionen aus Neuwaldflächen in der Sektion „verbleibender Wald“ berichtet und in den CRF-Tabellen 4(V) wird „IE“ angegeben. Für die Biomassebestimmung stehen die Daten für 1990 aus der BWI 1987 und DSWF, für 2002 aus der BWI 2002, für 2008 aus der IS08 und für 2012 aus der BWI 2012 zur Verfügung. Die durchschnittliche oberirdische Biomasse wurde für jedes Jahr durch lineare Interpolation zwischen 1990, 2002, 2008 und 2012 und Extrapolation für die Jahre 2013 und 2014 hergeleitet. Basierend auf der Expertenschätzung von KÖNIG (2007) sind 80 % der Waldbrände in Deutschland Bodenfeuer und 20 % Vollfeuer. Nach Tabelle 2.6 (IPCC Guidelines 2006) wurde eine Verbrennungseffizienz (Massenverlust durch direkte Verbrennung) von 0,15 für Bodenfeuer und 0,45 für Vollfeuer angewandt. Die Emissionsfaktoren für  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}$  und  $\text{NO}_x$  wurden aus Tabelle 2.5 (IPCC Guidelines 2006) entnommen. Für NMVOC kommt der Emissionsfaktor aus dem EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2013.

Die Waldbrandflächen in Deutschland und damit auch die dabei entstehenden  $\text{CH}_4$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{CO}$ -,  $\text{NO}_x$  und NMVOC-Gasmengen sind gering. Mit Ausnahme des Jahres 1992 liegen die  $\text{CH}_4$ -Emissionen zwischen 25 t und 271 t und die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen zwischen 1,4 t und 15 t, die  $\text{CO}_2$ -Emissionen zwischen 559 t und 6.165 t, die  $\text{NO}_x$ -Emissionen zwischen 16 t und 173 t und die NMVOC-Emissionen zwischen 49 t und 545 t. Überschritten wurden diese Emissionen im Jahr 1992 ( $\text{CH}_4$ : 857 t,  $\text{N}_2\text{O}$ : 47,4 t,  $\text{CO}_2$ : 19.502 t,  $\text{NO}_x$ : 547 t, NMVOV: 1.722 t), infolge der überdurchschnittlich großen Waldbrandfläche durch den extrem warmen Sommer. Die vollständige Zeitreihe für die aus Waldbränden resultierenden Treibhausgase ist in Tabelle 344 zu finden.

Tabelle 344: Durch Waldbrände emittierte Treibhausgase

Jahr	Oberirdische Biomasse [ $\text{Mg ha}^{-1}$ ]	Waldbrandfläche [ha]	Emittierte Gase [Mg]				
			$\text{CH}_4$	$\text{N}_2\text{O}$	$\text{CO}$	$\text{NO}_x$	NMVOC
1990	171	1.606	271	15,0	6.165	173	545
1995	186	592	109	6,0	2.472	69	218
2000	201	581	115	6,4	2.621	73	232
2005	210	183	38	2,1	863	24	76
2006	210	482	100	5,5	2.280	64	201
2007	211	256	53	2,9	1.214	34	107
2008	212	539	113	6,2	2.569	72	227
2009	214	757	160	8,9	3.646	102	322
2010	216	522	111	6,2	2.538	71	224
2011	218	214	46	2,6	1.051	29	93
2012	221	269	58	3,2	1.331	37	118
2013	223	199	44	2,4	994	28	88
2014	225	120	27	1,5	606	17	54

### 6.4.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.A)

Bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte müssen verschiedene Unsicherheiten berücksichtigt werden. Zur Abschätzung der Unsicherheiten werden pragmatische Ansätze

herangezogen, die lediglich eine Annäherung an die tatsächlichen Unsicherheiten ermöglichen.

Die in den folgenden Kapiteln vorgestellten Unsicherheiten fließen in ein Gesamtfehlerbudget für den LULUCF-Sektor ein, welches im Kapitel 19.4.4 zu finden ist.

Hinsichtlich der Unsicherheiten des Kohlenstoff-Konversionsfaktors wird an dieser Stelle auf Kapitel 6.4.2.2.6 verwiesen.

Fehlerschätzungen ( $U$ ) für Zielgrößen ( $1, \dots, i, \dots, l$ ) pflanzen sich bei deren Aggregation auf zwei unterschiedliche Arten fort. Werden zwei Zielgrößen addiert oder subtrahiert, erfolgt die Fehlerweitergabe additiv (siehe Gleichung 33):

Gleichung 33

$$U = \frac{\sqrt{\sum_i (U_i x_i)^2}}{\sum_i x_i}$$

mit:

$U$	= Gesamtunsicherheit
$U_i$	= Unsicherheit für Zielgröße
$x_i$	= Quantität der Zielgröße

Werden dagegen zwei Zielgrößen multipliziert bzw. dividiert, pflanzen sich die Fehler beider Größen multiplikativ fort (siehe Gleichung 34)

Gleichung 34

$$U = \sqrt{\sum_i (U_i)^2}$$

#### 6.4.3.1 Unsicherheiten bei der Schätzung von Landnutzungsänderungsflächen

Aufgrund der stichprobenbasierten Landnutzungsänderungserfassung konnten die Stichprobenfehler für jede LULUCF-Kategorie berechnet werden (siehe Tabelle 513 im Kapitel 19.4.4). Der Stichprobenfehler wird nach den Formeln im Kapitel 6.4.3.2 berechnet. Alle anderen Fehlerquellen lassen sich nach Abschluss der Validierung ausschließen (siehe auch Kapitel 6.3.3). Alle Flächen sind signifikant erfasst.

#### 6.4.3.2 Unsicherheiten bei der Schätzung der Emissionsfaktoren von lebender und toter Biomasse

Die Ableitung der Biomassen und der Kohlenstoffvorräte im Wald bzw. deren Veränderungen unterliegen einer Reihe von Fehlerquellen, da sich die Biomasse nicht direkt messen lässt. In den Abschnitten 6.4.2.2.4, 6.4.2.2.5 und 6.4.2.2.6 sind die Fehler der Biomassefunktionen und des Kohlenstoffkonversionsfaktors aufgeführt und diskutiert. Für das Totholz sind die Fehler der Biomassekonversionsfaktoren nach Baumarten und Zersetzungsgrad in Abschnitt 6.4.2.3 gegeben.

Die Baumartengruppen-spezifischen Fehler werden zu den Unsicherheiten der ober- und unterirdischen Biomasse addiert und anschließend zu einer Fehlerangabe für die Gesamtbiomasse aggregiert. Durch die Subtraktion des Biomassevorrates des ersten Zeitpunktes vom Biomassevorrat des zweiten Zeitpunktes ergibt sich die Unsicherheit für die Biomasseveränderung durch Addition. Der Fehler für die Gesamtbiomasseveränderung wird mit dem Fehler des Kohlenstoffkonversionsfaktors und dem Stichprobenfehler multipliziert.

Der Stichprobenfehler leitet sich aus der Varianz der Stichprobe her. Die Varianz der Veränderung eines Ratioschätzers (siehe Gleichung 26)  $v[\hat{G}_{R_{st}}]$  ist definiert durch:

Gleichung 35:

$$v[\hat{G}_{R_{st}}] = v[\hat{R}_{st}^{(t_2)}] + v[\hat{R}_{st}^{(t_1)}] - 2 \text{cov}[\hat{R}_{st}^{(t_2)}, \hat{R}_{st}^{(t_1)}]$$

mit:

$$\text{cov}(\hat{R}_{st}^{(2)}, \hat{R}_{st}^{(1)}) = \frac{1}{\hat{X}_{st}^{(2)} \hat{X}_{st}^{(1)}} \sum_{l=1}^L \left( \frac{\lambda(U_l)}{\lambda(U)} \right)^2 \frac{1}{n_{2,l}(n_{2,l}-1)}$$

$$\sum_{x \in F_1 \cap S_2} \left( \frac{M(x)}{E(M(x))} \right)^2 \left( d_c^{(2)}(x) - \hat{d}_l^{(2)} \right) \left( d_c^{(1)}(x) - \hat{d}_l^{(1)} \right)$$

wobei

$$d_c^{(2)}(x) = (Y_c^{(2)}(x) - \hat{R}_{st}^{(2)} X_c^{(2)}(x))$$

und

$$\hat{d}_l^{(2)} = \frac{1}{n_{2,l}} \sum_{x \in F_1 \cap S_2} (Y_c^{(2)}(x) - \hat{R}_{st}^{(2)} X_c^{(2)}(x))$$

sowie  $d_c^{(1)}(x)$  und  $\hat{d}_l^{(1)}$  entsprechend.

In den folgenden Tabellen sind die Unsicherheiten für die einzelnen Fehlerquellen als auch für den resultierenden Emissionsfaktor aufgeführt.

Tabelle 345: Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für die lebende Biomasse der verbleibenden Waldfläche für unterschiedliche Perioden

FM 1987 – 2002	Fehler % (Biomasse Umwandlung)					Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
<b>Alte Bundesländer</b>	<b>Fichte</b>	<b>Kiefer</b>	<b>Buche</b>	<b>Eiche</b>	<b>Weichholz<sub>Laub</sub></b>	<b>Alle</b>			
Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	7,96	11,06	13,41	8,61	35,95	6,82	2,00	2,43	7,51
Biomasse <sub>unterirdisch</sub>	24,54	18,63	34,91	35,55	17,33	13,95	2,00	2,36	14,29
Emissionsfaktor						6,21	2,00	2,40	6,95
<b>FM 1993 – 2002</b>	<b>Fehler % (Biomasse Umwandlung)</b>					<b>Fehler % (C)</b>	<b>SE %</b>	<b>RMSE%</b>	
<b>Neue Bundesländer</b>	<b>Fichte</b>	<b>Kiefer</b>	<b>Buche</b>	<b>Eiche</b>	<b>Weichholz<sub>Laub</sub></b>	<b>Alle</b>			
Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	11,34	24,66	17,35	12,93	37,15	9,03	2,00	5,43	10,73
Biomasse <sub>unterirdisch</sub>	30,38	27,74	38,90	43,94	22,49	16,82	2,00	5,93	17,94
Emissionsfaktor						8,16	2,00	5,51	10,05
<b>FM 2002 – 2008</b>	<b>Fehler % (Biomasse Umwandlung)</b>					<b>Fehler % (C)</b>	<b>SE %</b>	<b>RMSE%</b>	
<b>Deutschland</b>	<b>Fichte</b>	<b>Kiefer</b>	<b>Buche</b>	<b>Eiche</b>	<b>Weichholz<sub>Laub</sub></b>	<b>Alle</b>			
Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	7,95	11,04	13,30	8,57	35,38	14,44	2,00	28,66	32,15
Biomasse <sub>unterirdisch</sub>	24,47	18,60	34,67	35,39	17,14	19,29	2,00	16,35	25,37
Emissionsfaktor						12,21	2,00	25,95	28,75

FM 2008 – 2014	Fehler % (Biomasse Umwandlung)					Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Deutschland	Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Weichholz <sub>Laub</sub>	Alle			
Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	7,95	11,04	13,29	8,56	35,37	5,70	2,00	11,66	13,14
Biomasse <sub>unterirdisch</sub>	24,47	18,60	34,65	35,37	17,14	12,35	2,00	10,86	16,57
Emissionsfaktor						5,22	2,00	11,29	12,60

Tabelle 346: Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für die lebende Biomasse auf Aufforstungsflächen für unterschiedliche Perioden

AR 1987 – 2002	Fehler % (Biomasse Umwandlung)					Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Alte Bundesländer	Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Weichholz <sub>Laub</sub>	Alle			
Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	11,23	15,62	18,80	12,10	50,00	12,14	2,00	7,39	14,35
Biomasse <sub>unterirdisch</sub>	34,60	26,30	49,00	50,00	24,23	19,19	2,00	8,00	20,88
Emissionsfaktor						10,59	2,00	7,41	13,08
AR 2002 – 2014	Fehler % (Biomasse Umwandlung)					Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Deutschland	Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Weichholz <sub>Laub</sub>	Alle			
Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	11,23	15,62	18,80	12,10	50,00	11,10	2,00	6,08	12,81
Biomasse <sub>unterirdisch</sub>	34,60	26,30	49,00	50,00	24,23	17,48	2,00	5,63	18,47
Emissionsfaktor						9,69	2,00	5,93	11,53

Tabelle 347: Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für die lebende Biomasse auf Entwaldungsflächen für unterschiedliche Perioden

DF 1987 – 2002	Fehler % (Biomasse Umwandlung)					Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Alte Bundesländer	Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Weichholz <sub>Laub</sub>	Alle			
Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	11,23	15,62	18,80	12,10	50,00	8,29	2,00	10,00	13,15
Biomasse <sub>unterirdisch</sub>	34,60	26,30	49,00	50,00	24,23	17,38	2,00	11,05	20,70
Emissionsfaktor						7,51	2,00	10,08	12,73
DF 2002 – 2014	Fehler % (Biomasse Umwandlung)					Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Deutschland	Fichte	Kiefer	Buche	Eiche	Weichholz <sub>Laub</sub>	Alle			
Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	11,23	15,62	18,80	12,10	50,00	8,97	2,00	7,27	11,72
Biomasse <sub>unterirdisch</sub>	34,60	26,30	49,00	50,00	24,23	16,94	2,00	7,04	18,45
Emissionsfaktor						8,04	2,00	7,17	10,95

Tabelle 348: Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für Totholz der verbleibenden Waldfläche für unterschiedliche Perioden

2002 – 2008	Fehler % (Biomasse Umwandlung)												Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Deutschland	N1	N2	N3	N4	L1	L2	L3	L4	EI1	EI2	EI3	EI4	all			
> 20 cm	12,30	19,82	25,12	17,87	8,87	30,62	23,95	46,25	8,92	31,54	23,71	53,23	8,36	2,00	30,80	31,98
10 bis 20 cm	12,30	19,82	25,12	17,87	8,87	30,62	23,95	46,25	8,92	31,54	23,71	53,23	10,09	2,00	50,00	51,05
<b>Emissionsfaktor</b>																<b>27,11</b>
FM 2008 – 2014	Fehler % (Biomasse Umwandlung)												Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Deutschland	N1	N2	N3	N4	L1	L2	L3	L4	EI1	EI2	EI3	EI4	all			
> 20 cm	12,55	19,74	25,16	18,28	8,70	30,66	23,63	46,96	8,59	30,64	23,86	50,61	21,92	2,00	82,64	85,52
10 bis 20 cm	12,26	19,77	25,14	17,82	8,54	30,60	23,57	46,41	8,54	30,66	23,67	47,47	13,23	2,00	30,91	33,69
<b>Emissionsfaktor</b>																<b>54,52</b>

mit N = Nadelholz, L = Laubholz ohne Eiche, EI = Eiche und 1-4 = Zersetzungsgrad

Tabelle 349: Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für Totholz auf Aufforstungsflächen zwischen 1990 und 2014

AR 1987 – 2014	Fehler % (Biomasse Umwandlung)												Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Deutschland	N1	N2	N3	N4	L1	L2	L3	L4	EI1	EI2	EI3	EI4	all			
> 20 cm	17,20	27,92	35,46	25,20	12,07	43,24	33,33	65,38	12,07	43,24	33,33	65,38	10,55	2,00	35,11	36,72
10 bis 20 cm	17,20	27,92	35,46	25,20	12,07	43,24	33,33	65,38	12,07	43,24	33,33	65,38	13,05	2,00	28,37	31,30
<b>Emissionsfaktor</b>																<b>24,84</b>

mit N = Nadelholz, L = Laubholz ohne Eiche, EI = Eiche und 1-4 = Zersetzungsgrad

Tabelle 350: Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für Totholz auf Entwaldungsflächen für verschiedene Perioden

DF 2002 – 2008	Fehler % (Biomasse Umwandlung)												Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Deutschland	N1	N2	N3	N4	L1	L2	L3	L4	EI1	EI2	EI3	EI4	all			
> 20 cm	17,20	27,92	35,46	25,20	12,07								6,18	2,00	27,45	28,21
10 bis 20 cm	17,20	27,92	35,46	25,20	12,07								13,05	2,00	50,00	51,10
<b>Emissionsfaktor</b>																<b>24,88</b>
DF 2008 – 2014	Fehler % (Biomasse Umwandlung)												Fehler % (C)	SE %	RMSE%	
Deutschland	N1	N2	N3	N4	L1	L2	L3	L4	EI1	EI2	EI3	EI4	all			
> 20 cm		27,92	35,46	25,20									6,18	2,00	27,45	28,21
10 bis 20 cm	17,20	27,92	35,46	25,20	12,07	43,24	33,33	65,38					16,79	2,00	41,11	44,46
<b>Emissionsfaktor</b>																<b>24,02</b>

mit N = Nadelholz, L = Laubholz ohne Eiche, EI = Eiche und 1-4 = Zersetzungsgrad

### 6.4.3.3 Unsicherheiten bei der Schätzung der Streu und der mineralischen Böden

#### 6.4.3.3.1 Probenahmefehler

Ein Problem der Beprobung von Böden ist die korrekte Trennung der Streu vom Mineralboden, da der Übergang zwischen beiden Kompartimenten nicht immer eindeutig identifizierbar ist. Dies ist umso problematischer, da die Kohlenstoffkonzentration der Streu sich deutlich gegenüber dem darunter liegenden Mineralboden unterscheidet. Eine unsaubere oder unsachgemäße Abtrennung der Streu vom Mineralboden kann daher große Auswirkungen auf die Kohlenstoffvorräte des jeweiligen Horizontes bzw. der jeweiligen Tiefenstufe haben.

#### 6.4.3.3.2 Kleinräumige Variabilität

Die Beprobung von Kohlenstoffvorräten unterliegt aufgrund der hohen räumlichen Variabilität in der Streu oder im Mineralboden einer großen Unsicherheit, da Kohlenstoffvorräte nur über kurze Distanzen eine räumliche Kontinuität aufweisen. SCHÖNING et al. (2006) berechneten für die Streu eines Buchenwaldes einen Vorrat von 4,0 t C ha<sup>-1</sup> mit einem Variationskoeffizienten von 38 %. Im Mineralboden (0-36 cm) fanden sie Kohlenstoffvorräte von 64,0 t C ha<sup>-1</sup> mit Variationskoeffizienten zwischen 30 % und 43 %. Ähnliche Werte sind auch von LISKI (1995) dokumentiert. Er zeigte, dass Kohlenstoffvorräte unter einem Fichtenstandort innerhalb eines bestimmten Horizontes ab 8 m räumlich unabhängig voneinander waren.

#### 6.4.3.3.3 Repräsentanz von Punkten innerhalb der Straten

Ein Problem der Auswertung nach den Leitbodeneinheiten ergab sich aus der unterschiedlichen Besetzung der Klassen. Kleinen Klassen fehlt die statistische Validität gegenüber einer großen Grundgesamtheit. Wenn aufgrund fehlender Daten kein Vergleich zwischen BZE I und BZE II möglich war, konnte die vom Wald bedeckte Fläche der Leitbodeneinheiten ebenfalls nicht in die Berechnung einfließen. Weiterhin war es nicht möglich, alle Leitbodeneinheiten zu besetzen, da einige nur auf kleinere Flächen im Bundesgebiet beschränkt sind. Insgesamt betrifft dies eine nicht berücksichtigte Waldfläche von 4,3 %.

#### 6.4.3.3.4 Stichprobenfehler

Bei der Berechnung der Stichprobenfehler der Vorratsänderung für Streu und Mineralböden wurde zwischen gepaarten und ungepaarten Stichproben unterschieden und eine Stratifizierung für Mineralböden berücksichtigt. Die Varianz des mittleren Vorrats des Stratums I bzw. der unstratifizierten Gesamtstichprobe mit der Anzahl der Probepunkte  $n_i$  berechnete sich nach:

Gleichung 36

$$v\langle \bar{Y}_i \rangle = \frac{1}{n_i(n_i - 1)} \sum_{j=1}^{n_i} (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$$

Die Varianz der mittleren Vorratsänderung des Stratums I zwischen den Zeitpunkten  $t_1$  und  $t_2$  berechnete sich bei gepaarten Stichproben nach:

Gleichung 37

$$v\langle \bar{G}_l \rangle = v\langle \bar{Y}_{lt_2} \rangle + v\langle \bar{Y}_{lt_1} \rangle - 2r_{y^2y^1} \sqrt{v\langle \bar{Y}_{lt_2} \rangle} \sqrt{v\langle \bar{Y}_{lt_1} \rangle}$$

mit

$$r_{y^2y^1} = \frac{s_{y^2y^1}}{s_{y^2y^1}}$$

und

$$s_{y^2y^1} = \frac{1}{n_l(n_l - 1)} \sum_{j=1}^{n_l} (Y_{ljt_2} - \bar{Y}_{lt_2})(Y_{ljt_1} - \bar{Y}_{lt_1})$$

Bei ungepaarten Stichproben berechnete sich die Varianz der Vorratsänderungen nach:

Gleichung 38

$$v\langle \bar{G}_l \rangle = v\langle \bar{Y}_{lt_2} \rangle + v\langle \bar{Y}_{lt_1} \rangle$$

Die Gesamtvarianz über alle Straten hinweg wurde unter Berücksichtigung ihres Flächenanteils  $w_l / w$  abgeschätzt nach:

Gleichung 39

$$v\langle \bar{Y} \rangle \approx \sum_{l=1}^L \left( \frac{w_l}{w} \right)^2 v[\bar{Y}_l]$$

bzw.

$$v\langle \bar{G} \rangle \approx \sum_{l=1}^L \left( \frac{w_l}{w} \right)^2 v[\bar{G}_l]$$

Die Vorratsänderung für die Streu wurde stratifiziert als ungepaarte Stichprobe berechnet. Es ergab sich dabei ein Stichprobenfehler von 0,02 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> oder 100 %. Bei der Berechnung der Vorratsänderung für Mineralböden wurde die Stichprobe in eine gepaarte und eine ungepaarte Stichprobe unterteilt. Weiterhin wurde nach Leitbodeneinheiten und den beiden Teilstichproben stratifiziert. Insgesamt betrug der Stichprobenfehler für Mineralböden 0,037 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> oder 9 %.

#### 6.4.3.3.5 Quantifizierung von methodisch bedingten Unsicherheiten

Als weitere Unsicherheit kommen zur Stichprobenvarianz messtechnisch bedingte Abweichungen bei der Einzelmessung hinzu. Sowohl die Kohlenstoffkonzentration als auch der Vorrat im Feinboden würden bei mehreren, an einem Standort unabhängig voneinander genommenen Proben in einem durch die Genauigkeit der Messtechnik bestimmten Bereich schwanken. Um diese Schwankungsbreite bei der Messung der Kohlenstoffkonzentration zu quantifizieren, wurden die Ergebnisse aus den Ringanalysen herangezogen (BLUM & HEINBACH 2006, 2007). Bei den Ringanalysen zur BZE II wurden die Wiederholstandardabweichung als mittlere laborinterne Standardabweichung

(DIN ISO 5725 2) mehrerer Kohlenstoffmessungen und die Sollstandardabweichung als Standardabweichung der Mittelwerte bestimmt. Daraus wurde die Vergleichsstandardabweichung berechnet. Diese eignet sich als Schätzwert für die Messunsicherheit. Die Vergleichsstandardabweichung der Mineralbodenmessungen betrug bei kalkfreien Böden  $0,9 \text{ g kg}^{-1}$  und bei kalkhaltigen Böden  $2,9 \text{ g kg}^{-1}$ , sowie bei der organischen Auflage  $20,2 \text{ g kg}^{-1}$ . Für die BZE I wurde auf Werte von WOLFF & RIEK (1996) zurückgegriffen, die Variationskoeffizienten für die Kohlenstoffbestimmung in Mineralböden zwischen 5 und 20 % sowie für die Kohlenstoffbestimmung in der organischen Auflage zwischen 5 und 10 % angeben. Davon wurde jeweils der Mittelwert eingesetzt. Bei der Berechnung der Unsicherheiten des Vorrats im Feinboden konnte nicht auf Ergebnisse von Ringversuchen zurückgegriffen werden. Daher wurden alle BZE-Punkte ausgewählt bei denen zu beiden Inventurzeitpunkten Ergebnisse für die Feinbodenbestimmung vorlagen. Es wurde die mittlere Abweichung der beiden Messungen voneinander berechnet. Die mittlere Abweichung lag bei  $193 \pm 35 \text{ t ha}^{-1}$ . Im Sinne einer konservativen Fehlerabschätzung wurde die Annahme getroffen, dass sich die Feinbodenvorräte zwischen den beiden Inventuren nicht ändern und dass die mittlere Abweichung plus ihre Streuung ein Maß für die Messunsicherheit des Feinbodenvorrats darstellt. Die Unsicherheit der jährlichen Kohlenstoffänderungsrate wurde um die Messunsicherheiten der Einzelmessung erweitert (Gleichung 40).

Gleichung 40:

$$s_{total}^2 = se^2 + \left( \frac{C_1}{(t_{II} - t_I)} MA_{FBV} \right)^2 + \left( \frac{FBV_1}{(t_{II} - t_1)} s_{C_1} \right)^2 + \left( \frac{FBV_{II}}{(t_{II} - t_1)} s_{C_{II}} \right)^2$$

Die Unsicherheiten bei der Abschätzung der jährlichen Änderungsrate in Mineralböden betragen für die Stichprobenvarianz  $0,037 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , für die Laboranalytik der C-Bestimmung zum Zeitpunkt der BZE I  $0,058 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , zum Zeitpunkt der BZE II  $0,056 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  und für die Bestimmung des Feinbodenvorrates  $0,05 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Damit ergab sich eine Gesamtunsicherheit von  $0,11 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Die Gesamtunsicherheit bei der Abschätzung der jährlichen Kohlenstoffänderungsrate der organischen Auflage betrug  $0,035 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

#### 6.4.3.4 Zeitreihenkonsistenz

An die Zeitreihenkonsistenz werden folgende Bedingungen geknüpft:

- die Berechnung der Emission erfolgt über die gesamte Zeitreihe mit der gleichen Methode und denselben bzw. untereinander konsistenten Datenquellen;
- ergeben sich Änderungen an der Methode, sollte eine Neuberechnung mit der neuen Methode über die gesamte Zeitreihe erfolgen;
- neue Daten, z.B. aus Wiederholungsinventuren, sind konsistent mit früheren Daten.
- stehen neue Daten zur Verfügung, die zu einer Verbesserung des Inventars führen, sollte eine Rekalkulation über die gesamte Zeitreihe erfolgen;
- werden Fehler in den Schätzungen identifiziert müssen diese korrigiert und die gesamte Zeitreihe neu berechnet werden.

Diese Bedingungen wurden konsequent auf alle Zeitreihen der Submission angewendet. Wenn in einigen Zeitreihen in bestimmten Jahren sogenannte Sprünge auftreten, beispielsweise bei der Biomasse (siehe Kapitel 6.4.2.2), liegt dies an der Periodizität der verfügbaren Daten in einer konsistenten Zeitreihe. Denn auch für diese Zeitreihen wurden für alle Jahre dieselbe Methode und dieselbe Datenquelle zugrunde gelegt.

#### **6.4.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.A)***

Die durchgeführten QK/QS-Maßnahmen für den gesamten LULUCF-Sektor finden sich in Kapitel 6.1.3.

Die zur Erstellung dieses Inventars verwendeten Datenquellen erfüllen die Prüfkriterien des QSE – Handbuchs für Datenquellen. Bezüglich der Qualitätssicherung der Eingangsdaten (ATKIS®, BÜK, Officialstatistik, Waldbrandstatistik, siehe Kapitel 6.4.2.1) wird auf die Datenhalter verwiesen (Dokumentation in der Inventarbeschreibung).

Es wurde eine vollständige Fehlerbetrachtung für den Sektor LULUCF durchgeführt, wobei versucht wurde, alle vorhandenen Fehlerquellen zu quantifizieren. Darin enthalten sind Fehlerrechnungen aus dem Forstbereich für Biomasse, Totholz, Streu, mineralische Böden, organische Böden und Waldbrand der Treibhausgase CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub>. Zusammenfassend wurde im Kapitel 19.4.4 ein Gesamtfehlerbudget erstellt.

##### **6.4.4.1 Biomasse und Totholz**

Die Schätzungen der Kohlenstoffvorräte und der Kohlenstoffvorratsänderungen in den Quellgruppen Biomasse und Totholz zu den jeweiligen Zeitpunkten beruhen auf Hochrechnungen am Thünen Institut für Waldökosysteme (TI-WO), die auf die Daten der Bundeswaldinventuren und der Inventurstudie 2008 zugreifen. Bezüglich der für die Bundeswaldinventur entwickelten Qualitätssicherung wird auf die Literatur zur Bundeswaldinventur verwiesen (BMELV, 2005). Unabhängig von den Berechnungen am TI-WO wurden die Kohlenstoffvorrats- und -änderungsschätzungen für die Biomasse mit einem unter PostGreSQL entwickelten Programm berechnet. Die erzielten Ergebnisse beider Berechnungen stimmen überein.

##### **6.4.4.2 Streu und mineralische Böden**

Um für die Auswertung der Probenahmen, die im Rahmen der BZE-Erhebungen durchgeführt wurden, einen einheitlichen Standard für die Laboranalytik zu erhalten, wurde eine Ringanalyse initiiert. Dabei wurden alle Labore einem Qualitätstest durch den Gutachterausschuss Forstliche Analytik unterzogen (BLUM & HEINBACH, 2006, 2007). Um die Vergleichbarkeit der Labormethoden zu gewährleisten, haben nur die an der Ringanalyse erfolgreich teilgenommenen Labore die Analytik durchgeführt. Eine Ringanalyse wurde auch auf europäischer Ebene mit deutscher Beteiligung durchgeführt (COOLS et al., 2006).

Für die Harmonisierung der Labormessungen und Geländeerhebungen wurden im Rahmen der BZE II für die beteiligten Labore Vorschriften für die Ermittlung der zu bestimmenden Parameter erstellt, um Abweichungen aufgrund der Verwendung unterschiedlicher Analysegeräte oder Analysemethoden zu vermeiden (KÖNIG et al 2005, WELLBROCK et al. 2006). Grundlage für die Zulassung der Labore für die Analytik waren vorangegangene Ringanalysen. Ähnliches wurde auch für die Außenaufnahmen durchgeführt. Aufgrund verschiedener Vorstudien wurden Methoden zur Probennahme zugelassen und in einem Handbuch für die Außenaufnahmen beschrieben (WELLBROCK et al., 2006).

##### **6.4.4.3 Vergleich mit Ergebnissen anderer Staaten**

Der Vergleich mit Ergebnissen anderer Staaten kann eine grobe Einordnung der Verhältnisse in Deutschland geben. Gerade bei den Umwandlungskategorien zu Wald ist aber zu beachten,

dass erhebliche methodische Unterschiede und unterschiedliche Verfahren zum Umgang mit der Übergangszeit („Transition Time“) bestehen, so dass die Ergebnisse nicht direkt miteinander vergleichbar sind.

Die Vergleichsdaten für die Kohlenstoffvorratsänderungen anderer Staaten können auf Grund technischer Probleme in der Datenübermittlung zum Sekretariat mit bisherigem Stand nur für 2012 abgerufen werden<sup>105</sup> (vgl. Paragraph 11ff, Decision 13/CP.20, UNFCCC 2015).

Der Vergleich der Kohlenstoffvorratsänderungen der lebenden Biomasse (siehe Tabelle 351) zeigt, dass Deutschland in den Umwandlungskategorien zu Wald die höchsten Senkenleistungen aufweist. Lediglich in der Unterkategorie Flächenumwandlung von Ackerland zu Wald können die Niederlande höhere Werte berichten und damit auch in der Summe mehr Senkenleistungen nachweisen. Belgien, Frankreich, die Tschechische Republik und Österreich liegen bei den Flächenumwandlungen zu Wald im mittleren Bereich der Senkenleistung, wobei Dänemark als einziges Land sogar geringe Kohlenstoffquellen berichtet. Bei der Kategorie verbleibende Waldfläche liegt Deutschland hingegen im mittleren Bereich. Hier können die Niederlande die höchste Senkenleistung verzeichnen, während Österreich die niedrigste Kohlenstoffsенke berichtet.

Bei der toten organischen Substanz (siehe Tabelle 352) liegt Deutschland mit den berichteten Senkenleistungen in der Kategorie Flächenumwandlungen zu Wald im unteren Bereich. Die höchsten Senkenleistungen finden sich hier in der Schweiz, gefolgt von Österreich. Dänemark hat als einziges Land bei den Flächenumwandlungen zu Wald eine negative Bilanz zu verzeichnen. Sehr geringe Senkenleistungen zeigt Großbritannien. Bei der verbleibenden Waldfläche hat Deutschland, ebenso wie Belgien, Frankreich, Polen und die Tschechische Republik, eine Kohlenstoffquelle zu berichten. Lediglich Dänemark, Großbritannien, die Niederlande und Österreich können eine positive Bilanz vorweisen, wobei Dänemark mit Abstand die höchste Senkenleistung berichtet.

Bei den mineralischen Böden (siehe Tabelle 353) wird die Senkenleistung Deutschlands in der Kategorie verbleibende Waldfläche nur von Belgien übertroffen. Österreich hat als einziges Land in dieser Kategorie Kohlenstoffverluste zu verzeichnen. Bei den Umwandlungskategorien zu Wald hat Deutschland generell Kohlenstoffquellen zu verzeichnen. Ausnahmen finden sich in den Unterkategorien Flächenumwandlungen von landwirtschaftlichen Flächen, von Siedlungen und von sonstigem Land, wo sich Senkenleistungen berichten lassen. Die größten Kohlenstoffsенken zeigen Belgien, Großbritannien, Österreich und die Schweiz.

Kohlenstoffflüsse und deren Änderungen in organischen Böden (siehe Tabelle 354) berichten neben Deutschland nur noch Dänemark, Frankreich (nur in einer Unterkategorie), Großbritannien, Polen und die Schweiz. In allen Kategorien zeigt Deutschland hier eine negative Bilanz, wobei Deutschland auch das einzige Land im Vergleich ist, das für alle Unterkategorien berichtet. In der Kategorie verbleibender Wald hat Deutschland die höchsten Kohlenstoffverluste zu berichten. Wohingegen Frankreich in der Kategorie Flächenumwandlung zu Wald (Unterkategorie Flächenumwandlung von Feuchtgebieten) die mit Abstand höchste Negativbilanz aufweist. Großbritannien zeigt als einziges Land Kohlenstoffsенken in allen Kategorien.

---

<sup>105</sup> Die vom Sekretariat benutzte Software zur Übermittlung, Verarbeitung und Bereitstellen von CRF-Tabellen ist noch nicht technisch einwandfrei benutzbar. Darum verzögert sich die Übermittlung der Daten anderer Annex 1 Länder.

Tabelle 351: Kohlenstoffvorratsveränderung der lebenden Biomasse verschiedener Länder  
(Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012)

Country	Forest Land remaining Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Land converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Cropland converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Grassland converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Wetlands converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Settlements converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Other Land converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]
AUT	0,31	1,20	1,24	1,21	1,22	1,25	1,15
BEL	0,84	1,94	1,75	1,95	2,18	1,73	2,30
CHE	0,72	0,70	1,35	0,70	0,68	0,98	0,73
CZE	0,81	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	NA
DNK	1,78	-0,19	-0,29	-0,08	-0,07	NA	NA, NO
FRA	0,80	1,37	1,67	1,34	1,36	1,26	0,99
GBR	1,04	0,92	0,78	0,95	NO	0,83	0,91
<b>GER</b>	<b>1,03</b>	<b>3,28</b>	<b>3,47</b>	<b>3,09</b>	<b>3,59</b>	<b>3,42</b>	<b>3,64</b>
NLD	2,20	2,69	3,60	2,43	2,98	2,16	2,78
POL	1,11	1,05	1,05	1,05	NO	NO	NO

Quelle: UNFCCC 2014

Tabelle 352: Kohlenstoffvorratsveränderung der toten organischen Masse verschiedener Länder  
(Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012)

Country	Forest Land remaining Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Land converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Cropland converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Grassland converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Wetlands converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Settlements converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Other Land converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]
AUT	0,06	1,24	1,34	1,27	0,80	1,26	1,25
BEL	0,01	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CHE	-0,23	1,51	0,13	1,55	1,23	0,50	1,30
CZE	NO	NA,NO	NO	NO	NO	NO	NA
DNK	0,51	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	NA	NA,NO
FRA	-0,04	0,31	0,52	0,25	0,51	0,35	0,47
GBR	0,22	0,03	0,03	0,04	NO	0,03	0,03
<b>GER</b>	<b>-0,06</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
NLD	0,11	NE	NE	NE	NE	NE	NE
POL	-0,04	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Quelle: UNFCCC 2014

Tabelle 353: Kohlenstoffvorratsveränderung der mineralischen Böden verschiedener Länder  
(Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012)

Country	Forest Land remaining Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Land converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Cropland converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Grassland converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Wetlands converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Settlements converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Other Land converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]
AUT	-0,18	0,73	1,16	-0,71	NO	3,36	3,02
BEL	0,57	1,21	2,09	0,95	0,46	1,67	2,88
CHE	0,00	0,59	0,54	0,50	1,05	1,45	4,12
CZE	NO	0,14	0,47	0,02	NO	NO	NA
DNK	NA	0,15	0,14	0,16	-0,32	NA	NA
FRA	NO	0,24	1,07	-0,03	NO	1,54	NO
GBR	0,35	1,10	1,76	0,96	NO	1,46	1,17
<b>GER</b>	<b>0,41</b>	<b>-0,37</b>	<b>0,02</b>	<b>-0,8</b>	<b>-0,05</b>	<b>0,1</b>	<b>0,21</b>
NLD	NO	0,14	0,68	-0,26	0,06	0,38	2,20
POL	0,11	0,11	0,11	0,12	NO	NO	NO

Quelle: UNFCCC 2014

Tabelle 354: Kohlenstoffvorratsveränderung der organischen Böden verschiedener Länder (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012)

Country	Forest Land remaining Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Land converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Cropland converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Grassland converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Wetlands converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Settlements converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Other Land converted to Forest Land [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]
AUT	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
BEL	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
CHE	-0,68	-0,32	-0,68	-0,68	-0,68	1,90	NO
CZE	NA,NO	NA,NO	NO	NO	NO	NO	NA
DNK	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	-0,34	NA	NA
FRA	NO	-10,48	NO	NO	-10,48	NO	NO
GBR	1,87	2,71	2,63	2,70	NO	2,92	2,76
<b>GER</b>	<b>-2,23</b>	<b>-2,23</b>	<b>-2,23</b>	<b>-2,23</b>	<b>-2,23</b>	<b>-2,23</b>	<b>-2,23</b>
NLD	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
POL	0,68	0,68	0,68	0,68	NO	NO	NO

Quelle: UNFCCC 2014

### 6.4.5 *Kategorie-spezifische Rückrechnungen (4.A)*

Mit der diesjährigen Submission werden quellspezifische Rückrechnungen für den gesamten Berichtszeitraum von 1990-2014 vorgelegt, da neue bzw. korrigierte Datenquellen und Methoden zur Anwendung kamen:

#### 1. Aktivitätsdaten

- Karte der organischen Böden Deutschlands (ROSSKOPF et al., 2015),
- der aktuelle Datensatz des Basis-DLM (2014).

#### 2. Emissionsfaktoren

- Änderung der Emissionsfaktoren für organische Böden (siehe Kapitel 6.1.2.2.3) infolge der Modifikation der Flächenbestimmung (siehe Kapitel 6.3.1).

#### 3. Methoden

- Modifikation der Methode zur Ermittlung der Landnutzung und Landnutzungsänderung auf organische Böden durch Einführung der hochauflösenden Karte der organischen Böden Deutschlands (s. Ausführungen in Kapitel 6.3.1).

Im Rahmen der Neuberechnung der Aktivitätsdaten sowie einzelner Emissionsfaktoren wurden auch die zugehörigen Unsicherheiten neu bestimmt.

Die Flächenänderungen und eine Gegenüberstellung mit den Flächen der Submission 2014 ist in Tabelle 355 zu finden. Weiterführende methodische Beschreibungen zur Erstellung der Landnutzungsmatrix und der Integration der neuen Datenquellen finden sich im Kapitel 6.3.

Die Auswirkungen der Rückrechnungen auf die Emissionen sind in Tabelle 356 zu sehen. Die Einbindungsleistungen von Kohlenstoff sind sowohl in der Verbleibkategorie Wald wie in der Übergangskategorie zu Wald im Vergleich mit der Vorjahressubmission größer. Diese Emissionsunterschiede sind auf die Methodenänderung hinsichtlich der Ausweisung der Landnutzung auf organischen Böden zurückzuführen.

Tabelle 355: Gegenüberstellung der Änderungen der Submission 2015 und 2016 berichteten Landflächenmatrix

Area [kha]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
5.A.1 Forest Land remaining Forest Land	2015	Mineral soils	10.310	10.386	10.462	10.553	10.569	10.585	10.601	10.617	10.634	10.650	10.666	10.682
		Organic soils	284	286	288	290	291	292	293	294	295	296	297	299
	2016	Mineral soils	10.294	10.363	10.431	10.518	10.533	10.549	10.564	10.579	10.595	10.610	10.625	10.644
		Organic soils	82	89	96	100	101	102	103	104	105	107	108	109
5.A.2 Land converted Forest Land	2015	Mineral soils	510	510	510	446	434	421	409	398	388	377	367	357
		Organic soils	51	51	51	45	44	43	41	41	40	39	38	37
	2016	Mineral soils	513	513	513	450	438	426	414	404	394	384	374	361
		Organic soils	40	40	40	41	40	40	39	38	37	36	35	34

Tabelle 356: Gegenüberstellung der Emissionen der Submission 2015 und 2016

Emission [kt CO <sub>2</sub> -eq]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
5.A.1 Forest Land remaining Forest Land	2015	-69.171	-69.684	-70.191	-33.432	-33.476	-33.525	-51.627	-51.700	-51.777	-51.856	-51.930	-52.001
	2016	-70.256	-70.699	-71.135	-35.096	-35.139	-35.187	-52.913	-52.982	-53.055	-53.128	-53.199	-53.282
5.A.2 Land converted Forest Land	2015	-4.870	-5.062	-5.254	-5.532	-5.355	-5.217	-5.074	-4.869	-4.755	-4.625	-4.497	-4.461
	2016	-4.997	-5.184	-5.372	-5.596	-5.465	-5.339	-5.203	-5.035	-4.926	-4.806	-4.683	-4.640

#### 6.4.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.A)

Derzeit sind, über frühere Angaben hinaus, keine weiteren Verbesserungen geplant. Aussagen über den Stand der Umsetzung der geplanten Verbesserungsmaßnahmen im LULUCF-Sektor sind in Kapitel 6.1.4 zu finden.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesen Kapiteln Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 6.5 Ackerland (4.B)

#### 6.5.1 Beschreibung der Kategorie (4.B)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	4.B. Cropland		CO <sub>2</sub>	12.469,9	1,02%	14.201,5	1,60%	13,9%
-/-	4.B. Cropland		N <sub>2</sub> O	255,0	0,02%	286,6	0,03%	12,4%
-/-	4.B. Cropland		CH <sub>4</sub>	196,0	0,02%	246,6	0,03%	25,8%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2	RS/NS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	RS/NS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	RS/NS	CS

Die Kategorie *Ackerland* (4.B) ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend sowie der Tier-2-Analyse.

In der Kategorie „Ackerland“ wird über die Freisetzung/Einbindung von CO<sub>2</sub> aus mineralischen und organischen Böden sowie der ober- und unterirdischen Biomasse berichtet; außerdem über direkte und indirekte Lachgasemissionen durch Humusverluste aus Mineralböden nach Landnutzungsänderung zu Acker und über Methanemissionen aus organischen Böden. Direkte und indirekte Lachgasemissionen aus der Düngemittelausbringung (Kunstdünger, Wirtschaftsdünger, Klärschlamm usw.), Ernteresten und der Drainage organischer Böden unter Ackernutzung werden gemäß der IPCC Richtlinien (IPCC 2006) unter Landwirtschaft berichtet (CRF 3.D) und daher, im Kapitel Ackerland, mit dem Schlüsselvermerk IE versehen. Das Abbrennen von Feldern und Ernterückständen ist in Deutschland per Gesetz verboten (BGBl 2004) und wird deshalb nicht berichtet (NO).

Die Emissionen aus dem Ackerland sind, getrennt nach Kategorien, in Tabelle 357 und im CRF-Tabellenwerk in den Tabellen 4, 4.B, 4(II), 4(III) und 4(IV) dargestellt. Die Gesamtemissionen betragen 2014 in Deutschland 14.799,1 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalente. Hauptquellen sind die Böden, vor allem ackerbaulich genutzte organische Böden (77,8 %). Die Mineralböden tragen 21,5% zur Emissionssumme bei, insbesondere durch Emissionen infolge von Grünlandumbruch (99,5 % der Mineralbodensumme (CRF 4.B.2.2.1; 4(II); 4(IV))). Die anthropogen bedingte Netto-Freisetzung von CO<sub>2</sub> aus der Biomasse (0,51 %) und der toten organischen Substanz (0,24 %) ist im Ackerlandsektor sehr gering.

Das dominierende Treibhausgas im Ackerlandsektor ist mit 14.201,5 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten das CO<sub>2</sub> (96 %); daran gemessen, sind die zu berichtenden Lachgasemissionen aus dem Zersetz organischer Bodensubstanz infolge Landnutzungsänderung zu Ackerland gering (insgesamt 2,4 %, zusammengesetzt aus direkten Emissionen (286,6 kt CO<sub>2</sub>-Eq. (CRF 4.(III))) und indirekten Emissionen (64,5 kt CO<sub>2</sub>-Eq. (CRF 4.(IV))); u dies gilt auch für die Methanemissionen (246,6 kt CO<sub>2</sub>-Eq.  $\cong$  1,7 % (CRF (4.II))), aus der Nutzung organischer Böden).

Tabelle 357: CO<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] aus dem Ackerland Deutschlands 2014. Dargestellt sind Summen sowie obere und untere Schranke des 95 % - Konfidenzintervalls

Quellgruppe	THG	Ackerland Emissionen 2014				
		Emission	[kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		[%]	
			2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.
<b>Acker<sub>total</sub></b>		<b>14.799,1</b>	10.943,4	16.920,8	26,1	14,3
<b>Mineralboden</b>	CO <sub>2</sub>	<b>2.825,0</b>	2.002,4	4.196,8	29,1	48,6
	N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	<b>286,6</b>	28,3	887,3	90,1	209,7
	N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	<b>64,5</b>	0	202,6	100	292,0
<b>Organischer Boden</b>	CO <sub>2</sub>	<b>11.265,9</b>	7.464,3	12.718,9	33,7	12,9
	N <sub>2</sub> O	IE	IE	IE	IE	IE
	CH <sub>4</sub>	<b>246,6</b>	125,6	670,4	49,0	171,9
<b>Biomasse</b>	CO <sub>2</sub>	<b>75,2</b>	63,4	87,1	15,7	15,8
<b>Streu/Totholz</b>	CO <sub>2</sub>	<b>35,4</b>	30,1	40,6	14,8	14,8

Abbildung 61 und Abbildung 62 zeigen den Verlauf der Emissionen aus dem Ackerland über die Zeit. Die Gesamtemission war im Jahr 2014 um 1.821 kt CO<sub>2</sub>  $\cong$  14 % größer als im Basisjahr 1990.

Hauptursache für den generellen Trend ist die Zunahme der Emissionen aus den organischen Böden in der Verbleibkategorie, die auf deren Flächenzunahme (26 % gegenüber 1990) zurückzuführen ist, hauptsächlich infolge von Grünlandumbruch (CRF 4.B.2.1.1). Der Rückgang der Entwaldungsfläche um -48 % führte 2014 zu 72 % geringeren Emissionen aus

der Entwaldung. Deren Anteil an den Gesamtemissionen aus dem Ackerlandsektor ist mit 181 kt CO<sub>2</sub>  $\cong$  1,2 % sehr gering. Dies gilt auch für die Landnutzungsänderungen von Siedlungsflächen (53,5 kt CO<sub>2</sub>  $\cong$  0,4 %) und Feuchtgebieten zu Ackerland (53,1 kt CO<sub>2</sub>  $\cong$  0,4 %); auch hier sind die Flächen und somit die Emissionen gegenüber 1990 zurückgegangen (Siedlungen: -67 %; Feuchtgebiete: -64 %).

Verantwortlich für die Trendumkehr seit dem Jahr 2005 sind insbesondere die Emissionen infolge Landnutzungsänderungen von Grünland i.e.S. zu Ackerland. Die Umbruchsfläche hat seit 2005 auf organischen und Mineralböden Deutschlands um 274.359 ha  $\cong$  38 % und damit die Emissionen um 1.927,8 kt CO<sub>2</sub>  $\cong$  15,5 % zugenommen.

Als Ursachen für die Veränderungen in den Zeitreihen sind zum einen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus organischen und Mineralböden auszumachen und zum anderen die Abnahme der Emissionen aus der Biomasse und der toten organischen Substanz infolge des Rückgangs der Entwaldung.

Die Kurvenverläufe der Zeitreihen, insbesondere deutliche Änderungen, haben ihre Ursache vor allem in den periodischen Erhebungsterminen der Flächendaten (siehe Kapitel 6.3.5, Tabelle 326). Der Erfassung von Landnutzungsänderungen anhand räumlich expliziter Daten lagen Datensätze der Jahre 1990, 2000, 2005, 2008, 2012 und 2014 zugrunde (vergl. Kapitel 6.3). Landnutzungsänderungen, die zwischen diesen Terminen auftraten, wurden durch lineare Interpolation ermittelt, so dass die jährlichen Konversionsflächen zwischen den Erhebungszeitpunkten konstant sind. Ursache für die deutliche Abnahme der Emissionen zwischen 2000 und 2001 ist der deutliche Rückgang der Entwaldung.

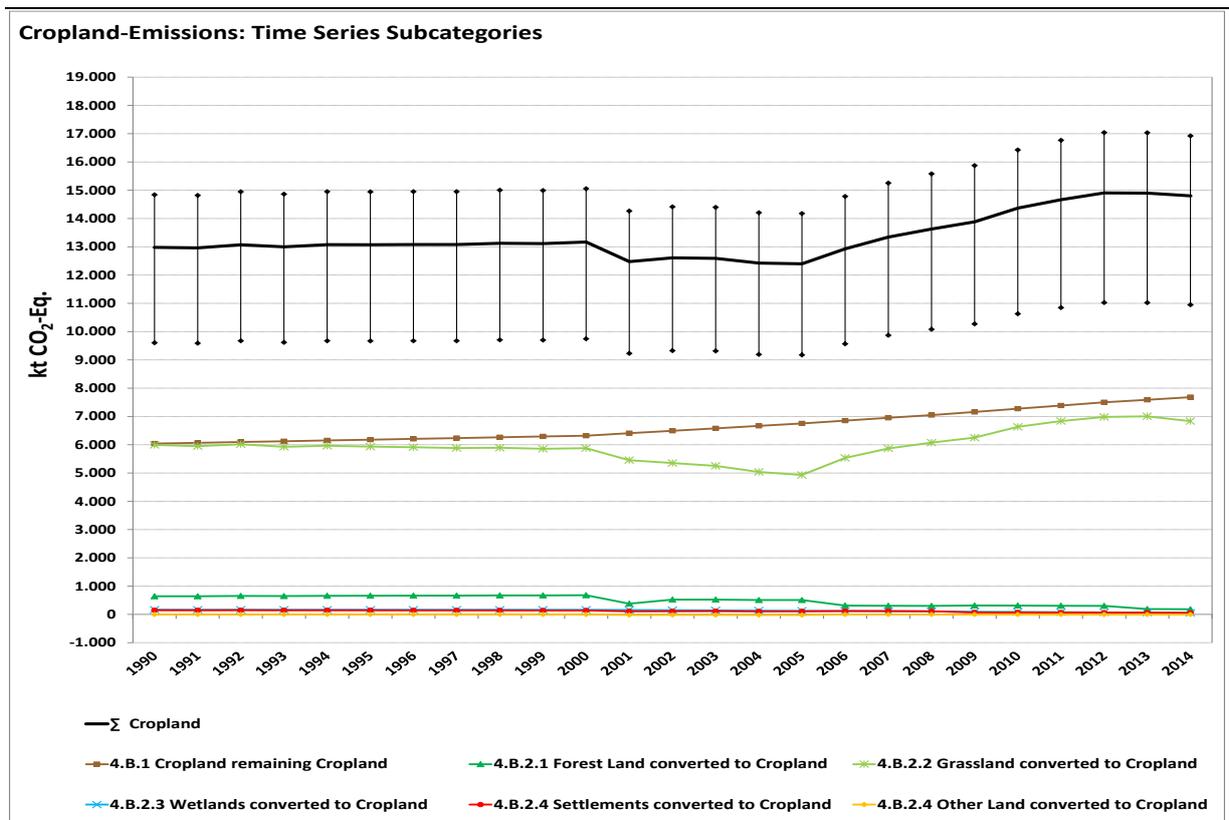


Abbildung 61: Treibhausgasemissionen (Summe aus CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Ackerland von 1990-2014 nach Unterkategorien (Unsicherheitsdarstellung nur für Gesamtsumme)

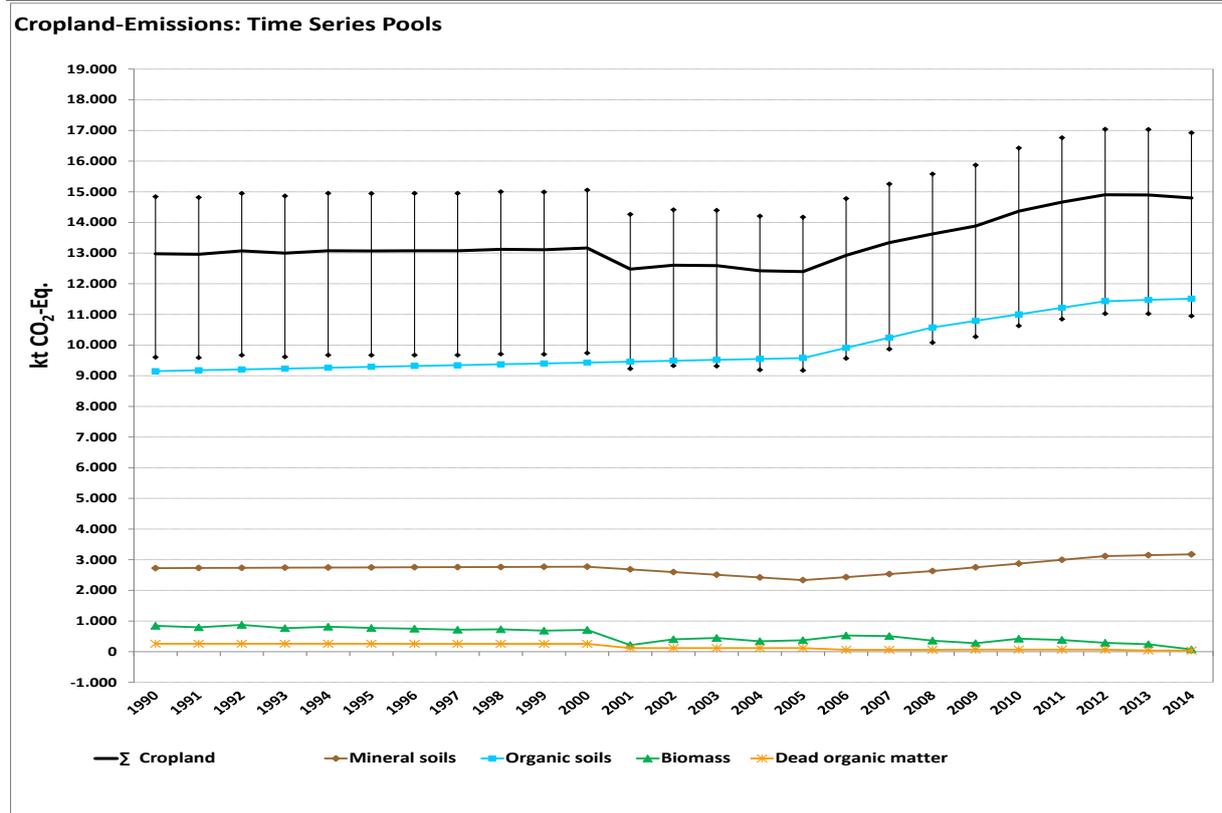


Abbildung 62: Treibhausgasemissionen (Summe aus CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O) [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Ackerland von 1990-2014 nach Kategorien (Unsicherheitendarstellung nur für Gesamtsumme)

## 6.5.2 Methodische Aspekte (4.B)

### 6.5.2.1 Biomasse

Für die Verbleibkategorie von Ackerland werden keine Kohlenstoffvorratsänderungen ausgewiesen, da ein Gleichgewichtszustand für die Kohlenstoffflüsse der Biomasse in diesen Kategorien unterstellt wird; nach der Gain-Loss Methode ist somit  $\Delta C = 0$  (Equation 2.7 in den 2006 IPCC Guidelines). Entsprechend werden in der CRF-Tabelle 4.B.1 unter den Rubriken „lebende Biomasse“ und „tote organische Substanz“ die Vermerke NO (not occurring) geführt. Dies begründet sich in den für Dauerkulturen Deutschlands ermittelten repräsentativen „Gleichgewichtskohlenstoffvorräten“. Annuelle Kulturen werden entsprechend der IPCC Richtlinien in der Verbleibkategorie von Ackerland nicht berücksichtigt (IPCC 2006). Der Berechnung des durchschnittlichen Kohlenstoffvorrates für Obstgehölze liegt eine vollständige Baumzählung zugrunde, die die Gehölze unterschieden nach Art und Alter (< 1 - > 25 Jahre) erfasst. Zusammen mit PÖPKEN (2011) konnte ein repräsentativer Gleichgewichtskohlenstoffvorrat für alle ackerbaulich genutzten Gehölzpflanzen ermittelt werden, da über alle unterschiedlichen Altersklassen, Gehölzarten sowie Ausprägungen und Zusammensetzungen summiert wurde (Kapitel 19.4.3.1). Der jährliche Zuwachs wird bei Gehölzpflanzen in Nutzung i.d.R. vollständig weggeschnitten. Die Umtriebszeiten für die Gehölzpflanzen sind relativ kurz (ca. 10-15 Jahre bei Obstgehölzen), so dass es zwar häufig zu einer Erneuerung der Bestände kommt, jedoch aus der bei der Herleitung der Emissionsfaktoren berücksichtigten Kategorie. Es besteht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Pflanzung, Wachstum, Schnitt, Ernte und Erneuerung. Im Falle von

Landnutzungsänderungen zu Ackerland werden die Kohlenstoffvorräte durch Anpflanzung von Gehölzbiomasse daher auch vollständig im Jahr der Landnutzungsänderung angerechnet. Bei Landnutzungsänderungen werden die Kohlenstoffvorratsänderungen in der annuellen und perennierenden Biomasse erfasst und berichtet.

#### 6.5.2.1.1 *Kohlenstoffvorräte in der Biomasse von Dauerkulturen (perennierenden Ackerkulturen)*

Die Kohlenstoffvorräte in der Biomasse von Dauerkulturen wurden nach den in Kapitel 19.4.3.1 aufgeführten Methoden hergeleitet. Dort sind auch die Datengrundlagen und Einzelfaktoren verzeichnet. Tabelle 358 zeigt als Ergebnis den Kohlenstoffvorrat auf Dauerkulturflächen.

Tabelle 358: Flächengewichteter Mischwert des Kohlenstoffvorrates [kt C ha<sup>-1</sup> ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls] für Dauerkulturen 2014

Dauerkulturen	Kohlenstoffvorrat [Mg C ha <sup>-1</sup> ]		
	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>oberirdisch</sub>	Bio <sub>unterirdisch</sub>
Acker: Dauerkulturen	11,67 ± 1,78	7,68 ± 0,50	3,98 ± 1,80

#### 6.5.2.1.2 *Kohlenstoffvorräte in der Biomasse von annuellen Ackerkulturen*

Bei Landnutzungsänderungen wird die ober- und unterirdische Biomasse von annuellen Acker- und Gartenlandkulturen und Dauerkulturen als flächengewichtetes Mittel angesetzt. Dieses Vorgehen entspricht den 2006 IPCC Guidelines-Methoden. Der Kohlenstoffvorrat für die ober- und unterirdische Biomasse von annuellen Ackerkulturen wird jährlich auf Basis der Ernteerhebungen des Statistischen Bundesamtes errechnet. Hieraus werden flächen- und ertragsgewichtete mittlere Kohlenstoffvorräte bezogen auf die Fläche annueller Acker- und Gartenlandkulturen berechnet.

Die Grundlage für die Ermittlung der mittleren Kohlenstoffvorräte für Feldfrüchte bilden die Erträge und Anbauflächen von 65 Feldfrüchten. Diese sind:

- Winterweizen, Sommerweizen, Roggen, Triticale, Wintermenggetreide, Wintergerste, Sommergerste, Hafer, Sommermenggetreide, Körnermais,
- Futtererbsen, Ackerbohnen,
- Kartoffeln, Zuckerrüben, Runkelrübe,
- Winterraps,
- Klee, Luzerne, Gras, Silomais und
- Blumenkohl, Brokkoli, Chinakohl, Grünkohl, Kohlrabi, Rosenkohl, Rotkohl, Weißkohl, Wirsing, Eichblattsalat, Eissalat, Endiviensalat, Feldsalat, Kopfsalat, Lollo Salat, Radicchio, Römischer , Rucolasalat, sonstige Salate, Spinat, Rhabarber, Spargel, Staudensellerie, Knollenfenchel, Knollensellerie, Meerrettich, Möhren, Radieschen, Rettich, Rote Rüben, Einlegegurken, Schälgurken, Speisekürbisse, Zucchini, Zuckermais, Buschbohnen, Dicke Bohnen, Stangenbohnen, Frischerbsen-Drusch, Frischerbsen, Bundzwiebeln, Speisezwiebeln, Petersilie, Porree, Schnittlauch.

Die Ableitung der trockenen Biomasse einzelner Pflanzenteile aus den Ernteerträgen erfolgt nach ROESEMANN et al. (2015) mittels Verhältniszahlen und Wassergehaltsangaben aus unterschiedlichen Quellen. Die Daten und Methoden sind konsistent mit denen zur Berechnung des Stickstoffs in Ernterückständen (CRF 3.D.a.4).

Für die Berechnung des Kohlenstoffvorrates der Biomasse wurde, abweichend vom IPCC-Standardwert (50 Gew-%), ein durchschnittlicher Kohlenstoffgehalt von 45 Gew-%

angenommen, da OSOWSKI et al. (2004) Kohlenstoffgehalte für Pflanzen in Mitteleuropa von 44-48 Gew.-% ausweisen und PÖPKEN (2011), bei ihren Untersuchungen von Nutzhölzpflanzen für das deutsche Inventar, ebenfalls mittlere Werte von 45-46 % ermittelte.

Die Ergebnisse für annuelle Ackerland- bzw. Gartenpflanzen sind in Tabelle 359 dargestellt. Diese weichen von den Vorjahreswerten ab, da bezüglich der Faktoren zur Berechnung der Biomasse von Grünlandpflanzen eine vollständige Angleichung an das Landwirtschaftsinventar vorgenommen wurde; so wurden die Verhältniswerte für „Ernteprodukte zu oberirdischer Biomasse“ bzw. „oberirdischer zu unterirdischer Biomasse“ für annuelle Gräser, Futterbaupflanzen und Silomais von RÖSEMANN et al. (2015) übernommen; bezüglich annueller Gräser und Gras-/Klee-Gemischen faktisch den 2006 IPCC Guidelines angepasst. Dies führte zu den in Tabelle 359 aufgeführten Unterschieden gegenüber der vorherigen Submission.

Tabelle 359: Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha<sup>-1</sup> ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls] annueller Biomasse auf Ackerland sowie deren prozentuale Veränderung gegenüber der vorherigen Submission

Jahr	Ackerland <sup>annuell</sup>					
	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]			Veränderung gegenüber Submission 2015 [%]		
	Biomasse <sub>total</sub>	Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	Biomasse <sub>unterirdisch</sub>	Biomasse <sub>total</sub>	Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	Biomasse <sub>unterirdisch</sub>
1990	5,19 ± 0,27	3,74 ± 0,14	1,45 ± 0,02	16,1	29,5	-18,2
1995	5,56 ± 0,29	4,14 ± 0,15	1,42 ± 0,02	14,3	24,3	-15,0
2000	5,91 ± 0,31	4,42 ± 0,17	1,49 ± 0,02	13,4	23,4	-16,1
2005	6,10 ± 0,32	4,60 ± 0,17	1,50 ± 0,02	14,1	22,7	-12,2
2006	5,76 ± 0,30	4,37 ± 0,16	1,39 ± 0,02	13,8	21,3	-9,6
2007	5,82 ± 0,30	4,36 ± 0,16	1,46 ± 0,02	17,5	26,9	-10,6
2008	6,32 ± 0,33	4,80 ± 0,18	1,52 ± 0,02	16,0	23,4	-7,6
2009	6,48 ± 0,34	4,90 ± 0,18	1,57 ± 0,02	16,0	24,0	-8,9
2010	5,98 ± 0,31	4,53 ± 0,17	1,45 ± 0,02	17,3	25,2	-7,2
2011	6,10 ± 0,32	4,56 ± 0,17	1,54 ± 0,02	22,5	32,6	-7,2
2012	6,44 ± 0,33	4,85 ± 0,18	1,59 ± 0,02	20,9	29,7	-5,9
2013	6,34 ± 0,33	4,82 ± 0,18	1,52 ± 0,02	17,6	24,9	-5,5
2014	7,23 ± 0,38	5,46 ± 0,20	1,77 ± 0,03	/	/	/

### 6.5.2.1.3 Gesamte Kohlenstoffvorräte in der Biomasse Ackerland

Die gesamte Biomasse in Ackerland wird als flächengewichteter jährlicher Kohlenstoffvorrat nach Gleichung 41 berechnet.

Gleichung 41:

$$C_{crop} = \frac{(C_{Dauerkultur} * A_{Dauerkultur} + C_{annuell} * A_{annuell})}{(A_{Dauerkultur} + A_{annuell})}$$

C<sub>crop</sub>: Flächengewichteter Mischwert des Kohlenstoffvorrats der Biomasse von annuellen und Dauerkulturen auf Ackerland [t C ha<sup>-1</sup>]

C<sub>Dauerkultur</sub>: Durchschnittlicher Kohlenstoffvorrat in der Biomasse von Dauerkulturen (perennierenden Ackerkulturen) [t C ha<sup>-1</sup>]

C<sub>annuell</sub>: Durchschnittlicher Kohlenstoffvorrat in der Biomasse von annuellen Ackerkulturen [t C ha<sup>-1</sup>]

A<sub>Dauerkultur</sub>: Ackerfläche mit Dauerkulturen [ha]

A<sub>annuell</sub>: Ackerfläche mit annuellen Kulturen [ha]

Die in Tabelle 360 dargestellten Werte werden allen Berechnungen bzgl. Biomasse im Zusammenhang mit Landnutzungsänderungen im Ackerland- und Grünlandbereich zugrunde gelegt. Die gegenüber dem Vorjahr geänderten Biomassevorräte für annuelle

Ackerlandbiomasse führten infolge Gleichung 41 auch zu Veränderungen in den mittleren Kohlenstoffgesamtvorräten der Biomasse auf Ackerland; diese sind ebenfalls in Tabelle 360 dargestellt.

Tabelle 360: Flächengewichteter Mischwert des Kohlenstoffvorrates [ $\text{t C ha}^{-1} \pm$  Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls] in der Biomasse von Ackerland in Deutschland sowie deren prozentuale Veränderung gegenüber der vorherigen Submission

Jahr	Ackerland <sub>annuell</sub>					
	Kohlenstoffvorrat [ $\text{t C ha}^{-1}$ ]			Veränderung gegenüber Submission 2015 [%]		
	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>oberirdisch</sub>	Bio <sub>unterirdisch</sub>	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>oberirdisch</sub>	Bio <sub>unterirdisch</sub>
1990	5,29 ± 0,64	3,79 ± 0,57	1,50 ± 0,28	-13,4	-22,3	22,0
1995	5,65 ± 0,69	4,19 ± 0,63	1,47 ± 0,28	-12,0	-19,2	17,7
2000	5,99 ± 0,73	4,46 ± 0,67	1,53 ± 0,29	-11,4	-18,6	19,1
2005	6,18 ± 0,75	4,64 ± 0,69	1,54 ± 0,29	-12,0	-18,2	14,0
2006	5,84 ± 0,71	4,41 ± 0,66	1,43 ± 0,27	-11,8	-17,3	10,9
2007	5,91 ± 0,72	4,41 ± 0,66	1,50 ± 0,28	-14,5	-20,8	12,0
2008	6,39 ± 0,78	4,84 ± 0,72	1,56 ± 0,30	-13,4	-18,7	8,5
2009	6,55 ± 0,80	4,94 ± 0,74	1,61 ± 0,31	-13,4	-19,1	10,1
2010	6,07 ± 0,74	4,58 ± 0,68	1,49 ± 0,28	-14,3	-19,8	8,2
2011	6,20 ± 0,76	4,61 ± 0,69	1,59 ± 0,30	-17,9	-24,1	8,1
2012	6,51 ± 0,79	4,89 ± 0,73	1,62 ± 0,31	-17,0	-22,6	6,6
2013	6,41 ± 0,78	4,86 ± 0,73	1,55 ± 0,29	-14,6	-19,7	6,1
2014	7,29 ± 0,89	5,49 ± 0,82	1,80 ± 0,34	/	/	/

### 6.5.2.2 Mineralische Böden

Für Flächen unter verbleibender Nutzung wird keine Änderung der Kohlenstoffvorräte in Mineralböden ausgewiesen. Die Konstanz des Kohlenstoffvorrats seit Anfang der 1990er Jahre wird durch Ergebnisse auf 140 regionalen Langzeituntersuchungsflächen belegt (HÖPER & SCHÄFER 2012; FORTMANN et al. 2012 und BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2007). Erste Untersuchungen zur Kohlenstoffbilanz von Ackerlandflächen an 180 Standorten der landesweiten Bodenzustandserhebung Landwirtschaft, anhand von Modellen, unterstreichen diese Annahme (DREYSSE 2015). Zum einen kam das für die praktische Beratung entwickelte Bilanzierungsmodell „VDLUFU-Humusbilanzierung“ (KÖRSCHENS, et al. 2004; AUTORENKOLLEKTIV 2014) zum Einsatz, zum anderen das prozessgesteuerte, standortangepasste Modell „CandyCarbonBalance“ (FRANKO, et al. 2011). Beide Modelle zeigen eindeutig, dass die untersuchten, langjährig genutzten Ackerböden keine Quellen für CO<sub>2</sub> darstellen (DREYSSE 2015). Auch zeigen Metastudien jüngerer Datums (BAKER et al. 2007; LUO et al. 2010), dass die Art der Bodenbearbeitung bei einer Betrachtungstiefe > 60 cm keinen Einfluss auf den Gesamtkohlenstoffvorrat von Mineralböden hat. Desweiteren treten keine großflächigen und schnell wechselnden Änderungen bezüglich der Bodenbewirtschaftungs- und Managementmethoden im Bereich der landwirtschaftlichen Bodennutzung auf. In der CRF-Tabelle 4.B.1 wird die Spalte Kohlenstoffvorratsänderung in Mineralböden der Verbleibkategorie daher mit NO (not occurring) gekennzeichnet.

Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen infolge der Umwandlung von Landflächen in Ackerland ist in Kapitel 6.1.2.1.1, für die N<sub>2</sub>O-Emissionen in Kapitel 6.1.2.1.2 beschrieben. Die Emissionsfaktoren für Kohlenstoff sind in Tabelle 310 und Tabelle 311 (Kapitel 6.1.2.1.1), die für direkte Lachgasemissionen in Tabelle 312, für indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen in Tabelle 313 (Kapitel 6.1.2.1.2) dargestellt. Die Herleitung der Emissionsfaktoren ist in Kapitel 19.4.2

beschrieben, die Unsicherheiten sind in Tabelle 361 (Kapitel 6.6.3) ausgewiesen. Die Ergebnisse für die Emissionen aus Mineralböden finden sich im Common Reporting Framework für die:

- CO<sub>2</sub>-Emissionen in CRF-Tabelle 4.B.2.1-4.B.2.5,
- direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen in CRF-Tabellen 4.III.2.1-4.III.2.5,
- indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen in CRF-Tabelle 4.IV.2.

### 6.5.2.3 Organische Böden

Die Berechnungen der CO<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen aus organischen Böden infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung sowie die Herleitung der entsprechenden Emissionsfaktoren sind in Kapitel 6.1.2.1 beschrieben, die Ermittlung der Flächen sowie Flächennutzung in Kapitel 6.3.1 ff. Die jährlichen Emissionen nach Landnutzungsänderung werden wie die Emissionen aus verbleibender Ackernutzung berechnet, letztere werden in der CRF-Tabelle 4.B.1, die Emissionen infolge von Landnutzungsänderung in CRF-Tabellen 4.B.2.1 - 4.B.2.5 ausgewiesen.

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus ackerbaulich genutzten organischen Böden werden im Sektor „Landwirtschaft“ unter Kapitel 3.D.a.6 „Cultivation of Histosols“ berichtet. Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden diese in der LULUCF CRF-Tabelle 4.II.B mit dem Notationsschlüssel „IE“ versehen.

Die Methanemissionen aus organischen Böden sowie aus Draingräben werden im Zahlenwerk in der CRF-Tabelle 4.II.B präsentiert.

### 6.5.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.B)

Die Bestimmung der Unsicherheiten für Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten erfolgten gemäß der IPCC 2006 Guidelines (IPCC 2006). Nähere Erläuterungen hierzu finden sich in Kapitel 19.4.4. Tabelle 361 und 6.1.2.1 zeigen die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren (EF) des Ackerlandsektors, unterschieden nach Kategorien und Subkategorien.

Tabelle 361 unterstreicht, dass Verteilungen aus natürlichen Prozessen oft nicht symmetrisch sind, sondern mit links- bzw. rechtssteilen Verteilungen beschrieben werden müssen. Standardnormalverteilungen bzw. annähernd Normalverteilungen weisen lediglich die EF für die Biomasse auf. Die Unsicherheiten sind hier gleichzeitig die geringsten. Mit Ausnahme des EF für CO<sub>2</sub> aus organischen Böden, die eine rechtssteile Verteilung aufweisen, sind die anderen EF für Böden i.d.R lognormal verteilt. Die größten Unsicherheiten weisen die N<sub>2</sub>O-EF für Mineralböden auf, was im Wesentlichen auf die Nutzung der IPCC-Standardfaktoren zurückzuführen ist.

Bei den Unsicherheiten der Faktoren für indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen wurden, im Rahmen der Gaußschen Berechnung der Unsicherheitsfortpflanzung, für die untere Schranke des 95 %-Konfidenzintervalls, Unsicherheiten > 100 % berechnet. Diese Berechnungsmethode entspricht zwar dem Reglement, darf, streng mathematisch gesehen, hier jedoch nicht zur Anwendung kommen. Aufgrund der Berechnungsmethode für indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Mineralböden zugrunde liegenden Annahmen, können keine negativen Emissionen auftreten. Daher wurde die Unsicherheit für die untere Schranke auf 100 % festgelegt.

Die große Unsicherheit der EF für Methan und Lachgas aus organischen Böden beruht auf deren extrem großer Variabilität bei den Geländemessungen und dem Umstand, dass beim Methan auch negative Emissionen auftreten können (s. Kapitel 6.1.2.2.2).

Die Unsicherheiten für die Aktivitätsdaten sind in Tabelle 513 in Kapitel 19.4.4 dargestellt. Diese sind normalverteilt und die Hälfte des 95 % - Konfidenzintervalls beträgt im Ackerlandbereich zwischen 1,0 - 90,2 %. Beim Rasterpunktansatz ist der Stichprobenfehler systembedingt abhängig von der Stichprobengröße, somit vom Flächenanteil der jeweiligen Unterkategorie an der Gesamtfläche (vergl. Kapitel 6.3). So weisen lediglich die Unterkategorien im Ackerlandbereich größere Unsicherheiten auf, deren Anteil an der gesamten Ackerfläche < 0,1 % beträgt. Eine flächengewichtete Ableitung einer Gesamtunsicherheit der Flächendaten in der Ackerlandkategorie ergibt eine Unsicherheit von 1,05 % [Hälfte des 95-% Konfidenzintervalls].

Tabelle 513 in Kapitel 19.4.4 zeigt, dass im Ackerlandbereich, gemessen an den Gesamtemissionen, insbesondere die Emissionen aus organischen Böden einen erheblichen Anteil an den nationalen LULUCF-Emissionen aufweisen. Die Emissionen aus Mineralböden sind nur im Falle des Grünlandumbruchs eine bemerkenswerte Größe.

Tabelle 361: Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5 %-Perzentil in % vom Lagemaß] zur Berechnung der THG-Emissionen aus dem Ackerland Deutschlands 2014, unterschieden nach Kategorie und Unterkategorie

Ackerland		Emissionsfaktor	Schranken	
Landnutzung <sub>vor</sub>	Landnutzung <sub>nach</sub>		untere	obere
<b>Mineralboden CO<sub>2</sub>-C<sup>106</sup></b>		<b>[t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Acker	-0,025	16,9	25,0
Grünland i.e.S.	Acker	-0,870	29,6	49,1
Gehölze	Acker	-0,658	27,9	51,1
Terr. Feuchtgebiete	Acker	-0,699	28,4	36,8
Gewässer	Acker	0	33,0	50,5
Siedlungen	Acker	0,068	27,9	49,2
Sonstige Fläche	Acker	0,221	27,4	51,8
<b>Mineralboden N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub><sup>107</sup></b>		<b>[kg N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Acker	0,029	72,1	201,6
Grünland i.e.S.	Acker	1,078	91,0	211,9
Gehölze	Acker	0,845	90,4	212,4
Terr. Feuchtgebiete	Acker	0,711	90,6	209,4
<b>Mineralboden N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub><sup>611</sup></b>		<b>[kg N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Acker	0,007	100	287,8
Grünland i.e.S.	Acker	0,243	100	295,2
Gehölze	Acker	0,190	100	295,5
Terr. Feuchtgebiete	Acker	0,160	100	293,4

<sup>106</sup> Berechnung über 20 Jahre; Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle

<sup>107</sup> Berechnung über 20 Jahre; Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke

Ackerland		Emissionsfaktor	Schranken	
Landnutzung <sub>vor</sub>	Landnutzung <sub>nach</sub>		untere	obere
Biomasse <sup>108</sup>		[t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Wald	Acker	-47,37	21,6	21,6
Grünland i.e.S.	Acker	0,43	15,9	15,9
Gehölze	Acker	-35,9	46,4	47,3
Terr. Feuchtgebiete	Acker	-11,67	31,0	31,6
Gewässer	Acker	7,29	12,2	12,2
Siedlungen	Acker	-4,94	29,6	30,1
Sonstige Fläche	Acker	7,29	12,2	12,2
Tote organische Substanz <sup>612</sup>		[t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Wald	Acker	-20,69	6,2	6,2

Tabelle 362: Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5%-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Ackerland im Jahr 2014

Landnutzung	Treibhausgas	Emissionsfaktor	untere	Schranken obere
Organischer Boden <sup>109</sup>		[t CO <sub>2</sub> -Eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Acker	CO <sub>2</sub>	29,70	45,7	17,4
Acker	N <sub>2</sub> O	5,01	85,5	286,5
Acker	CH <sub>4</sub>	0,65	66,7	233,9

Die Berechnungen sind für den gesamten Berichtszeitraum von 1990-2013 räumlich und zeitlich konsistent und vollständig.

#### 6.5.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.B)*

Details zu den diesjährigen Prüfungen finden sich in Kapitel 6.1.3.

Die zur Erstellung dieses Inventars verwendeten Datenquellen erfüllen die Prüfkriterien des QSE-Handbuchs für Datenquellen. Bezüglich der Qualitätssicherung der Eingangsdaten (ATKIS®, BÜK, Officialstatistik, siehe Kapitel 6.3) wird auf die Datenhalter verwiesen (Dokumentationen finden sich in der Inventarbeschreibung).

Die Ergebnisse der Emissionsberechnung der aktuellen Berichterstattung können mit anderen Datenquellen für Deutschland nicht verglichen werden, da solche flächendeckend, umfassend und unabhängig von den hier aufgeführten Methoden und Datenquellen nicht existieren.

Tabelle 363 zeigt einen innereuropäischen Vergleich impliziter Emissionsfaktoren (IEF) für unterschiedliche Kategorien. Da die Ergebnisse der Submission 2015 auf Grund der späten Veröffentlichung nicht berücksichtigt werden konnten, liegen dem Vergleich die Werte der Submission 2014 zugrunde. Da diese methodisch noch auf der 2003 IPCC Good Practice Guidance beruhen, werden nur Vergleichswerte dargestellt, die schon in den Vorjahren berichtet wurden. Für die mit der Einführung der 2006 IPCC Guidelines zu berichtenden Größen, liegen noch keine Vergleichswerte vor (z.B. Methanemissionen aus organischen Böden, indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen). Der Vergleich zeigt, insbesondere unter Berücksichtigung der großen Unsicherheiten und Streuung der berichteten Werte (siehe Kapitel 6.5.3), dass die landesspezifischen Werte für Deutschland im Reigen seiner Nachbarländer keine auffälligen Unterschiede in der Größenordnung aufweisen.

<sup>108</sup> Berechnung nur im ersten Jahr der Landnutzungsänderung; Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle

<sup>109</sup> Berechnung jährlich, Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke

Kohlenstoffvorratsänderungen in Mineralböden, Biomasse und toter organischer Substanz (nur aus der Umwandlung von Wald zu Acker) werden im deutschen Inventar nur bei Landnutzungsänderungen zu Acker berücksichtigt, nicht bei verbleibender Ackernutzung.

Tabelle 363: Vergleich impliziter Emissionsfaktoren (IEF) unterschiedlicher Kategorien im Ackerlandsektor innerhalb Europas für das Jahr 2012 (Ausnahme Deutschland NIR 2016: Vergleichswert 2014)

Implizierte Emissionsfaktoren (IEF) NIR 2014	Verbleibender Acker Organische Böden	Umwandlung zu Acker			
		Mineralböden t C ha <sup>-1</sup>	Biomasse	Tote org. Substanz	Lachgas kg N <sub>2</sub> O-N ha <sup>-1</sup>
Österreich	NO	-0,99	0,06	-0,04	1,00
Belgien	-10,00	-1,58	-0,11	-0,01	1,48
Dänemark	-10,62	0,01	0,28	-0,04	0,03
Frankreich	NO	-1,18	-0,15	-0,02	1,13
Großbritannien	-1,90	-1,13	0,00	0,00	0,22
Niederlande	IE	-0,65	-0,41	-0,05	0,52
Polen	-1,00	-1,02	NO	NO	14,88
Tschechische Republik	NO	-0,34	-0,14	0,00	0,39
Schweiz	-9,52	-0,18	-0,04	0,00	0,50
Deutschland NIR 2015	-8,10	-0,80	-0,0023	-0,39	0,63 <sup>110</sup> (0,14) <sup>111</sup>
<b>Deutschland NIR 2016</b>	<b>-8,10</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,019</b>	<b>-0,28</b>	<b>0,62<sup>112</sup></b> <b>(0,14)<sup>113</sup></b>

positiv: Kohlenstoffsенke bzw. N<sub>2</sub>O-Emission; negativ: Kohlenstoffquelle bzw. N<sub>2</sub>O-Einbindung

### 6.5.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.B)

Mit der diesjährigen Submission werden quellspezifische Rückrechnungen für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 – 2014 vorgelegt, da neue bzw. korrigierte Datenquellen und Methoden zur Anwendung kamen:

#### 1. Aktivitätsdaten

- Karte der organischen Böden Deutschlands (ROSSKOPF et al., 2015)
- der aktuelle Datensatz des Basis-DLM (2014)

#### 2. Emissionsfaktoren

- Änderung der Emissionsfaktoren für die Biomasse von Silomais und annuellen Grünlandpflanzen inkl. Futterbau; dadurch lagen zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen korrigierte Emissionsfaktoren für die Biomasse folgender Landnutzungskategorien vor:
  - Ackerland
  - Grünland i.e.S.
  - Feuchtgebieten
  - Siedlungen

<sup>110</sup> direkte Emissionen

<sup>111</sup> indirekte Emissionen

<sup>112</sup> direkte Emissionen

<sup>113</sup> indirekte Emissionen

### 3. Methoden

- Modifikation der Methode zur Ermittlung der Landnutzung und Landnutzungsänderung auf organische Böden, durch Einführung der hochauflösenden Karte der organischen Böden Deutschlands (s. Ausführungen in Kapitel 6.3.1);
- Im Rahmen der Neuberechnung der Emissionsfaktoren sowie der Aktivitätsdaten wurden auch die zugehörigen Unsicherheiten neu bestimmt.

Tabelle 364 und Tabelle 365 verdeutlichen die Auswirkungen der Rückrechnungen. Die Emissionen der Verbleibkategorie Acker sind im Vergleich mit der Vorjahressubmission, mit der Zeit abnehmend, um 37-7 % geringer. Diese Emissionsunterschiede korrelieren zu 100 % mit den Differenzen der organischen Böden und sind somit vollständig auf die Methodenänderung hinsichtlich der Ausweisung der Landnutzung auf organischen Böden zurückzuführen. In den Übergangskategorien zu Acker sind die Emissionen infolge der Neuberechnung der gesamten Zeitreihe gegenüber den Vorjahresberechnungen deutlich größer (7,7 % - 19,5 %). Mit einem Anteil von 70 % am Betrag der Emissionen der Unterkategorie „Landnutzungsänderung zu Ackerland“ ist auch hier die Methodenänderung bezüglich der Ausweisung der Landnutzungsänderungen auf organischen Böden die Hauptursache; hierbei wird deutlich mehr Landnutzung hin zu Ackerland ausgewiesen (insbesondere Grünlandumbruch). Die Unterschiede bei Mineralböden (-14 %) und Biomasse (+13 %) gleichen sich fast aus und sind bezüglich der Mineralböden ausschließlich auf die Änderung der Aktivitätsdaten und im Falle der Biomasse auf letztere sowie die geänderten Emissionsfaktoren für Acker- und Grünlandpflanzen zurückzuführen.

Insgesamt führen die gegenläufigen Trends in der Verbleib- und den Übergangskategorien zu Gesamtemissionen, die für das Jahr 1990 eine Differenz von -3.087 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten  $\triangleq$  - 19,2 % aufweisen, für das Jahr 2013 einen Unterschied von 616 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten  $\triangleq$  +4,3 %.

Tabelle 364: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Treibhausgasemissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] aus verbleibendem Acker (5.B.1)

Flächen [kha]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Gesamtfläche</b>	<b>2016</b>	12.588	12.529	12.470	12.381	12.382	12.383	12.384	12.384	12.384	12.385	12.385	12.384
	<b>2015</b>	12.584	12.526	12.468	12.383	12.383	12.384	12.385	12.384	12.384	12.384	12.384	12.365
<b>Mineralboden</b>	<b>2016</b>	12.389	12.326	12.262	12.159	12.156	12.154	12.152	12.148	12.145	12.141	12.138	12.134
	<b>2015</b>	12.267	12.225	12.182	12.108	12.109	12.110	12.111	12.112	12.112	12.112	12.113	12.096
<b>Organische Böden</b>	<b>2016</b>	199	204	208	222	226	229	232	236	240	243	247	250
	<b>2015</b>	317	302	287	275	274	274	273	273	272	272	271	269
Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Gesamt</b>	<b>2016</b>	6.039	6.179	6.319	6.753	6.851	6.949	7.048	7.160	7.273	7.385	7.498	7.589
	<b>2015</b>	9.625	9.162	8.699	8.346	8.327	8.308	8.290	8.275	8.260	8.246	8.231	8.165
<b>Mineralböden</b>	<b>2016</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>2015</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Organische Böden</b>	<b>2016</b>	6.039	6.179	6.319	6.753	6.851	6.949	7.048	7.160	7.273	7.385	7.498	7.589
	<b>2015</b>	9.625	9.162	8.699	8.346	8.327	8.308	8.290	8.275	8.260	8.246	8.231	8.165
<b>Biomasse</b>	<b>2016</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<b>2015</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 365: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] Treibhausgasemissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] aus Landnutzungsänderungen zu Acker (5.B.2)

Flächen [kha]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamtfläche	2016	1.045	1.045	1.045	894	924	954	985	1.015	1.046	1.077	1.107	1.107
	2015	1.047	1.047	1.047	895	923	952	981	1.010	1.039	1.069	1.098	1.126
Mineralböden	2016	943	943	943	801	823	846	869	896	923	950	978	979
	2015	959	959	959	818	846	873	900	928	956	984	1.013	1.040
Organische Böden	2016	103	103	103	93	101	108	116	120	123	126	130	128
	2015	88	88	88	76	78	79	81	82	83	84	85	86
Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamt	2016	6.940	6.892	6.849	5.646	6.077	6.392	6.577	6.723	7.094	7.278	7.406	7.308
	2015	6.441	6.400	6.354	5.216	5.251	5.328	5.346	5.413	5.715	5.733	5.800	6.116
Mineralböden	2016	2.413	2.436	2.459	2.072	2.160	2.248	2.336	2.445	2.554	2.663	2.772	2.798
	2015	2.562	2.582	2.603	2.209	2.311	2.412	2.513	2.622	2.731	2.839	2.948	3.050
Organische Böden	2016	3.111	3.111	3.111	2.823	3.058	3.292	3.527	3.629	3.730	3.832	3.934	3.883
	2015	2.662	2.662	2.662	2.309	2.356	2.403	2.450	2.485	2.519	2.554	2.588	2.625
Biomasse	2016	845	775	710	372	528	509	361	277	424	384	289	243
	2015	642	581	515	302	236	153	11	-85	61	-78	-167	10
Tote org. Substanz	2016	258	257	256	117	59	59	60	66	66	66	66	35
	2015	247	246	246	118	58	58	58	65	65	65	65	53
N <sub>2</sub> O aus org. Böden	2016	312	312	312	262	272	283	293	306	319	332	345	348
	2015	328	328	328	278	290	302	314	327	340	353	366	378

### 6.5.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.B)

Derzeit sind, über frühere Angaben hinaus, keine weiteren Verbesserungsmaßnahmen geplant. Aussagen über den Stand der Umsetzung der geplanten Verbesserungsmaßnahmen im LULUCF-Sektor sind in Kapitel 6.1.4 zu finden.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesen Kapiteln Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 6.6 Grünland (4.C)

### 6.6.1 Beschreibung der Kategorie (4.C)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	4.C. Grassland	0	CO <sub>2</sub>	25.538,1	2,10%	22.231,6	2,51%	-12,9%
-/-	4.C. Grassland	0	CH <sub>4</sub>	593,8	0,05%	516,6	0,06%	-13,0%
-/-	4.C. Grassland	0	N <sub>2</sub> O	87,5	0,01%	102,0	0,01%	16,7%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2	RS/NS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	RS/NS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	RS/NS	CS

Die Kategorie *Grünland* (4.C) ist für CO<sub>2</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend, sowie der Tier-2-Analyse. Für Methan ergibt sich die Einordnung als Hauptkategorie nur durch die Tier-2-Analyse.

Im Jahre 2014 betragen die anthropogen bedingten Netto-Emissionen aus Grünland 22.851,3 kt CO<sub>2</sub>-Eq. (95 %-Konfidenzintervall: 13.265,9 kt CO<sub>2</sub>-Eq.  $\pm$  41,9 % - 27.903,8 kt CO<sub>2</sub>-Eq.  $\pm$  22,1 %). Durch die Entwässerung organischer Grünlandböden wurden 24.789,9 kt CO<sub>2</sub>, 516,7 kt CO<sub>2</sub>-Eq. Methan sowie 97,2 kt CO<sub>2</sub>-Eq. Lachgas freigesetzt; durch Zersetzung von Totholz

und Streu aus der Entwaldung 1130,6 kt CO<sub>2</sub>. Die Biomasse (-616,6 kt CO<sub>2</sub>) als auch die Mineralböden (-2.137,3 kt CO<sub>2</sub>) fungierten im Grünlandsektor als Kohlenstoffsenken.

Diese Emissionen bilden die Summe aus den Unterkategorien Grünland i.e.S und Gehölze, die sich bezüglich ihrer Emissionen sowohl quantitativ, wie auch qualitativ deutlich unterscheiden. So verdeutlichen Tabelle 366 und die Abbildung 63 und Abbildung 64, dass Grünland im engeren Sinne eine deutliche CO<sub>2</sub>-Quelle ist, deren absolute Größe von 22.727,4 kt CO<sub>2</sub>-Eq. von den Emissionen aus den organischen Böden dominiert wird (24.062,6 kt CO<sub>2</sub>-Eq.  $\cong$  105,9 %), wobei der Anteil des CO<sub>2</sub> (97,9 %) den des Methan (2,1 %) bei weitem übertrifft. Während auch die Biomasse und die tote organische Substanz als geringe CO<sub>2</sub>-Quellen wirkten (2,5 %), stellen die Mineralböden unter Grünland i.e.S. eine anhaltende Senke für Kohlenstoff dar, mit einem Anteil von 7,6 % am Betrag der Bruttoemissionen der Unterkategorie.

Tabelle 366: CO<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] aus dem Grünland Deutschlands 2014, unterschieden nach Unterkategorien. Dargestellt sind Summen sowie obere und untere Schranke des 95 % - Konfidenzintervalls

Grünland i.e.S. Emissionen 2014						
Quellgruppe	THG	Emission	[kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		[%]	
			2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.
<b>Grünland i.e.S.-total</b>		<b>22.727,4</b>	12.173,2	28.274,2	46,4	24,4
Mineralboden	CO <sub>2</sub>	-1.908,4	-1.479,1	-2.609,9	22,5	36,8
	N <sub>2</sub> O	0	0	0	0	0
Organischer Boden	CO <sub>2</sub>	23.563,3	11.230,5	29.894,5	52,3	26,9
	N <sub>2</sub> O	IE	IE	IE	IE	IE
	CH <sub>4</sub>	499,3	278,0	1.720,2	44,3	244,5
Biomasse	CO <sub>2</sub>	442,6	354,7	530,7	19,9	19,9
Tote organische Substanz	CO <sub>2</sub>	130,6	104,8	156,4	19,8	19,8
Gehölze Emissionen 2014						
Quellgruppe	THG	Emission	[kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		[%]	
			2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.
<b>Gehölze<sub>total</sub></b>		<b>123,9</b>	103,2	148,1	16,8	19,5
Mineralboden	CO <sub>2</sub>	-228,9	-184,6	-301,2	19,4	31,6
	N <sub>2</sub> O	5,9	1,1	16,7	81,8	184,3
Organischer Boden	CO <sub>2</sub>	1.226,6	992,9	1.499,7	19,1	22,3
	N <sub>2</sub> O	97,2	14,9	273,3	84,7	181,1
	CH <sub>4</sub>	17,3	2,4	175,2	86,0	912,8
Biomasse	CO <sub>2</sub>	-1.059,2	-678,9	-1.445,2	35,9	36,4
Tote organische Substanz	CO <sub>2</sub>	65,0	48,0	82,1	26,2	26,2

Der Verlauf der Zeitreihe der Gesamtemissionen von Grünland i.e.S. weist 2014 Emissionen auf, die um 13 % gegenüber dem Basisjahr zugenommen haben. Der Verlauf der Zeitreihe der Gesamtemissionen wird dominiert von den Emissionen aus den organischen Böden, deren Flächenänderungen sie im Wesentlichen widerspiegeln ( $r = 0,996$ ). Die höchsten Emissionen traten im Basisjahr auf; seitdem sinken sie infolge verstärkter Überführung organischer Grünlandflächen in andere Landnutzungskategorien besonders im Ackerland (87 % der Änderungsfläche mit einem Trend seit 2005 von +28%). Neben den Emissionen aus organischen Böden nehmen Emissionen aus Biomasse und toten organischen Substanz infolge Entwaldungsmaßnahmen bzw. in jüngerer Zeit deren Rückgang Einfluss auf den Kurvenverlauf. Im Gegensatz zu diesen Quellen wirken Mineralböden als Senke. Diese Senkenleistung zeigt im Zeitverlauf einen hochsignifikanten negativen Trend; sie hat gegenüber dem Basisjahr um 19,1 % abgenommen. Ursache hierfür ist der Rückgang der Umwandlung von Wald-, Acker-, Feuchtgebiets- und sonstigen Flächen zu Grünland (-22,5 %);

mit einem Anteil von 67,2 % an dieser Summe, ist die Abnahme des Flächentransfers aus dem Ackerland hierbei hauptverantwortlich für die Abnahme der Senkenleistung.

Die Kurven der Zeitreihen, insbesondere deutliche Verlaufsänderungen, haben ihre Ursache vor allem in den sich zu den entsprechenden expliziten Erhebungsterminen ändernden Flächendaten (siehe Kapitel 6.5.3, Tabelle 326). Dies gilt insbesondere auch für die Unterkategorie Gehölze.

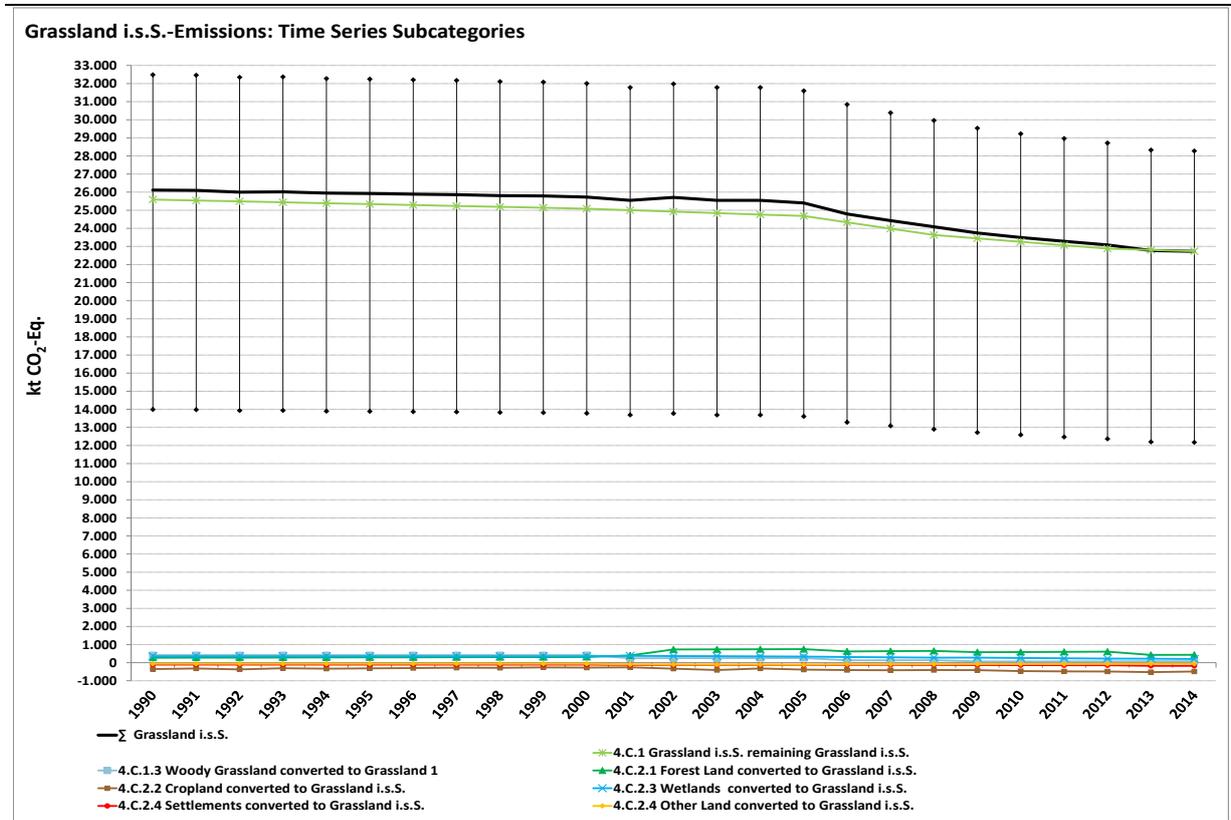


Abbildung 63: CO<sub>2</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus dem Grünland i.e.S. Deutschlands von 1990-2014, dargestellt nach Unterkategorien

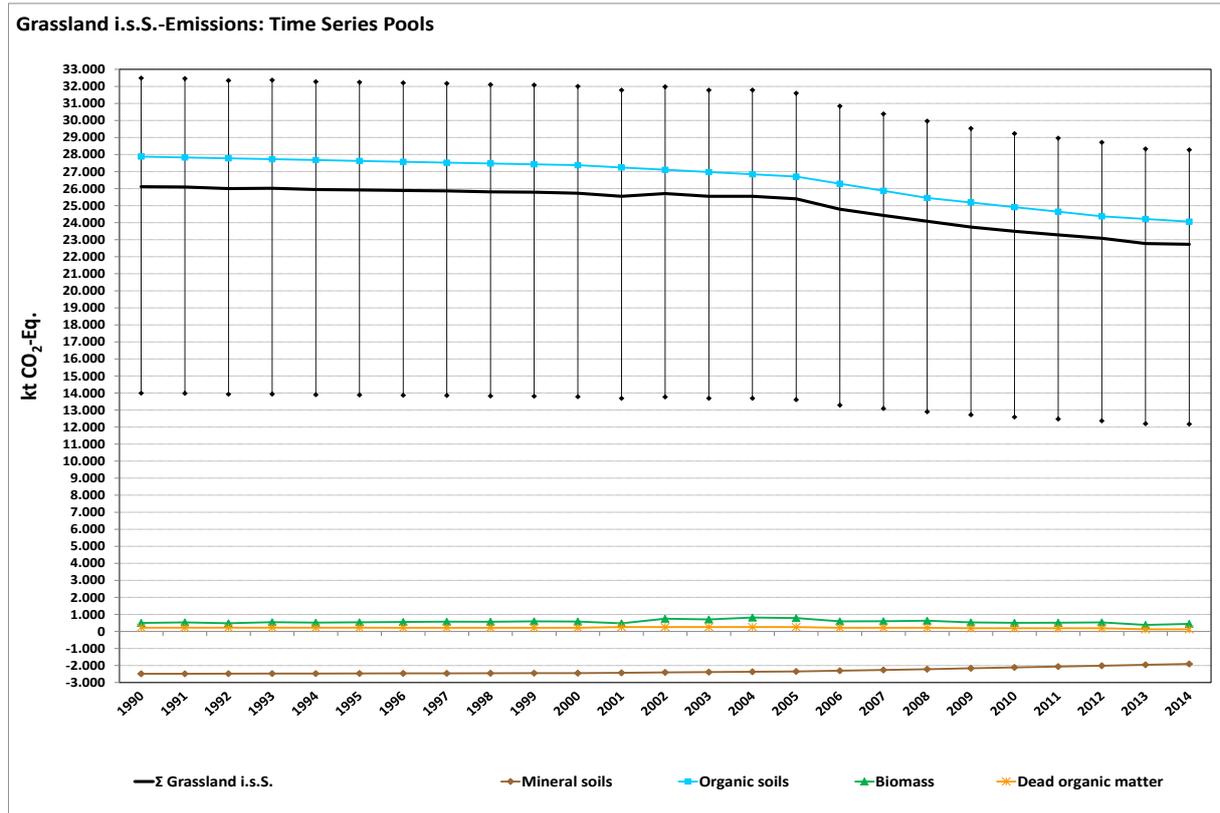


Abbildung 64: CO<sub>2</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus dem Grünland i.e.S. Deutschlands von 1990-2014, dargestellt nach Kategorien

Die Unterkategorie Gehölze fungierte 2014 als schwache CO<sub>2</sub>-Quelle (123,9 kt CO<sub>2</sub>-Eq. Tabelle 366 und Abbildung 63 / Abbildung 64). Dominiert werden die Nettoemissionen von den Quellgruppen Biomasse und organische Böden. Letztere stellen mit 1.341,2 kt CO<sub>2</sub>-Eq. die Haupttreibhausgasquelle (95 %) in der Unterkategorie Gehölze dar; die Freisetzungen aus toter organischer Substanz (4,6 %) und Lachgas durch Humuszersetzung in Mineralböden nach Landnutzungsänderung von Grünland i.e.S. und terrestrischen Feuchtgebieten (0,4 %) sind sehr gering. Dem entgegen wirkt die CO<sub>2</sub>-Festlegung in Mineralböden (-228,9 kt CO<sub>2</sub>-Eq.) und in Biomasse (-1.059,2 kt CO<sub>2</sub>-Eq.).

Die Kurvenverläufe der Zeitreihen in Abbildung 65 und Abbildung 66 zeigen, dass die Quellenwirkung gegenüber dem Basisjahr um 15,4 % zugenommen hat. Die Kurven verdeutlichen aber auch, dass aufgrund von Landnutzungsänderungen von und zur Subkategorie Gehölze, durch den erheblichen Kohlenstoffvorrat in der Quellgruppe Biomasse, diese Kategorie sehr dynamisch ist. So spiegelt sie die Stilllegungsphase in der deutschen Landwirtschaft zur Jahrtausendwende wieder, genauso wie die in den letzten Jahren zu verzeichnende zunehmende Intensivierung der Landwirtschaft. Die Kurven der Zeitreihen, insbesondere die deutlichen Verlaufsänderungen, haben ihre Ursache vor allem in den sich zu den entsprechenden expliziten Erhebungsterminen ändernden Flächendaten. Dies gilt insbesondere für die Unterkategorie Gehölze (siehe Kapitel 6.3.5, Tabelle 326).

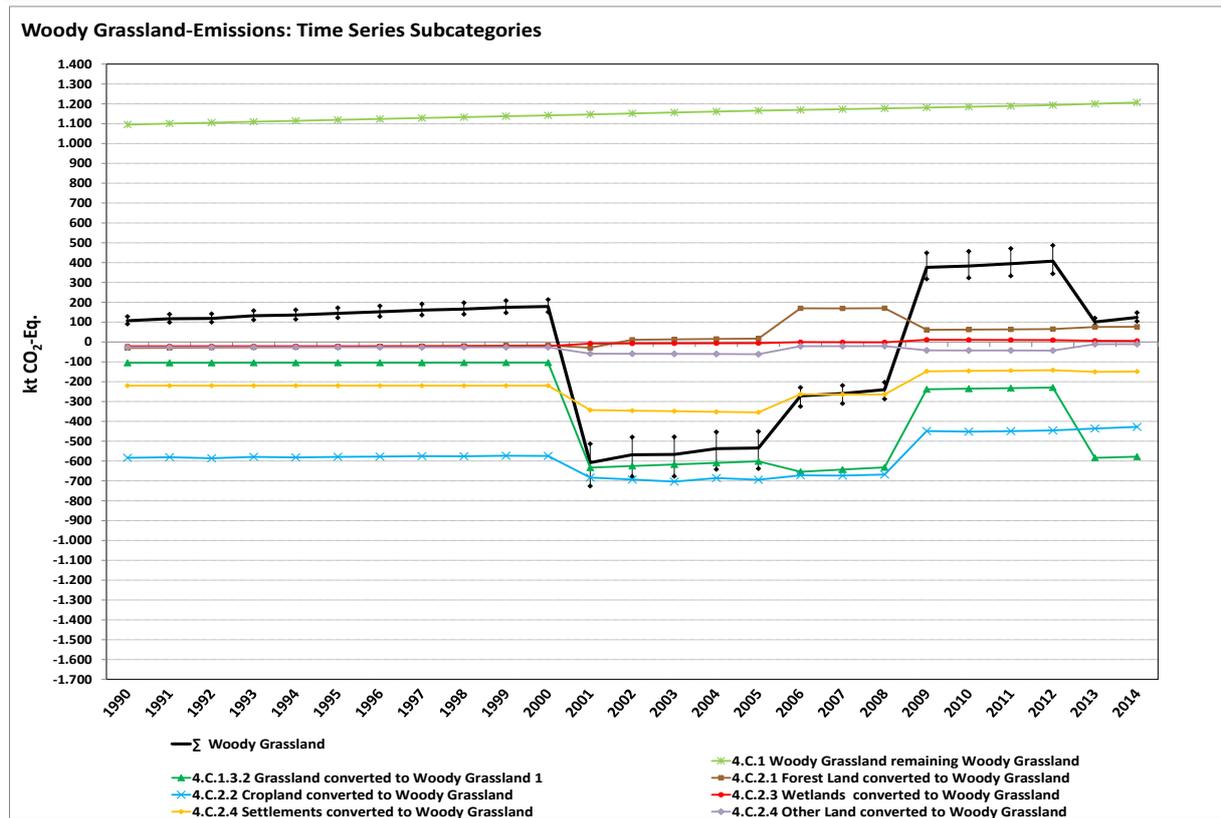


Abbildung 65: CO<sub>2</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Gehölzflächen Deutschlands von 1990–2014, dargestellt nach Unterkategorien

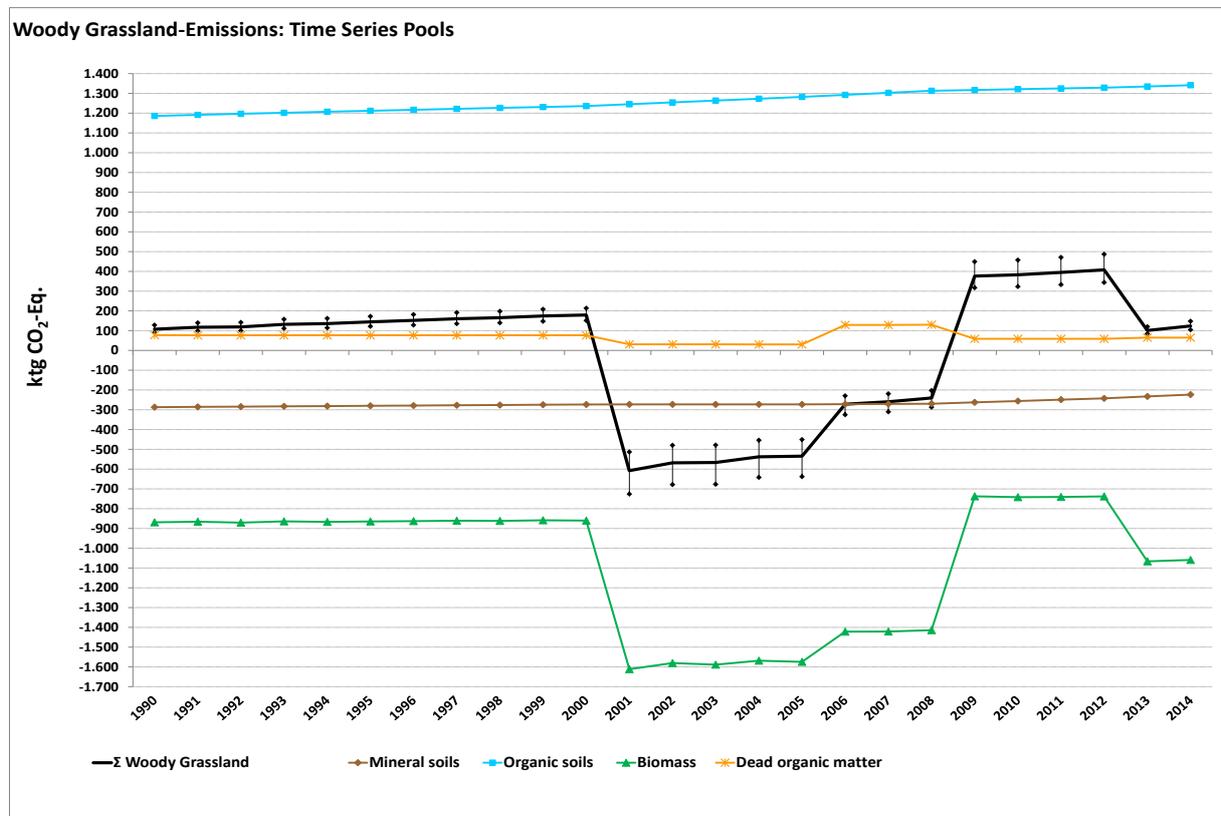


Abbildung 66: CO<sub>2</sub>-Emissionen [ktg CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Gehölzflächen Deutschlands von 1990-2014, dargestellt nach Kategorien

## 6.6.2 Methodische Aspekte (4.C)

### 6.6.2.1 Datenquellen

- Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 3, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung (div. Jgg.),
- Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 3.2.1, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Wachstum und Ernte – Feldfrüchte; (div. Jgg.),
- Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 3.1.2, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, – Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen); (div. Jgg.),
- 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 - Agriculture, Forestry and Other Land Use (IPCC 2006),
- „Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung –DüV)“ (Düngeverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 221), die zuletzt durch Artikel 18 des Gesetzes vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585) geändert worden ist)(BGBl 2009),
- Zwischenbericht Forschungsprojekt „Methodenentwicklung zur Erfassung der Biomasse mehrjährig verholzter Pflanzen außerhalb von Wäldern“ (PÖPKEN 2011).

### 6.6.2.2 Biomasse

Zur Berechnung der Kohlenstoffvorratsänderung in der Biomasse bei Landnutzungsänderung von und zu Grünland wurde ein zeitlich konstanter Kohlenstoffvorrat für die Unterkategorien Grünland i. e. S. und Gehölze ermittelt. Umwandlungen von Grünland i.e.S. zu Gehölzen und umgekehrt werden wie Landnutzungsänderungen behandelt und als solche in den CRF-Tabellen (4.C.1) ausgewiesen.

Für Flächen unter verbleibender Nutzung in den Unterkategorien Grünland i.e.S. bzw. Gehölze wird keine Änderung der Kohlenstoffvorräte in der Biomasse ausgewiesen, da ein Gleichgewichtszustand auch für die Kohlenstoffflüsse mit der Gehölzbiomasse in diesen Kategorien unterstellt wird; nach der Gain-Loss Methode ist somit  $\Delta C = 0$  (Equation 2.7, 2006 IPCC Guidelines). Entsprechend werden in der CRF-Tabelle 4.C.1 unter den Rubriken „lebende Biomasse“ und „tote organische Substanz“ der Vermerk NO (not occurring) für die Verbleibkategorien von Grünland i.e.S. und Gehölze ausgewiesen. Dies begründet sich in den für Feld- und Heckengehölze Deutschlands ermittelten repräsentativen „Gleichgewichtskohlenstoffvorräten“. Die Biomasse von für Deutschland repräsentativen Feld- und Heckengehölzen wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes für Hecken unterschiedlichster Zusammensetzung, Wuchsdichte, -höhe und -alter bestimmt (siehe Kapitel 6.6.2.2.2). Auf diese Art konnte ein repräsentativer Gleichgewichtskohlenstoffvorrat ermittelt werden, in dem über alle unterschiedlichen Altersklassen, Gehölzarten sowie Ausprägungen und Zusammensetzungen summiert wurde. Die Umtriebszeiten für die Gehölzpflanzen sind relativ kurz (ca. 10 – 12 Jahre), so dass es zwar häufig zu einer Erneuerung der Bestände kommt, jedoch aus dem bei der Herleitung der Emissionsfaktoren berücksichtigten Kategorie. Es besteht ein dynamisches Gleichgewicht zwischen Pflanzung, Wachstum, Schnitt und Erneuerung. Daher werden im Falle von Landnutzungsänderungen hin zu Flächen mit Gehölzen die Kohlenstoffvorräte in der Gehölzbiomasse vollständig im Jahr der Landnutzungsänderung berichtet. Dieses Gleichgewicht wird im Sinne der Veränderungen von

Kohlenstoffvorräten nur durch Änderung der Bestandsflächen beeinflusst. Diese werden als Landnutzungsänderungen erfasst und die damit in Zusammenhang stehenden Emissionen bzw. Senken berichtet.

Die Methode zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Biomasse infolge Landnutzungsänderung ist in Kapitel 6.1.2.3 und die Ermittlung der Aktivitätsdaten in Kapitel 6.3 dargestellt. Die Emissionsfaktoren von 1990 bis 2014 und deren Unsicherheiten zeigen Tabelle 369 und Tabelle 371 in Kapitel 6.6.3.

#### 6.6.2.2.1 Grünland im engeren Sinne (i.e.S.)

Grünland i.e.S. ist gehölzfrei. Der Kohlenstoffvorrat für die ober- und unterirdische Biomasse von Grünland i.e.S. wurde auf Basis der Ernteerhebungen des Statistischen Bundesamtes errechnet. In die Berechnungen für Grünland i. e. S. gehen die Erträge und Flächen aller Wiesen, Mähweiden, Weiden, Almen und Hutungen ein. Da sich in den Ernteerhebungen kein signifikanter Trend in Erträgen ergibt, wurde ein zeitlich konstanter Kohlenstoffvorrat berechnet. Die Ableitung der trockenen Biomasse einzelner Pflanzenteile aus den Ernteerträgen erfolgt für annuelle Kulturen nach ROESEMANN et al. (2015), mittels Verhältniszahlen und Wassergehaltsangaben aus diversen Quellen.

Für die Berechnung des Kohlenstoffvorrats der Biomasse wurde, abweichend vom IPCC-Standardwert (50 Gew-%), ein durchschnittlicher Kohlenstoffgehalt derselben von 45 Gew-% angenommen, da OSOWSKI et al. (2004) Kohlenstoffgehalte für Pflanzen in Mitteleuropa von 44–48 Gew-% ausweisen und PÖPKEN (2011), bei ihren Untersuchungen von Nutzgehölzpflanzen für das deutsche Inventar, ebenfalls mittlere Werte von 45–46 Gew-% ermittelte.

Für Grünland i. e. S. ergibt sich ein flächenbezogener Kohlenstoffvorrat entsprechend Tabelle 367. Dieser weicht von den Vorjahreswerten ab, da bezüglich der Faktoren zur Berechnung der Biomasse von Grünlandpflanzen eine vollständige Angleichung an das Landwirtschaftsinventar vorgenommen wurde; so wurden die Verhältnisswerte für „Ernteprodukte zu oberirdischer Biomasse“ bzw. „oberirdischer zu unterirdischer Biomasse“ für annuelle Gräser und Gras-Klee-Gemische von RÖSEMANN et al. (2015) übernommen, faktisch den 2006 IPCC Guidelines angepasst. Dies führte zu den in Tabelle 367 aufgeführten Veränderungen gegenüber den Vorjahreswerten.

Tabelle 367: Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha<sup>-1</sup>] von Grünland im engeren Sinne (± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls) und Veränderung zur letzten Submission

Grünland i.e.S.	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]			Veränderung gegenüber Submission 2015 [%]		
	Biomasse <sub>total</sub>	Biomasse <sub>oberirdisch</sub>	Biomasse <sub>total</sub>	Bio- masse <sub>oberirdisch</sub>	Biomasse <sub>total</sub>	Biomasse <sub>oberirdisch</sub>
Grünland i.e.S.	6,86 ± 2,07	3,81 ± 1,38	3,05 ± 1,55	2,6 %	-12,6 %	31,1 %

#### 6.6.2.2.2 Gehölze

Zur Bestimmung des Kohlenstoffvorrates in Hecken wurden von PÖPKEN (2011) im Rahmen des Forschungsprojektes „Methodenentwicklung zur Erfassung der Biomasse mehrjährig verholzter Pflanzen außerhalb von Waldflächen“ 50 Hecken untersucht. Die Ausprägung der aufgenommenen Hecken variierte bezüglich:

**1. des Alters**

- ca. 4 – 20 Jahre

**2. der Ausdehnung**

- Höhe ca. 2 - 9 m
- Tiefe ca. 1 – 6 m
- Länge ca. 100 – 500 m

**3. der Artenzusammensetzung**

- typische Heckenpflanzen, wie Hundsrose (*Rosa canina*), Schlehe (*Prunus spinosa*), Hasel (*Corylus avellana*), Holunder (*Sambucus spec.*), Rot- und Weißdorn (*Crataegus spec.*), Heckenkirschen (*Lonicera spec.*), Weiden (*Salix spec.*).
- Bäume, wie Feldahorn (*Acer campestre*), Hainbuche (*Carpinus betulus*), Weide (*Salix spec.*), Buche (*Fagus sylvatica*), Linde (*Tilia spec.*) und Ulme (*Ulmus spec.*),

so dass ein repräsentatives Spektrum dieser Feldgehölze erfasst wurde. An diesen Gehölzproben wurden im Labor die Masse, der Wasser- und Kohlenstoffgehalt gemessen, so dass der absolute und der flächenbezogene Kohlenstoffvorrat in Verbindung mit den Feldmaßen ermittelt werden konnte (siehe Tabelle 368). Anhand dieser Daten konnte mittels Regression ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen dem durchschnittlichen Kohlenstoffvorrat der oberirdischen Biomasse von Hecken und deren Alter ermittelt werden:

$$C_{\text{above}} = 1,5506 * X^{1,6015}$$

$R^2 = 0,843$ ; Hälfte des 95 %-Konfidenzintervalls:  $\pm 65,7 \%$

$C_{\text{above}}$ : Durchschnittlicher Kohlenstoffvorrat der oberirdischen Biomasse in Hecken [t C ha<sup>-1</sup>]

X: Heckenalter [a]

Mittels dieser Gleichung wurde dann der durchschnittliche Kohlenstoffvorrat der oberirdischen Biomasse von Hecken für jedes Jahr einer Umtriebsperiode (12 Jahre) bestimmt. Da bei der Untersuchung von PÖPKEN (2011) aus Gründen des Naturschutzes lediglich die oberirdische Biomasse erfasst werden konnte, wurde zur Abschätzung der unterirdischen Biomasse die von MOKANY et al. (2006) mittels Regression abgeleitete Formel herangezogen, um für jede dieser Altersklassen von der ober- auf die unterirdischer Biomasse zu schließen.

$$Bio_{\text{below}} = 0,489 * Bio_{\text{above}}^{0,890} \text{ (MOKANY et al., 2006)}$$

$R^2 = 0,93$

$Bio_{\text{below}}$ : Unterirdische Biomasse in t C ha<sup>-1</sup>

$Bio_{\text{above}}$ : Oberirdische Biomasse in t C ha<sup>-1</sup>

Der Gesamtvorrat pro Altersklasse ergibt sich dann nach

$$C_{\text{total\_AK}} = C_{\text{above\_AK}} + C_{\text{below\_AK}}$$

$C_{\text{total\_AK}}$ : Durchschnittlicher Kohlenstoffvorrat in der gesamten Biomasse von Heckenpflanzen einer Altersklasse [t C ha<sup>-1</sup>]

$C_{\text{above\_AK}}$ : Durchschnittlicher Kohlenstoffvorrat in der oberirdischen Biomasse von Heckenpflanzen einer Altersklasse [t C ha<sup>-1</sup>]

$C_{\text{below\_AK}}$ : Durchschnittlicher Kohlenstoffvorrat in der unterirdischen Biomasse von Heckenpflanzen einer Altersklasse [t C ha<sup>-1</sup>]

Der Mittelwert aller Altersklassen einer Umtriebszeit ergibt dann den durchschnittlichen Gleichgewichtskohlenstoffvorrat in den Hecken Deutschlands, der als Emissionsfaktor den Berechnungen im Inventar zugrunde liegt Tabelle 368.

Tabelle 368: Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [ $\text{t ha}^{-1}$  (95 % - Konfidenzintervall)] in der Biomasse von Gehölzen

Gehölze	Kohlenstoffvorrat [ $\text{t C ha}^{-1}$ ]		
	Bio <sub>oberirdisch</sub>	Bio <sub>unterirdisch</sub>	Bio <sub>total</sub>
Gehölze	32,69 (10,46 - 55,27)	10,47 (3,16 - 18,11)	43,16 (19,77 - 67,00)

### 6.6.2.3 Mineralische Böden

Für Flächen unter verbleibender Nutzung wird keine Änderung der Kohlenstoffvorräte in Mineralböden ausgewiesen. Die Konstanz der Kohlenstoffvorräte ist mit Ergebnissen von 42 deutschen Bodendauerbeobachtungsflächen belegt (HÖPER & SCHÄFER 2012, FORTMANN et al. 2012 und BLU 2011). Die Langzeitbeobachtungen umfassen einen Zeitraum von 20 - 25 Jahren. Der Großteil der Untersuchungsflächen zeigte während dieses Zeitraumes keine Veränderungen in den Kohlenstoffvorräten der Mineralböden; einige der Böden zeigten geringe Abnahmen, andere leichte Zunahmen, absolut in etwa gleichem Umfang. In der CRF-Tabelle 4.C.1 sind die Felder „Kohlenstoffvorratsänderung in Mineralböden“ der Verbleibkategorien Grünland i.e.S. und Gehölze daher mit NO (not occurring) gekennzeichnet. Die Berechnung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen infolge der Umwandlung von Landflächen in Grünland i.e.S. bzw. Gehölze ist in Kapitel 6.1.2.1, die Emissionsfaktoren und deren Unsicherheiten auch in den Tabelle 369 und Tabelle 371 in Kapitel 6.6.3, die Herleitung der Emissionsfaktoren in Kapitel 19.4.2 beschrieben. Die Emissionen der Verbleibkategorien werden in der CRF-Tabelle 4.C.1, die Emissionen infolge von Landnutzungsänderung in CRF-Tabellen 4.C.2.1-4.C.2.5 ausgewiesen. Die Lachgasemissionen aus Mineralböden werden im Zahlenwerk in den CRF-Tabellen 4(III).C und 4 (IV).2 präsentiert.

### 6.6.2.4 Organische Böden

In der Landnutzungskategorie Grünland werden  $\text{CO}_2$ -,  $\text{CH}_4$ - und  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus organischen Böden berichtet; Lachgasemissionen jedoch nur für die Subkategorie Gehölze.  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus organischen Böden unter Grünland i.e.S. werden im Sektor „Landwirtschaft“ in der CRF-Tabelle 3.D.a.6 „Cultivation of Histosols“ berichtet (siehe Kapitel 6.5.2). Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus organischen Böden infolge der Konversion zu Grünland i. e. S. in den LULUCF-Tabellen deshalb mit dem Notationsschlüssel „IE“ versehen. Die Methoden zur Berechnung der Emissionen aus organischen Böden sowie die Herleitung der Emissionsfaktoren sind in Kapitel 6.1.2 beschrieben.

Die jährlichen Emissionen nach Landnutzungsänderung zu Grünland i.e.S. werden wie die Emissionen aus organischen Böden der Unterkategorie Grünland i.e.S. unter verbleibender Nutzung berechnet. Gleiches gilt für die Emissionen aus organischen Böden nach Landnutzungsänderung zu Gehölzen; sie werden methodisch wie Emissionen aus Gehölzen unter verbleibender Nutzung berechnet. Die Emissionen der Verbleibkategorien werden in der CRF-Tabelle 4.C.1, die Emissionen infolge von Landnutzungsänderung in CRF-Tabellen 4.C.2.1-4.C.2.5 ausgewiesen. Die Methanemissionen aus organischen Böden sowie aus Draingräben werden im Zahlenwerk in der CRF-Tabelle 4.II.C, die Lachgasemissionen aus der Unterkategorie Gehölze in 4(II).H präsentiert.

### 6.6.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.C)

In Tabelle 369 bis Tabelle 371 sind die Unsicherheiten bezüglich der Emissionsfaktoren für die Unterkategorien Grünland i.e.S. und Gehölze dargestellt. Die Verteilungsfunktionen sind in der Regel logarithmisch normalverteilt und werden durch die obere und untere Schranke charakterisiert. Die Unsicherheiten der Quellgruppe Mineralböden beider Unterkategorien bewegen sich in der gleichen Größenordnung. Bezüglich der Biomasse sind die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren in Gehölzen größer. Diese spiegeln die große Variationsbreite von derartigen Gehölzflächen in Deutschland wieder. Bezüglich der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub>, Lachgas und Methan aus organischen Böden gilt das in Kapitel 6.5.3 Gesagte.

Die in Tabelle 513 in Kapitel 19.4.4 dargestellten Unsicherheiten für die Aktivitätsdaten sind normalverteilt, mit Werten für die Hälfte des 95 % - Konfidenzintervalls zwischen 1,5 – 96,0 %. Auch hier ist die Unsicherheit abhängig von der Stichprobengröße, dem Flächenanteil. Flächengewichtet beträgt die Gesamtunsicherheit der Aktivitätsdaten in der Grünlandkategorie 1,34 %.

Gemessen an den Gesamtemissionen zeigt Tabelle 513 in Kapitel 19.4.4, dass insbesondere die Emissionen aus den organischen Böden unter Grünland einen deutlichen Beitrag zur Emission und Gesamtunsicherheit des LULUCF-Inventars leisten.

Tabelle 369: Emissionsfaktoren [t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>] mit Unsicherheiten [% vom Lagemaß] zur Berechnung der THG-Emissionen 2014 aus Grünland i. e. S.

Grünland <sub>i.e.S.</sub> Landnutzung <sub>vor</sub> Mineralboden CO <sub>2</sub> -C <sup>114</sup>	Fläche Landnutzung <sub>nach</sub>	Emissionsfaktor [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Schranken	
			obere [%]	untere [%]
Wald	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	0,85	25,6	42,7
Acker	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	0,87	29,6	49,1
Gehölze	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	0,21	31,5	56,9
Terr. Feuchtgebiete	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	0,17	31,8	47,4
Gewässer	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	0,00	45,9	77,9
Siedlungen	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	0,94	32,6	57,5
Sonstige Fläche	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	1,09	32,6	59,7
<b>Biomasse<sup>115</sup></b>		<b>[t C ha<sup>-1</sup> 1 a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	-47,80	22,4	22,4
Acker	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	-0,43	15,9	15,9
Gehölze	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	-36,30	47,0	47,8
Terr. Feuchtgebiete	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	-12,10	32,4	32,9
Gewässer	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	6,86	30,2	30,2
Siedlungen	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	-5,65	32,2	32,7
Sonstige Fläche	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	6,86	30,2	30,2
<b>Tote organische Substanz<sup>116</sup></b>		<b>[t C ha<sup>-1</sup> 1 a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Grünland <sub>i.e.S.</sub>	-20,69	6,2	6,2

Wald, Acker: jährlich variabel; alle anderen Faktoren sind konstant

<sup>114</sup> Berechnung über 20 Jahre, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle

<sup>115</sup> Berechnung nur im ersten Jahr der Landnutzungsänderung, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle

<sup>116</sup> Berechnung nur im ersten Jahr der Landnutzungsänderung, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle

Tabelle 370: Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5%-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Grünland i. e. S. im Jahr 2014

Landnutzung	Treibhausgas	Emissionsfaktor [t CO <sub>2</sub> -Eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ] 1]	Schranken	
			untere [%]	obere [%]
<b>Organischer Boden<sup>117</sup></b>				
Grünland i. e. S.	CO <sub>2</sub>	25,07	55,4	28,4
Grünland i. e. S.	N <sub>2</sub> O	1,17	99,4	222,7
Grünland i. e. S.	CH <sub>4</sub>	0,53	46,9	258,6

Tabelle 371: Emissionsfaktoren [t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>] mit Unsicherheiten [% vom Lagemaß] zur Berechnung der THG-Emissionen 2014 aus Gehölzflächen

Landnutzung <sub>vor</sub>	Landnutzung <sub>nac</sub> h	Emissionsfaktor [t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Schranken	
			obere [%]	untere [%]
<b>Mineralboden CO<sub>2</sub>-C<sup>118</sup></b>				
Wald	Gehölze	0,60	23,4	44,5
Acker	Gehölze	0,66	27,9	51,1
Grünland i. e. S.	Gehölze	-0,21	31,5	56,9
Terr. Feuchtgebiete	Gehölze	-0,04	30,7	49,1
Gewässer	Gehölze	0,00	42,9	83,3
Siedlungen	Gehölze	0,73	31,2	85,0
Sonstige Fläche	Gehölze	0,88	31,1	62,0
<b>Mineralboden N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub><sup>119</sup></b>				
		[kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Grünland i. e. S.	Gehölze	0,263	91,6	213,9
Terr. Feuchtgebiete	Gehölze	0,042	91,3	211,9
<b>Mineralboden N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub><sup>120</sup></b>				
		[kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Grünland i. e. S.		0,059	100	296,6
Terr. Feuchtgebiete		0,009	100	295,2
<b>Biomasse<sup>121</sup></b>				
		[Mg C ha <sup>-1</sup> 1 a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Wald	Gehölze	-11,50	34,0	34,5
Acker	Gehölze	35,87	46,4	47,3
Grünland i. e. S.	Gehölze	36,30	47,0	47,8
Terr. Feuchtgebiete	Gehölze	24,20	34,0	34,6
Gewässer	Gehölze	43,16	54,2	55,2
Siedlungen	Gehölze	30,66	43,3	44,1
Sonstige Fläche	Gehölze	43,16	54,2	55,2
<b>Tote organische Substanz<sup>122</sup></b>				
		[Mg C ha <sup>-1</sup> 1 a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Wald	Gehölze	-20,69	6,2	6,2

Wald, Acker: jährlich variabel; alle anderen Faktoren sind konstant

<sup>117</sup> Berechnung jährlich, Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke<sup>118</sup> Berechnung über 20 Jahre, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle<sup>119</sup> Berechnung über 20 Jahre, Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke<sup>120</sup> Berechnung über 20 Jahre, Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke<sup>121</sup> Berechnung nur im ersten Jahr der Landnutzungsänderung, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle<sup>122</sup> Berechnung nur im ersten Jahr der Landnutzungsänderung, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle

Tabelle 372: Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5%-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Gehölze im Jahr 2014

Landnutzung	Treibhausgas	Emissionsfaktor [t CO <sub>2</sub> -Eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Schranken	
			untere [%]	obere [%]
<b>Organischer Boden<sup>123</sup></b>				
Gehölze	CO <sub>2</sub>	8,17	21,0	24,6
Gehölze	N <sub>2</sub> O	0,65	93,8	200,7
Gehölze	CH <sub>4</sub>	0,12	95,2	1.011,6

Die Berechnungen sind sowohl für Grünland i.e.S. wie für Gehölze für den gesamten Berichtszeitraum von 1990-2014 räumlich und zeitlich konsistent und vollständig.

#### 6.6.4 **Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.C)**

Details zu den diesjährigen Prüfungen finden sich in Kapitel 6.1.3.

Die zur Erstellung dieses Inventars verwendeten Datenquellen erfüllen die Prüfkriterien des QSE-Handbuchs für Datenquellen. Bezüglich der Qualitätssicherung der Eingangsdaten (ATKIS®, BÜK, Officialstatistik) wird auf die Datenhalter verwiesen (Dokumentation in Inventarbeschreibung).

Die Ergebnisse der Emissionsberechnung der aktuellen Berichterstattung können mit anderen Datenquellen für Deutschland nicht verglichen werden, da solche flächendeckend, umfassend und unabhängig von den hier aufgeführten Methoden und Datenquellen nicht existieren.

Tabelle 373 Da die Ergebnisse der Submission 2015 zu spät veröffentlicht wurden, liegen dem im Folgenden aufgeführten innereuropäischen Vergleich der implizierten Emissionsfaktoren für die Nachbarländer Deutschlands die Werte der Submission 2014 zugrunde. Da diese methodisch noch auf den 2003 IPCC Good Practice Guidance (IPCC, 2003) beruhen, werden nur Vergleichswerte dargestellt, die schon in den Vorjahren berichtet wurden. Für die mit der Einführung der 2006 IPCC Guidelines zu berichtenden Größen, liegen noch keine Vergleichswerte vor (z.B. Methanemissionen aus organischen Böden, indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen). Tabelle 299 zeigt, dass Deutschland, gemessen an den Nachbarländern mit ähnlich intensiver Moornutzung, wie die Schweiz oder die Niederlande, einen vergleichbaren IEF für CO<sub>2</sub> aus der Drainage organischer Böden unter Grünlandnutzung verwendet. Dieser Wert ist allerdings ein flächengewichteter Mischwert aus -6,85 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> aus dem Grünland i.e.S. und -2,23 t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für Gehölzflächen (Kapitel 6.6.2.4). Bei Landnutzungsänderung zu Grünland gilt bei organischen Böden sofort der gleiche Emissionsfaktor wie bei Grünland unter gleichbleibender Nutzung.

In der Kategorie „Verbleibendes Grünland“ beziehen sich Kohlenstoffvorratsänderungen in Mineralböden und Biomasse für Deutschland auf Änderungen zwischen Grünland i.e.S. und Gehölzflächen. Die mittleren Emissionsfaktoren sind sehr niedrig, da nur ein kleiner Flächenanteil betroffen ist. Diese Änderungen werden in anderen Staaten unterschiedlich gehandhabt, so dass die mittleren Emissionsfaktoren zwischen den Staaten nicht direkt vergleichbar sind.

Die Landnutzungsänderung zu Grünland führt in Deutschland zu einer starken Kohlenstoffsenke in Mineralböden; die Werte sind vergleichbar mit denen der direkten Nachbarstaaten Österreich und Frankreich. Insgesamt liegt der deutsche IEF etwas über dem

<sup>123</sup> Berechnung jährlich, Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke

Mittel aller in Tabelle 373 Aufgeführten. Der deutsche IEF für die Biomasse in den Übergangskategorien unterscheidet sich jedoch von denen der Nachbarländer in der Größenordnung. Er weist die Biomasse 2014 zwar auch als Quelle aus, jedoch als sehr geringe, nahezu neutral. Ursache hierfür ist der der Tabelle zugrunde liegende Mischwert für den Grünlandsektor, der die großen Biomassevorräte in der Unterkategorie Gehölze widerspiegelt. Vergleicht man nur den Wert für Grünland i.e.S., der 2014 in Deutschland -0,17 betrug, zeigt sich, dass dieser in Größenordnung und Vorzeichen mit denen der Nachbarländer vergleichbar ist.

Tabelle 373: Vergleich implizierter Emissionsfaktoren (IEF) unterschiedlicher Quellgruppen im Grünland zwischen Deutschland (NIR 2016 und 2015) und europäischen Nachbarstaaten (NIR 2014)

Implizite Emissionsfaktoren (IEF) Grünland NIR 2014	Verbleibendes Grünland			Landnutzungsänderung zu Grünland			
	Organische Böden	Mineralböden	Biomasse	Organische Böden	Mineralböden	Biomasse	Tote org. Substanz
	t C ha <sup>-1</sup>						
Österreich	-0,25	0,00	NO	NO	0,88	-0,67	-0,40
Belgien	-2,50	-0,16	NO	NO	1,50	-0,29	-0,02
Dänemark	-0,88	IE,NA,NO	-0,19	IE,NA	-0,02	-0,62	-0,04
Frankreich	NO	NO	0,00	-2,41	1,10	-0,13	-0,02
Großbritannien	IE,NO	0,11	NO	-0,25	0,62	-0,06	-0,01
Niederlande	-6,54	NO	NE	NE	0,56	-0,28	-0,22
Polen	-0,25	-0,02	NO	IE,NO	0,11	NO	NO
Tschechische Republik	NO	0,00	NO	NA,NO	0,49	-0,01	0,00
Schweiz	-8,89	0,01	0,00	-8,61	0,60	-0,99	-0,37
<b>Deutschland NIR 2015</b>	-6,78	0,001	0,031	-6,63	0,82	0,16	-0,05
<b>Deutschland NIR 2016</b>	-6,19	0,001	0,032	-6,38	0,82	-0,02	-0,72

positiv: Kohlenstoffsенke; negativ: Kohlenstoffquelle

## 6.6.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.C)

Mit der diesjährigen Submission werden quellspezifische Rückrechnungen für den gesamten Berichtszeitraum von 1990-2014 vorgelegt, da neue bzw. korrigierte Datenquellen und Methoden zur Anwendung kamen:

### 1. Methoden

Modifikation der Methode zur Ermittlung der Landnutzung und Landnutzungsänderung auf organischen Böden, durch Einführung der hochauflösenden Karte der organischen Böden Deutschlands (s. Ausführungen in Kapitel 6.3.1).

### 2. Aktivitätsdaten

- Karte der organischen Böden Deutschlands (ROSSKOPF et al., 2015)
- der aktuelle Datensatz des Basis-DLM (2014)

### 3. Emissionsfaktoren

- Änderung der Emissionsfaktoren für die Biomasse von Silomais und annuellen Grünlandpflanzen inkl. Futterbau; dadurch lagen zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen korrigierte Emissionsfaktoren für die Biomasse folgender Landnutzungskategorien vor:
  - Ackerland
  - Grünland i.e.S.
  - Feuchtgebiete

- Siedlungen

Änderung der Emissionsfaktoren in der Landnutzungskategorie „Grünland“ für organische Böden (s. Kapitel 6.1.2.2.3) infolge der Modifikation der Flächenbestimmung (s. Kapitel 6.3.1)

Im Rahmen der Neuberechnung der Emissionsfaktoren sowie der Aktivitätsdaten wurden auch die zugehörigen Unsicherheiten neu bestimmt.

Tabelle 374 und Tabelle 375 verdeutlichen die Auswirkungen der Rückrechnungen. Die Emissionen der Verbleibkategorie Grünland sind im Vergleich mit der Vorjahressubmission, mit der Zeit abnehmend, um 40-13 % geringer. Da bezüglich der Böden keine Änderung der Emissionsfaktoren erfolgte, sind diese Emissionsunterschiede nahezu vollständig auf die Methodenänderung hinsichtlich der Ausweisung der Landnutzung auf organischen Böden zurückzuführen. Dies gilt auch im Falle der veränderten Biomassewerte, da diese für das Jahr 2014 in der aktuellen Submission zwar eine Zunahme der Senke um 23 % aufweisen, der Unterschied bezüglich des Emissionsfaktors im speziellen Fall jedoch nur 0,5 % beträgt.

In den Übergangskategorien zu Grünland zeigen sich die Emissionen infolge der Neuberechnung in der gesamten Zeitreihe deutlich geringer; Die Transferkategorie ist nun mehr eine Senke, mit leicht zunehmender Tendenz. Hauptursache für diese Senkenwirkung ist die Abnahme der Emissionen aus organischen Böden; mit einem Anteil von 81 % am Betrag der Emissionen der Unterkategorie „Landnutzungsänderung zu Grünland“ ist auch hier die Methodenänderung bezüglich der Ausweisung der Landnutzungsänderungen auf organischen Böden die Hauptursache; infolge dieser wurde deutlich weniger Landnutzung hin zu Grünland auf organischen Böden ausgewiesen, entsprechend mehr auf Mineralböden, wodurch die Senkenfunktion um 11 % gegenüber der Submission 2015 zugenommen hat.

Insgesamt führen die gegenläufigen Trends in der Verbleib- und den Übergangskategorien über die Zeit zu nahezu ausgeglichenen Gesamtemissionen; für das Jahr 1990 berechnet sich eine Differenz von 4.001 kt CO<sub>2</sub>-Eq.  $\pm$  18 %, für das Jahr 2013 ein Unterschied von 96 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten  $\pm$  0,4 %.

Tabelle 374: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO<sub>2</sub>] aus verbleibendem Grünland (4.C.1)

Flächen [kha]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamtfläche	2016	6.378	6.274	6.170	6.211	6.156	6.100	6.045	5.988	5.930	5.872	5.815	5.787
	2015	6.200	6.095	5.989	6.036	5.983	5.930	5.877	5.821	5.765	5.708	5.652	5.590
Mineralböden	2016	5.177	5.082	4.986	5.026	4.981	4.936	4.891	4.841	4.790	4.740	4.690	4.663
	2015	5.385	5.260	5.136	5.143	5.086	5.029	4.973	4.915	4.858	4.800	4.743	4.678
Organische Böden	2016	1.119	1.110	1.101	1.088	1.076	1.064	1.052	1.046	1.040	1.033	1.027	1.025
	2015	732	751	769	799	801	803	805	808	810	813	815	817

Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamt	2016	26.998	26.771	26.542	25.501	24.981	24.648	24.315	24.456	24.275	24.094	23.912	23.503
	2015	19.192	19.794	20.397	20.464	20.343	20.387	20.432	20.748	20.790	20.831	20.873	20.686
Mineralböden CO <sub>2</sub>	2016	-30	-30	-30	-11	-6	-2	3	6	9	12	16	21
	2015	-20	-20	-20	-2	2	6	10	13	16	18	21	25
Mineralböden N <sub>2</sub> O	2016	2	2	2	4	4	4	5	5	5	5	5	5
	2015	2	2	2	3	4	4	4	5	5	5	5	5
Organische Böden CO <sub>2</sub>	2016	26.145	25.921	25.696	25.353	25.021	24.690	24.358	24.177	23.996	23.815	23.634	23.568
	2015	18.527	19.120	19.714	20.460	20.499	20.539	20.578	20.616	20.654	20.692	20.730	20.754
Organische Böden CH <sub>4</sub>	2016	547	542	537	529	522	515	508	504	500	496	493	491
	2015	391	404	417	433	434	435	435	436	437	438	438	439
Organische Böden N <sub>2</sub> O	2016	81	83	85	88	89	90	91	91	92	92	92	93
	2015	15	11	7	7	8	8	8	9	9	9	9	9
Biomasse	2016	253	253	253	-462	-649	-649	-649	-327	-327	-327	-327	-675
	2015	278	278	278	-438	-604	-604	-604	-331	-331	-331	-331	-547

Tabelle 375: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO<sub>2</sub>] aus Landnutzungsänderungen zu Grünland (4.C.2)

Flächen [kha]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamtfläche	2016	967	967	967	939	925	910	896	876	855	835	814	794
	2015	968	968	968	937	923	908	894	874	853	833	813	793
Mineralböden	2016	873	873	873	856	844	833	821	804	787	770	752	736
	2015	776	776	776	753	742	731	720	704	687	671	655	639
Organische Böden	2016	94	94	94	83	80	78	75	72	68	65	62	58
	2015	192	192	192	184	181	177	174	170	166	162	158	154
Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamt	2016	-778	-706	-637	-635	-460	-484	-472	-338	-398	-417	-424	-631
	2015	2.202	2.270	2.339	2.450	2.457	2.431	2.424	2.508	2.421	2.399	2.366	2.090
Mineralböden CO <sub>2</sub>	2016	-2.743	-2.716	-2.689	-2.613	-2.572	-2.532	-2.491	-2.436	-2.381	-2.326	-2.272	-2.217
	2015	-2.406	-2.388	-2.371	-2.288	-2.251	-2.214	-2.177	-2.127	-2.077	-2.027	-1.976	-1.927
Mineralböden N <sub>2</sub> O	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organische Böden CO <sub>2</sub>	2016	2.239	2.239	2.238	1.971	1.903	1.835	1.768	1.687	1.607	1.527	1.447	1.368
	2015	4.662	4.672	4.682	4.490	4.408	4.325	4.242	4.141	4.039	3.938	3.837	3.737
Organische Böden CH <sub>4</sub>	2016	47	47	47	41	40	38	37	35	34	32	30	29
	2015	98	98	99	95	93	91	89	87	85	83	81	79
Organische Böden N <sub>2</sub> O	2016	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
	2015	6	6	6	7	7	7	7	7	7	6	6	6
Biomasse	2016	-622	-576	-533	-327	-178	-173	-135	122	91	99	120	-9
	2015	-458	-417	-374	-161	-123	-101	-63	171	138	169	189	29
Tote org. Substanz	2016	296	296	295	288	343	343	345	248	248	248	248	196
	2015	299	298	297	306	324	324	326	230	230	229	229	165

### 6.6.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.C)

Derzeit sind, über frühere Angaben hinaus, keine weiteren Verbesserungsmaßnahmen geplant. Aussagen über den Stand der Umsetzung der geplanten Verbesserungsmaßnahmen im LULUCF - Sektor sind in Kapitel 6.1.4 zu finden.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesen Kapiteln Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 6.7 Wetland (4.D)

## 6.7.1 Beschreibung der Kategorie (4.D)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	4.D. Wetlands	0	CO <sub>2</sub>	4.064,3	0,33%	3.883,9	0,44%	-4,4%
-/-	4.D. Wetlands	0	CH <sub>4</sub>	41,8	0,00%	43,2	0,00%	3,3%
-/-	4.D. Wetlands	0	N <sub>2</sub> O	21,5	0,00%	22,2	0,00%	3,1%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2	RS/NS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	RS/NS	CS
CH <sub>4</sub>	Tier 2	RS/NS	CS

Die Kategorie *Feuchtgebiete* ist für CO<sub>2</sub> eine Hauptkategorie nach dem Level und der Tier-2-Analyse.

In der Kategorie Feuchtgebiete finden sich für Deutschland im Wesentlichen die wenigen, kaum vom Menschen beeinflussten, nicht drainierten, naturnahen Moorstandorte und sonstigen Feuchtgebiete, im vorliegenden Bericht zusammengefasst unter dem Überbegriff "Terrestrische Feuchtgebiete", „Gewässer und überflutete Landflächen“, sowie die „Torfabbaulflächen“ zur Gewinnung von Gartenbautorfen.

CO<sub>2</sub>-Emissionen aus regulierten Gewässern mit starken Wasserstandsschwankungen (flooded lands) werden gemäß der 2006 IPCC Guidelines berichtet, also nur Emissionen aus der Biomasse infolge von Landnutzungsänderungen. Methanemissionen sind demnach nicht berichtspflichtig. Über Emissionen aus dem Torfabbau wird ausschließlich unter verbleibenden Feuchtgebieten berichtet; über die Veränderungen im Kohlenstoffvorrat der ober- und unterirdischen Biomasse sowie der Böden, in den Übergangskategorien. Die Ergebnisse der Emissionsberechnungen für das Jahr 2014 sind in Tabelle 376 und der Verlauf der Emissionen in der Zeit unterschieden nach Kategorien und Unterkategorien in Abbildung 67 und Abbildung 68 dargestellt.

Tabelle 376: CO<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] aus Feuchtgebieten Deutschlands 2014. Dargestellt sind Summen sowie obere und untere Schranken der 95 % - Konfidenzintervalle

Kategorie	THG	Torfabbau 2014				
		[kt CO <sub>2</sub> -Eq.]			[%]	
		Emission	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.
Torfabbautotal		2.083,4	1.306,9	2.860,0	37,3	37,3
Mineralboden	CO <sub>2</sub>	NO	NO	NO	NO	NO
	N <sub>2</sub> O	NO	NO	NO	NO	NO
Organischer Boden	CO <sub>2</sub>	2.069,9	1.294,3	2.845,6	37,5	37,5
	N <sub>2</sub> O	7,9	2,7	15,3	63,3	63,3
	CH <sub>4</sub>	5,6	2,0	9,1	65,3	92,9
Biomasse	CO <sub>2</sub>	/	/	/	/	/
Streu/Totholz	CO <sub>2</sub>	/	/	/	/	/
Kategorie	THG	Gewässer 2014				
		[kt CO <sub>2</sub> -Eq.]			[%]	
		Emission	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.
Gewässertotal		58,4	43,1	73,9	26,3	26,4
Mineralboden	CO <sub>2</sub>	/	/	/	/	/
	N <sub>2</sub> O	/	/	/	/	/
Organischer Boden	CO <sub>2</sub>	/	/	/	/	/
	N <sub>2</sub> O	/	/	/	/	/
	CH <sub>4</sub>	/	/	/	/	/
Biomasse	CO <sub>2</sub>	53,0	37,9	68,2	28,5	28,7
Streu/Totholz	CO <sub>2</sub>	5,4	2,6	8,2	51,6	51,6

Kategorie	Terrestrische Feuchtgebiete 2014					
	THG	Emission	[kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		[%]	
			2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.
Terrestrische Feuchtgebietetotal		<b>1.807,4</b>	998,4	2.460,1	44,8	36,1
Mineralboden	CO <sub>2</sub>	<b>-0,7</b>	-0,3	-1,1	60,4	62,6
	N <sub>2</sub> O direkt	<b>0,21</b>	0,0	0,70	100	234,4
	N <sub>2</sub> O indirekt	<b>0,05</b>	0,0	0,20	100,0	311,7
Organischer Boden	CO <sub>2</sub>	<b>1.792,1</b>	937,7	2.451,3	47,7	36,8
	N <sub>2</sub> O	<b>14,1</b>	0,0	48,3	100,0	242,8
	CH <sub>4</sub>	<b>37,6</b>	14,0	237,3	62,7	531,1
Biomasse	CO <sub>2</sub>	<b>-40,5</b>	-28,4	-52,7	29,9	30,2
Streu/Totholz	CO <sub>2</sub>	<b>4,6</b>	2,1	7,0	53,5	53,5

Aus Feuchtgebieten wurden im Jahr 2014 3.949,3 kt CO<sub>2</sub>-Eq. (95 %-KI: 2.823,5 - 4.961,7 kt CO<sub>2</sub>-Eq.) freigesetzt. Tabelle 376 verdeutlicht, dass die Emissionen aus der Landnutzungskategorie Feuchtgebiete im Wesentlichen auf organische Böden zurückzuführen sind und diese wiederum zu ähnlichen Teilen durch die CO<sub>2</sub>-Freisetzung infolge des Torfabbaus (53,6 %) und der Entwässerung terrestrischer organischer Böden (46,4 %). Die Freisetzung von Methan (1,1 %) und Lachgas (0,6 %) ist gemessen an der Summe der Gesamtemissionen sehr gering, genau wie die CO<sub>2</sub>-Freisetzung aus toter organischer Substanz (0,3 %) und Biomasse (0,3 %); letztere wirkt in der Unterkategorie Gewässer als Quelle, in der Unterkategorie „Terrestrische Feuchtgebiete“ als Senke. Eine ganz schwache Senkenleistung ist in dieser Unterkategorie auch den Mineralböden zuzuschreiben.

Die Emissionen aus industriellem Torfabbau unterteilen sich in Emissionen, die auf Abbaufächen während der Torfgewinnung entstehen (on-site-Emissionen) sowie denjenigen, welche durch Ausbringung der gewonnenen Torfprodukte freigesetzt werden (off-site-Emissionen). Die off-site-Emissionen betragen 2014 1.952,72 ± 765,5 kt CO<sub>2</sub>-Eq. und waren demnach maßgeblich für die Höhe der Gesamtemissionen aus dem Torfabbau (94 %). Die on-site-Emissionen sind mit 130,7 kt CO<sub>2</sub>-Eq. (-9,9 % / +11,5 %) demgegenüber gering und werden dominiert vom CO<sub>2</sub> (89,7 %); Methan- (4,3 %) und Lachgasemissionen (6,1 %) sind marginal.

Der Verlauf der Zeitreihen in Abbildung 67 und Abbildung 68 verdeutlicht, dass die Gesamtemissionen im Jahr 2014 gegenüber dem Basisjahr abgenommen haben (-4,1 %), aber insgesamt nur schwache zeitliche Änderungen auftraten. Der Kurvenverlauf wird im Wesentlichen vom Torfabbau dominiert und spiegelt die jährlichen Torfproduktionsmengen wieder, während die Emissionen aus den organischen Böden der Unterkategorie terrestrische Böden eine in etwa gleichmäßig hohe Basis bilden, die nur geringe Veränderungen im Zeitverlauf aufweist (± 3 %).

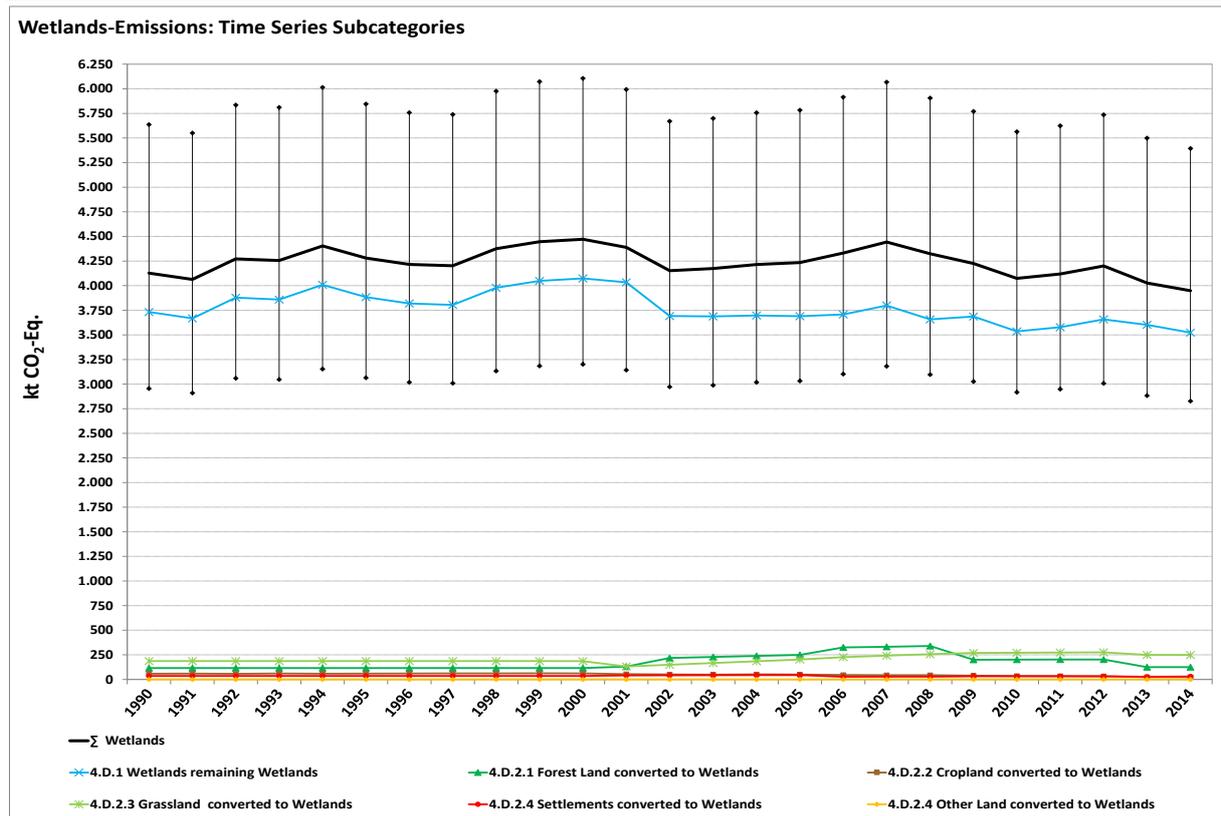


Abbildung 67: CO<sub>2</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Feuchtgebieten Deutschlands von 1990-2013, dargestellt nach Unterkategorien

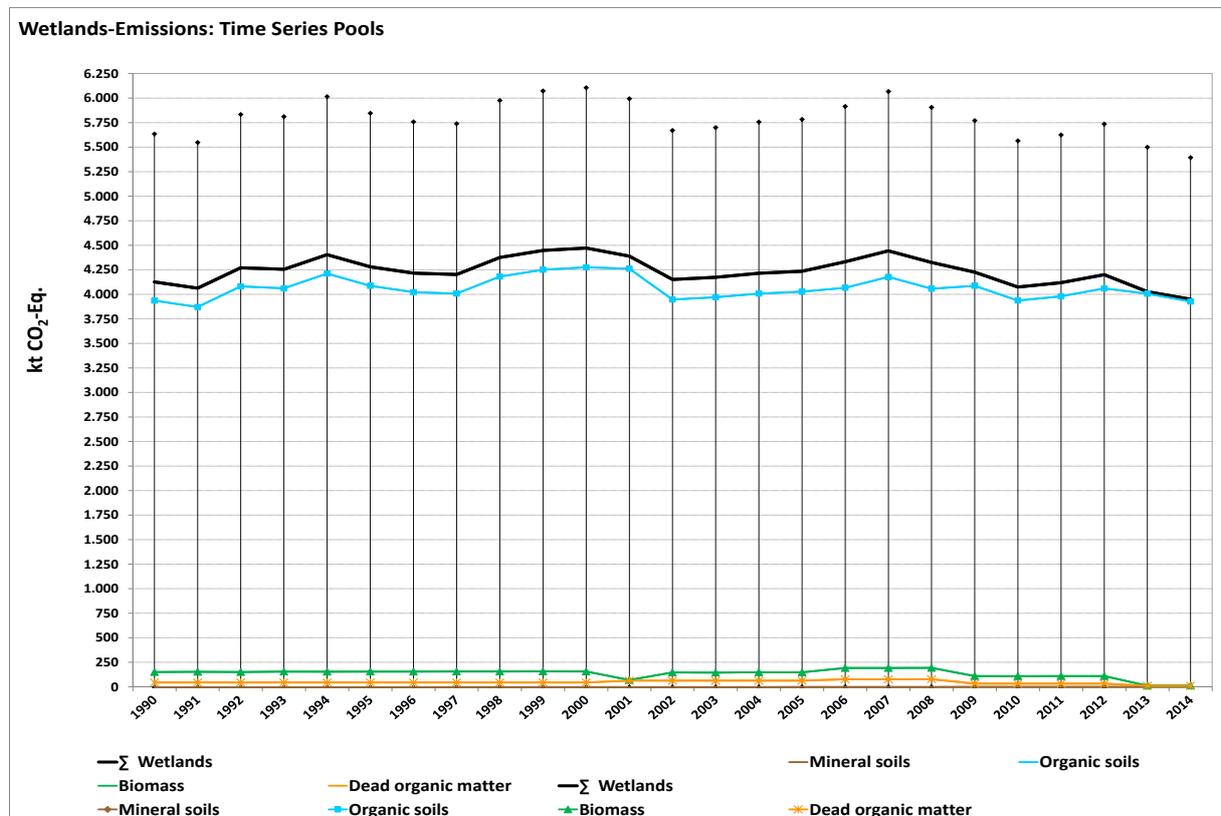


Abbildung 68: CO<sub>2</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus den Feuchtgebieten Deutschlands von 1990-2014, dargestellt nach Kategorien

## 6.7.2 Methodische Aspekte (4.D)

### 6.7.2.1 Datenquellen

Die Produktionsmengen für Torf aus industriellem Torfabbau entstammen der deutschen Officialstatistik (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4, Reihe 3.1).

Weitere Quellen siehe Kapitel 6.3.2, 6.2 und 19.4.2.

### 6.7.2.2 Biomasse

Gewässerflächen sind vegetationslos, so dass der Kohlenstoffvorrat in der Biomasse Null ist und in den CRF-Tabellen immer mit NO (not occurring) ausgewiesen wird.

Für die Unterkategorie „Terrestrische Feuchtgebiete“ erfolgt die Berechnung der Veränderungen im Kohlenstoffvorrat der Biomasse infolge von Landnutzungsänderungen mittels der in Kapitel 6.1.2.3 beschriebenen Verfahren und Methoden.

Terrestrische Feuchtgebiete sind in der Regel mit Gehölzen (einzelne Büsche bis Wälder), Moosen und Gräsern bewachsen, von denen letztere überwiegen. Aufgrund dessen wird im Inventar folgende Annahme für die Flächenverteilung der Kohlenstoffvorräte in der Biomasse unterstellt: 1/3 Gehölzanteil und 2/3 Moos-/Grasanteil.

Da für derartige Flächen keine Biomasseerhebungen in Deutschland vorliegen, werden die Werte für Gehölze (Kapitel 6.6.2.2.2) und Grünland i.e. S. (Kapitel 6.6.2.2.1) näherungsweise zugrunde gelegt. Daher wird methodisch im Sinne von Kap. 6.6.2.2 berichtet.

Der Kohlenstoffvorrat terrestrischer Feuchtgebiete berechnet sich dann nach Gleichung 42. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 377. Aufgrund der Änderung des Kohlenstoffvorrates für Grünland in diesem Jahr (vergl. Kapitel 6.6.2.2.1), folgt aus Gleichung 42 auch eine Änderung des Biomassekohlenstoffvorrates von Siedlungsflächen gegenüber den vorherigen Submissionen; diese sind ebenfalls in Tabelle 377 dargestellt.

Gleichung 42:

$$\text{C-Vorrat}_{\text{terr. Feuchtgebiete}} = \text{C-Vorrat}_{\text{Gehölze}} * 0,333 + \text{C-Vorrat}_{\text{Grünland i.e.S.}} * 0,667$$

Tabelle 377: Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha<sup>-1</sup>] für Biomasse in terrestrischen Feuchtgebieten Deutschlands (95%-Konfidenzintervall) sowie dessen Veränderung [%] gegenüber der Submission 2015

Terr. Feuchtgebiete	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]			Veränderung gegenüber Submission 2015 [%]		
	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>oberirdisch</sub>	Bio <sub>unterirdisch</sub>	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>oberirdisch</sub>	Bio <sub>unterirdisch</sub>
Terr. Feuchtgebiete	18,96	13,44	5,52	0,62	-2,65	9,57
	(10,86 - 27,21)	(6,05 - 20,94)	(2,65 - 8,51)			

Die Emissionsfaktoren mit Unsicherheiten sind in Tabelle 379 (Kapitel 6.7.3) dargestellt.

Im Sinne der Aussagen von Kapitel 6.6.2.2 wird für lebende Biomasse und tote organische Substanz in den jeweiligen Verbleibkategorien der CRF-Tabelle 4.D.1 NO (not occurring) berichtet.

### 6.7.2.3 Mineralböden

Bei Landnutzungsänderungen zu Gewässern werden keine Änderungen im Kohlenstoffvorrat von Mineralböden angenommen (NO in CRF-Tabelle 4.D.1).

Für die Unterkategorie „Terrestrische Feuchtgebiete“ erfolgt die Berechnung der Veränderungen im Kohlenstoffvorrat der Mineralböden infolge von Landnutzungsänderungen mittels der in Kapitel 6.1.2.1 beschriebenen Verfahren und Methoden.

Die Emissionsfaktoren mit Unsicherheiten werden in Tabelle 379 (Kapitel 6.7.3) gezeigt.

#### 6.7.2.4 Organische Böden

In einem nationalen Forschungsprojekt wurden landesspezifische Emissionsfaktoren für organische Böden der Unterkategorie „Terrestrische Feuchtgebiete“ ermittelt, so dass nun mehr auch in dieser Kategorie über Kohlenstoffdioxid-, Lachgas- und Methanfreisetzung berichtet wird (s. Kapitel 6.1.2.2).

##### 6.7.2.4.1 Torfabbau

Die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Torfabbau erfolgte gemäß den Vorgaben der 2006 IPCC Guidelines nach einem Tier-2-Ansatz. Berechnet werden die Gesamtemissionen aus den on-site- und off-site-Emissionen nach den Gleichungen 7.2 - 7.5 der 2006 IPCC Guidelines. In der Unterkategorie Torfabbau werden CO<sub>2</sub>- (on-site (Emission und DOM), off-site), CH<sub>4</sub>- (Emission und Grabendrainung) und N<sub>2</sub>O-Emissionen (on-site) berichtet; die Herleitung der Emissionsfaktoren ist in Kapitel 6.1.2.2 dargestellt. Als Aktivitätsdaten liegen der Abschätzung zugrunde:

- Berechnung der on-site-Emissionen: Die Flächenermittlung der industriellen Torfabbauflächen erfolgte mittels des Basis-DLM (siehe Kapitel 6.3); diese Datensätze wurden erst im Jahr 2011 vollständig in das Basis-DLM übernommen, daher wird die für 2011 ermittelte Torfabbaufläche für alle Jahre zur Berechnung der on-site-Emissionen herangezogen. Die Abbaufläche beträgt konstant 19.857 ha.
- Berechnung der off-site - Emissionen: Die jährlichen Produktionsmengen; diese entstammen der deutschen Officialstatistik (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4, Reihe 3.1).

Equation 7.3 (2006 IPCC Guidelines)

$$\text{CO}_2\text{-Eq.}_{\text{Torfabbau}} = \text{CO}_2\text{-Eq.}_{\text{on-site}} + \text{CO}_2\text{-Eq.}_{\text{off-site}}$$

CO<sub>2</sub>-Eq.<sub>Torfabbau</sub>: THG-Emissionen aus dem Torfabbau [t C- Eq a<sup>-1</sup>]

CO<sub>2</sub>-Eq.<sub>on-site</sub>: THG-Emissionen, die während der Produktion vor Ort entstehen [t C- Eq a<sup>-1</sup>]

CO<sub>2</sub>-Eq.<sub>off-site</sub>: THG-Emissionen durch produzierte, zu Gartenbauzwecken ausgebrachten Torfen [t C- Eq a<sup>-1</sup>]

In Deutschland werden ausschließlich Hochmoortorfe abgebaut daher wurde Equation 7.4 (2006 IPCC Guidelines) folgendermaßen modifiziert:

$$\text{CO}_2\text{-Eq.}_{\text{on-site}} = A_{\text{Torf-nährstoffarm}} \times (\text{EF}_{\text{Torf-nährstoffarm}_{\text{CO}_2}} + \text{EF}_{\text{Torf-nährstoffarm}_{\text{N}_2\text{O}}} + \text{EF}_{\text{Torf-nährstoffarm}_{\text{CH}_4}})$$

CO<sub>2</sub>-Eq. <sub>on-site</sub>: on-site-Emissionen, die während der Produktion vor Ort entstehen [t CO<sub>2</sub>-Eq. a<sup>-1</sup>]

A<sub>Torf-nährstoffarm</sub>: Torfabbaufläche für Hochmoortorfe [ha]

EF<sub>Torf-nährstoffarm</sub> (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>): Emissionsfaktor für Hochmoortorfe im Abbau [t CO<sub>2</sub>-Eq. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (IPCC 2006 Guidelines, Table 7.4)]

Die Berechnung der off-site-Emissionen erfolgte nach Equation 7.5 (2006 IPCC Guidelines):

$$\text{CO}_2\text{-Eq.}_{\text{off-site}} = \text{Vol}_{\text{Torf\_trocken}} \times \text{Cfraction}_{\text{Vol\_Torf}}$$

CO<sub>2</sub>off-site: CO<sub>2</sub>-Eq.-Emissionen durch produzierte, zu Gartenbauzwecken ausgebrachten Torfen [t CO<sub>2</sub>-Eq. a<sup>-1</sup>]

Vol<sub>Torf\_trocken</sub>: Volumen des luftgetrockneten Torfes [m<sup>3</sup>]

C<sub>fractionvol\_Torf</sub>: Kohlenstoffanteil bezogen auf das Volumen luftgetrockneten Torfs [0,2567 t CO<sub>2</sub>-Eq. m<sup>3</sup> luftgetrockneter Torf (2006 IPCC Guidelines, Table 7.5)]

Tabelle 378: Implizierte Emissionsfaktoren [t CO<sub>2</sub>-Eq. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>] und Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] für den Torfabbau in Deutschland

Torfabbau Jahr	IEF [t CO <sub>2</sub> -Eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Emissionen [t CO <sub>2</sub> -Eq.]				Σ Torfabbau
		on-site CO <sub>2</sub>	on-site NO	on-site CH <sub>4</sub>	off-site	
1990	108,79	117,2	7,9	5,6	2.029,5	2.160,2 ± 800,7
1995	117,57	117,2	7,9	5,6	2.203,9	2.334,6 ± 869,0
2000	128,26	117,2	7,9	5,6	2.416,2	2.546,9 ± 952,3
2005	116,35	117,2	7,9	5,6	2.179,6	2.310,3 ± 859,5
2006	116,84	117,2	7,9	5,6	2.189,5	2.320,2 ± 863,4
2007	120,98	117,2	7,9	5,6	2.271,7	2.402,4 ± 895,6
2008	113,46	117,2	7,9	5,6	2.122,2	2.252,9 ± 837,0
2009	114,69	117,2	7,9	5,6	2.146,8	2.277,5 ± 846,7
2010	106,87	117,2	7,9	5,6	1.991,5	2.122,2 ± 785,8
2011	108,84	117,2	7,9	5,6	2.030,5	2.161,2 ± 801,1
2012	112,64	117,2	7,9	5,6	2.106,0	2.236,7 ± 830,7
2013	109,42	117,2	7,9	5,6	2.042,0	2.172,7 ± 805,6
2014	104,92	117,2	7,9	5,6	1.952,7	2.083,4 ± 765,6

### 6.7.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.D)

Die Zeitreihen für die Aktivitätsdaten zum Torfabbau vom Statistischen Bundesamt sind konsistent und für die gesamte Berichtsperiode verfügbar. Die Unsicherheiten dieses Aktivitätsdatums sind laut Statistischem Bundesamt 0, da es sich bei diesen Daten um eine Vollerhebung mit Auskunftspflicht handelt. Nichtsdestotrotz wird nach den 2006 IPCC Guidelines eine Unsicherheit von 20 % unterstellt, die im Wesentlichen auf der Unsicherheit der Umrechnung von Volumen- auf Masseeinheiten für Torfe beruht. Die in Tabelle 379 und Tabelle 380 aufgeführten Unsicherheiten bis 40 % für den Torfabbau sind Ergebnisse aus der Berechnung der Unsicherheitsfortpflanzung und insbesondere auf die großen Unsicherheiten der genutzten IPCC Standardwerte zurückzuführen. Bezüglich der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für Methan und Lachgas gilt das in Kapitel 6.5.3 und Kapitel 6.6.3 Ausgeführte.

Die Aktivitäts- bzw. Flächendaten sind normalverteilt und weisen je nach Flächen- bzw. Stichprobengröße Unsicherheiten von 2-197 % auf (siehe Tabelle 513 in Kapitel 19.4.4). Die Gesamtunsicherheit für die Flächendaten der Kategorie Feuchtgebiete beträgt 5,1 %. Der Beitrag der Kohlenstoffsenken aus Feuchtgebieten zur Gesamtemission bzw. -unsicherheit des LULUCF-Sektors ist sehr gering. Lediglich die Werte im Zusammenhang mit dem Torfabbau sind wahrnehmbar (siehe Tabelle 513 in Kapitel 19.4.4).

Tabelle 379: Emissionsfaktoren mit Unsicherheiten [in % vom Lagemaß] zur Berechnung der THG-Emissionen aus Feuchtgebieten 2013, unterschieden nach Kategorie und Subkategorie

Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>		Emissionsfaktoren	Schranken		Gewässer	Emissionsfaktoren	Schranken	
Landnutzung <sub>vor</sub>	Landnutzung <sub>nach</sub>		untere	obere	Landnutzung <sub>nach</sub>		obere	untere
Mineralboden CO <sub>2</sub> -C <sup>124</sup>		[t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]		[t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Wald	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	0,64	24,0	28,5	Gewässer	keine Emission		
Acker	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	0,70	28,4	36,8	Gewässer	keine Emission		
Grünland <sub>i.e.S.</sub>	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	-0,17	31,8	47,4	Gewässer	keine Emission		
Gehölze	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	0,04	30,7	49,1	Gewässer	keine Emission		
Siedlungen	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	0,77	31,6	47,6	Gewässer	keine Emission		
Gewässer	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	0	43,9	52,5	Gewässer	keine Emission		
Sonstiges Land	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	0,92	31,5	49,8	Gewässer	keine Emission		
Mineralboden N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub> <sup>125</sup>		[kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]		[kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Grünland <sub>i.e.S.</sub>	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	0,213	91,7	211,5	Gewässer	keine Emission		
Mineralboden N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> <sup>125</sup>		[kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]		[kg N <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Grünland <sub>i.e.S.</sub>	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	0,048	100,0	294,9	Gewässer	keine Emission		
Biomasse <sup>126</sup>		[t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]		[t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Wald	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	-35,70	21,6	21,7	Gewässer	-54,66	25,0	25,0
Acker	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	11,61	31,0	31,6	Gewässer	-7,52	9,3	9,3
Grünland <sub>i.e.S.</sub>	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	12,10	32,4	32,9	Gewässer	-6,69	25,4	25,4
Gehölze	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	-24,20	34,0	34,6	Gewässer	-46,93	54,2	55,2
Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	0	0	0	Gewässer	-18,85	42,6	43,3
Gewässer	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	18,96	42,7	43,5	Gewässer	0	0	0
Siedlungen	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	6,46	31,8	32,4	Gewässer	-12,46	47,1	47,9
Sonstiges Land	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	18,96	42,7	43,5	Gewässer	0	0	0
Tote organische Substanz		[Mg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]		[Mg C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]
Wald	Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	-20,69	6,1	6,1	Gewässer	-20,70	5,9	5,9

positiv: Senke; negativ: Quelle

<sup>124</sup> Berechnung über 20 Jahre, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle<sup>125</sup> Berechnung über 20 Jahre Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke,<sup>126</sup> Berechnung nur im ersten Jahr der Landnutzungsänderung

Tabelle 380: Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5%-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Feuchtgebiete und Torfabbau im Jahr 2014

Landnutzung	Treibhausgas	Emissionsfaktor [t CO <sub>2</sub> -Eq. ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	Schranken	
			untere %	obere %
<b>Organischer Boden<sup>127</sup></b>				
Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	CO <sub>2</sub>	18,18	59,9	46,1
Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	N <sub>2</sub> O	0,14	100,0	306,2
Feuchtgebiete <sub>terrestrisch</sub>	CH <sub>4</sub> O	0,38	78,9	669,9
Torfabbau	CO <sub>2</sub>	5,90	9,7	11,2
Torfabbau	N <sub>2</sub> O	0,40	46,9	258,9
Torfabbau	CH <sub>4</sub> O	0,28	65,3	92,9

Die Berechnungen sind für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 – 2013 räumlich und zeitlich konsistent und vollständig.

#### 6.7.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.D)*

Details zu den diesjährigen Prüfungen finden sich in Kapitel 6.1.3.

Die zur Erstellung dieses Inventars verwendeten Datenquellen erfüllen die Prüfkriterien des QSE-Handbuchs für Datenquellen. Bezüglich der Qualitätssicherung der Eingangsdaten (ATKIS®, BÜK, Officialstatistik) wird auf die Datenhalter verwiesen (Dokumentation in Inventarbeschreibung).

Die Ergebnisse der Emissionsberechnung der aktuellen Berichterstattung können mit anderen Datenquellen für Deutschland nicht verglichen werden, da solche flächendeckend, umfassend und unabhängig von den hier aufgeführten Methoden und Datenquellen nicht existieren.

Da die Ergebnisse der Submission 2015 zu spät veröffentlicht wurden, liegen dem im Folgenden aufgeführten innereuropäischen Vergleich der impliziten Emissionsfaktoren für die Nachbarländer Deutschlands die Werte der Submission 2014 zugrunde. Da diese methodisch noch auf den 2003 IPCC GPG (IPCC 2003) beruhen, werden nur Vergleichswerte dargestellt, die schon in den Vorjahren berichtet wurden. Für die mit der Einführung der 2006 IPCC Guidelines zu berichtenden Größen, liegen noch keine Vergleichswerte vor (z.B. Methanemissionen aus organischen Böden, indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen).

Der Vergleich der mittleren Emissionsfaktoren Deutschlands in der Kategorie Feuchtgebiete mit denen der europäischen Nachbarstaaten (Tabelle 381) zeigt, dass die IEF aufgrund der Zusammenfassung der Bodentypen nur schwer vergleichbar sind. So weist Deutschland in der Verbleibkategorie den größten Emissionsfaktor auf, was darauf zurückzuführen ist, dass hier der Torfabbau einschließlich der off-site-Emissionen einfließt. Die Kategorie Feuchtgebiete ist stark von der nationalen Definition abhängig, so dass die nationalen Verhältnisse und daher auch die mittleren Emissionsfaktoren eine große Streuung zeigen. In der Übergangskategorie weist Deutschland im Gegensatz zu allen anderen Nachbarländern mit Ausnahme der Schweiz die Böden als Kohlenstoffquelle aus; zurückzuführen, aller Wahrscheinlichkeit nach, auf die Einbeziehung der Emissionen aus organischen Böden, die in anderen Ländern nicht auftreten, für diese Landnutzungskategorie nicht erfasst bzw. einbezogen werden. Die Änderungen der IEF gegenüber dem Vorjahr beruhen im Wesentlichen auf der unterschiedlichen Vornutzung der Umwidmungsflächen.

<sup>127</sup> Berechnung jährlich, Emission: positiv  $\triangleq$  Quelle; negativ  $\triangleq$  Senke

Tabelle 381: Vergleich implizierter Emissionsfaktoren (IEF) unterschiedlicher Unterkategorien in der Kategorie Feuchtgebiete zwischen Deutschland (Deutschland NIR 2016 und NIR 2015) und europäischen Nachbarstaaten (NIR 2014)

Implizite Emissionsfaktoren (IEF) Feuchtgebiete NIR 2014	Verbleibende Feuchtgebiete Böden	Landnutzungsänderung zu Feuchtgebieten		
		Böden	Biomasse	Tote org. Substanz
t C ha <sup>-1</sup>				
Österreich	NE	NO	-0,69	-0,16
Belgien	NO	1,16	NO	NO
Dänemark	-0,07	0,38	0,00	NA,NE,NO
Frankreich	NO	2,51	-0,42	-0,04
Großbritannien	-0,57	NO	NE,NO	NO
Niederlande	NO	0,64	-1,06	-0,17
Polen	NA	NA,NO	-1,20	NA,NO
Tschechische Republik	NO	NA,NO	-0,57	-0,01
Schweiz	0,00	-3,44	-4,07	-0,68
Deutschland NIR 2015	-1,13	-0,05	0,10	0,00
<b>Deutschland NIR 2016</b>	<b>-1,49</b>	<b>-1,17</b>	<b>-0,04</b>	<b>-0,03</b>

positiv: Senke; negativ: Quelle

### 6.7.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.D)

Mit der diesjährigen Submission werden quellspezifische Rückrechnungen für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 – 2014 vorgelegt, da neue bzw. korrigierte Datenquellen und Methoden zur Anwendung kamen:

#### 1. Methoden

- Modifikation der Methode zur Ermittlung der Landnutzung und Landnutzungsänderung auf organischen Böden, durch Einführung der hochauflösenden Karte der organischen Böden Deutschlands (s. Ausführungen in Kapitel 6.3.1).

#### 2. Aktivitätsdaten

- Karte der organischen Böden Deutschlands (ROSSKOPF et al., 2015)
- der aktuelle Datensatz des Basis-DLM (2014)

#### 3. Emissionsfaktoren

- Änderung der Emissionsfaktoren für die Biomasse von Silomais und annuellen Grünlandpflanzen inkl. Futterbau; dadurch lagen zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen korrigierte Emissionsfaktoren für die Biomasse folgender Landnutzungskategorien vor:
  - Ackerland
  - Grünland i.e.S.
  - Feuchtgebiete
  - Siedlungen
- Änderung der Emissionsfaktoren in den Landnutzungskategorie „Feuchtgebiete“ für organische Böden (s. Kapitel 6.1.2.2.3) infolge der Modifikation der Flächenbestimmung (s. Kapitel 6.3.1)

Im Rahmen der Neuberechnung der Emissionsfaktoren sowie der Aktivitätsdaten wurden auch die zugehörigen Unsicherheiten neu bestimmt.

Tabelle 382 und Tabelle 383 verdeutlichen die Auswirkungen der Rückrechnungen. Die Emissionen der Verbleibkategorie Feuchtgebiete haben im Vergleich mit der

Vorjahressubmission, mit der Zeit abnehmend, um 53 - 45 % zugenommen. Diese Emissionsunterschiede sind vollständig auf die Methodenänderung hinsichtlich der Ausweisung der Landnutzung auf organischen Böden zurückzuführen, da infolge dieser die Fläche an organischen Böden in der Subkategorie „Terrestrische Feuchtgebiete“, insbesondere drainierte, deutlich zugenommen hat. Dadurch wurde auch das Verhältnis drainierte zu nassen Böden deutlich verschoben, was in der Folge zu einer Zunahme des IEF führte (vergl. Kapitel 6.1.2.2 ff.).

In den Übergangskategorien „zu Feuchtgebieten“ zeigen sich die Emissionen infolge der Neuberechnung in der gesamten Zeitreihe ebenfalls, diesmal mit der Zeit zunehmend, um ein Vielfaches erhöht. Auch hier sind die Emissionen aus organischen Böden die Ursache. Die Übergangskategorie ist nun mehr eine Senke, mit leicht zunehmender Tendenz. Hauptursache für diese Senkenwirkung ist die Abnahme der Emissionen aus organischen Böden; mit einem Anteil von 81 % am Betrag der Emissionen der Unterkategorie „Landnutzungsänderung zu Feuchtgebieten“ ist auch hier die Methodenänderung bezüglich der Ausweisung der Landnutzungsänderungen auf organischen Böden die Hauptursache; die absolute Flächenzunahme organischer Böden in der Übergangskategorie vermag jedoch bei weitem nicht die dramatischen Emissionsunterschiede zu erklären. Hauptursache sind Verschiebungen innerhalb der Übergangskategorien der Unterkategorien. So wurden in der Submission 2015 der Großteil (90 %) der zu „Feuchtgebieten“ veränderten Flächen auf organischen Böden der Unterkategorie „Gewässer“ zugeteilt, die klimaneutral sind. Die höhere Auflösung nach der Methodenänderung zur Ausweisung der organischen Flächen ergab aber nur noch einen Anteil von 27 % an dieser Kategorie, so dass nun mehr 73 % der organischen Böden den Übergangskategorien der Unterkategorie „Terrestrische Ökosysteme“ zugeteilt wurden. Diese sind emissionsrelevant. Im Gegensatz zu organischen Böden, sind die Unterschiede bezüglich der Biomasse nicht auf Flächenunterschiede zurückzuführen, sondern auf die geänderten Emissionsfaktoren sowie qualitative Verschiebungen innerhalb der Übergangskategorien, da die Emissionen der Submission 2016 durchweg geringer sind als die der vorhergehenden, bei größerer Fläche.

Insgesamt führen die durch die methodische Verbesserung ausgelösten gleichgerichteten Trends in der Verbleib- und den Übergangskategorien zur Ausweisung deutlich höherer Gesamtemissionen für die Landnutzungskategorie Feuchtgebiete mit der Submission 2016; für das Jahr 1990 berechnet sich diese Differenz zur Submission 2015 auf 1.479 kt CO<sub>2</sub>-Eq.  $\pm$  56 %, für das Jahr 2013 auf 1.507 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten  $\pm$  56 %.

Tabelle 382: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO<sub>2</sub>] aus verbleibenden Feuchtgebieten

Flächen [kha]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamtfläche	2016	617	612	607	610	613	616	618	621	624	627	630	634
	2015	578	571	565	569	572	575	577	580	583	586	589	592
Mineralböden	2016	512	512	512	522	524	527	529	532	535	537	540	543
	2015	543	537	530	534	536	539	541	543	545	547	549	552
Organische Böden	2016	105	100	96	88	88	89	89	89	90	90	90	91
	2015	35	35	34	35	36	36	37	37	38	38	39	40

Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamt	2016	3.732	3.884	4.073	3.690	3.708	3.799	3.657	3.686	3.535	3.578	3.658	3.603
	2015	2.443	2.617	2.829	2.604	2.625	2.710	2.563	2.580	2.426	2.466	2.543	2.481
Mineralböden CO <sub>2</sub>	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineralböden N <sub>2</sub> O	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organische Böden CO <sub>2</sub>	2016	3.677	3.829	4.020	3.637	3.655	3.746	3.604	3.633	3.482	3.525	3.604	3.549
	2015	2.425	2.599	2.811	2.581	2.594	2.679	2.532	2.558	2.404	2.444	2.521	2.459
Organische Böden CH <sub>4</sub>	2016	38	37	37	34	34	34	34	34	34	34	35	35
	2015	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Organische Böden N <sub>2</sub> O	2016	20	20	20	18	19	19	19	19	19	19	19	19
	2015	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Biomasse	2016	-3	-3	-3	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	-3	-3	-3	1	9	9	9	0	0	0	0	0

Tabelle 383: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO<sub>2</sub>] aus Landnutzungsänderungen zu Feuchtgebieten

Flächen [kha]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamtfläche	2016	93	93	93	102	103	103	103	102	100	98	96	94
	2015	91	91	91	96	97	97	98	96	94	93	91	89
Mineralböden	2016	78	78	78	79	78	77	77	75	73	71	69	67
	2015	73	73	73	77	78	78	79	77	76	74	73	72
Organische Böden	2016	15	15	15	23	25	26	27	27	27	27	27	27
	2015	18	18	18	19	19	19	19	19	19	18	18	18
Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamt	2016	395	397	398	545	624	645	667	539	539	541	542	424
	2015	205	207	209	156	299	300	303	146	146	148	150	-5
Mineralböden CO <sub>2</sub>	2016	-5	-5	-4	-3	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-1
	2015	-14	-13	-12	-10	-10	-10	-9	-9	-8	-7	-6	-5
Mineralböden N <sub>2</sub> O	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Organische Böden CO <sub>2</sub>	2016	195	195	194	329	349	369	389	389	390	391	392	392
	2015	10	10	10	14	15	16	17	18	18	18	18	20
Organische Böden CH <sub>4</sub>	2016	4	4	4	7	7	8	8	8	8	8	8	8
	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organische Böden N <sub>2</sub> O	2016	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Biomasse	2016	155	157	159	147	191	191	192	109	108	108	109	12
	2015	164	166	168	117	209	210	211	105	104	105	106	-22
Tote org. Substanz	2016	44	44	44	63	77	77	77	32	32	32	32	10
	2015	44	44	44	33	83	83	84	30	30	30	30	0

### 6.7.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.D)

Derzeit sind, über frühere Angaben hinaus, keine weiteren Verbesserungen geplant. Aussagen über den Stand der Umsetzung der geplanten Verbesserungsmaßnahmen im LULUCF-Sektor sind in Kapitel 6.1.4 zu finden.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesen Kapiteln Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 6.8 Siedlungen (4.E)

### 6.8.1 Beschreibung der Kategorie (4.E)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	4.E. Settlements	0	CO <sub>2</sub>	1.811,9	0,15%	3.299,1	0,37%	82,1%
-/-	4.E. Settlements	0	N <sub>2</sub> O	126,5	0,01%	189,7	0,02%	50,0%
-/-	4.E. Settlements	0	CH <sub>4</sub>	24,0	0,00%	41,3	0,00%	71,8%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	Tier 2	RS/NS	CS
N <sub>2</sub> O	Tier 2	RS/NS	CS
CH <sub>4</sub> O	Tier 2	RS/NS	CS

Die Kategorie *Siedlungen* ist für CO<sub>2</sub> eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend, sowie nach der Tier-2-Analyse.

In der Landnutzungskategorie Siedlungen wird über CO<sub>2</sub>-Emissionen/-Festlegung der Kategorien Boden, Biomasse und tote organische Substanz berichtet, die auf Flächen liegen, die zu Siedlungs- und Verkehrszwecken ausgewiesen sind. Genaue Definitionen und Kategoriezuordnungen sind in Kapitel 6.2 aufgeführt. Die Ergebnisse der Abschätzung der Treibhausgasemissionen sind in Tabelle 384 und in Abbildung 69 und Abbildung 70 dargestellt.

Tabelle 384: CO<sub>2</sub>-, N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] aus Siedlungsflächen Deutschlands 2014. Dargestellt sind Summen sowie obere und untere Schranke des 95 % - Konfidenzintervalls

Kategorie	THG	Siedlungen Emissionen 2014				
		[kt CO <sub>2</sub> -Eq.]			[%]	
		Emission	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.	2,5 %-Perz.	97,5 %-Perz.
<b>Siedlungen<sub>total</sub></b>		<b>3.552,4</b>	3.041,5	4.011,1	14,4	12,9
Mineralboden	CO <sub>2</sub>	<b>984,7</b>	718,2	1.439,3	27,1	46,2
	N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	<b>99,0</b>	25,4	269,2	74,3	172,1
	N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub> <sup>128</sup>	<b>22,3</b>	0	75,4	100	238,4
Organischer Boden	CO <sub>2</sub>	<b>1.947,3</b>	1.316,2	2.278,6	32,4	17,0
	N <sub>2</sub> O	<b>90,7</b>	38,2	208,2	57,9	129,4
	CH <sub>4</sub>	<b>41,3</b>	29,9	103,3	27,5	150,2
Biomasse	CO <sub>2</sub>	<b>15,8</b>	13,1	18,4	16,6	16,8
Streu/Totholz	CO <sub>2</sub>	<b>351,3</b>	298,5	404,1	15,0	15,0

Im Jahr 2014 betragen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den Siedlungs- und Verkehrsgebieten Deutschlands infolge von Landnutzung und Landnutzungsänderung 3.552,4 kt CO<sub>2</sub> (Tabelle 384); der Großteil hiervon (58,5 %) wird durch Drainage organischer Böden verursacht. Aber auch die Emissionen aus den Mineralböden tragen mit einem Anteil von 31,1 % deutlich zu der Emissionssumme bei. Verursacht werden diese im Wesentlichen durch Landnutzungsänderungen von Ackerland (59 %), Grassland i.e.S. (26 %) und Wald (10 %) zu Siedlungen (Abbildung 69).

Gegenüber dem Basisjahr ergibt sich im Jahr 2014 eine Nettozunahme der Emissionen von 1.573,4 kt CO<sub>2</sub>  $\hat{=}$  79,5 % (siehe Abbildung 69 und Abbildung 70) Der Trend ist eindeutig gerichtet und wird vor allem durch die Umwidmung von Acker- und Grünlandflächen, in den Vorjahren auch Wald zu Siedlungszwecken getrieben. Eine Zunahme der Emissionen (Grünland 34 %; Wald 56 %; Feuchtgebiete 460 %) bzw. deutliche Abnahme der

<sup>128</sup> Die kategoriespezifischen indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden im CRF-Tabellenwerk nicht erfasst und dargestellt; sie sind Teil der in CRF-Tabelle 4.(IV).2 dargestellten Summe aller Unterkategorien

Senkenfunktion (Ackerland -51 %; Sonstiges Land -78 %) ist in allen Unterkategorien zu beobachten, wobei insbesondere auch die Umnutzung der Feuchtgebietsflächen zu einer steten Zunahme der Emissionen aus organischen Böden führt.

Die Kurvenverläufe der Zeitreihen, insbesondere die deutlichen Änderungen, sind vor allem auf die sich zu den entsprechenden expliziten Erhebungsterminen ändernden Flächendaten zurückzuführen (siehe Kapitel 6.3.5, Tabelle 328).

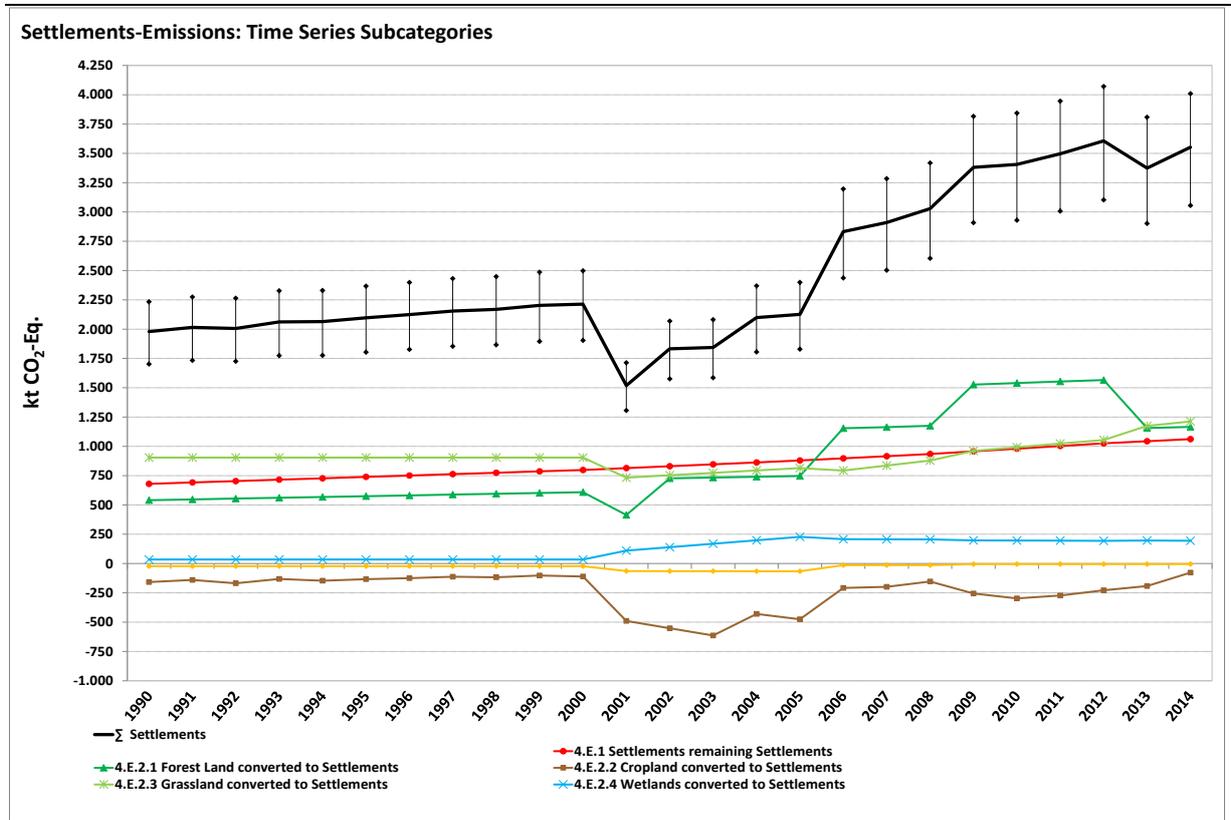


Abbildung 69: CO<sub>2</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Siedlungen von 1990 – 2014, dargestellt nach Unterkategorien

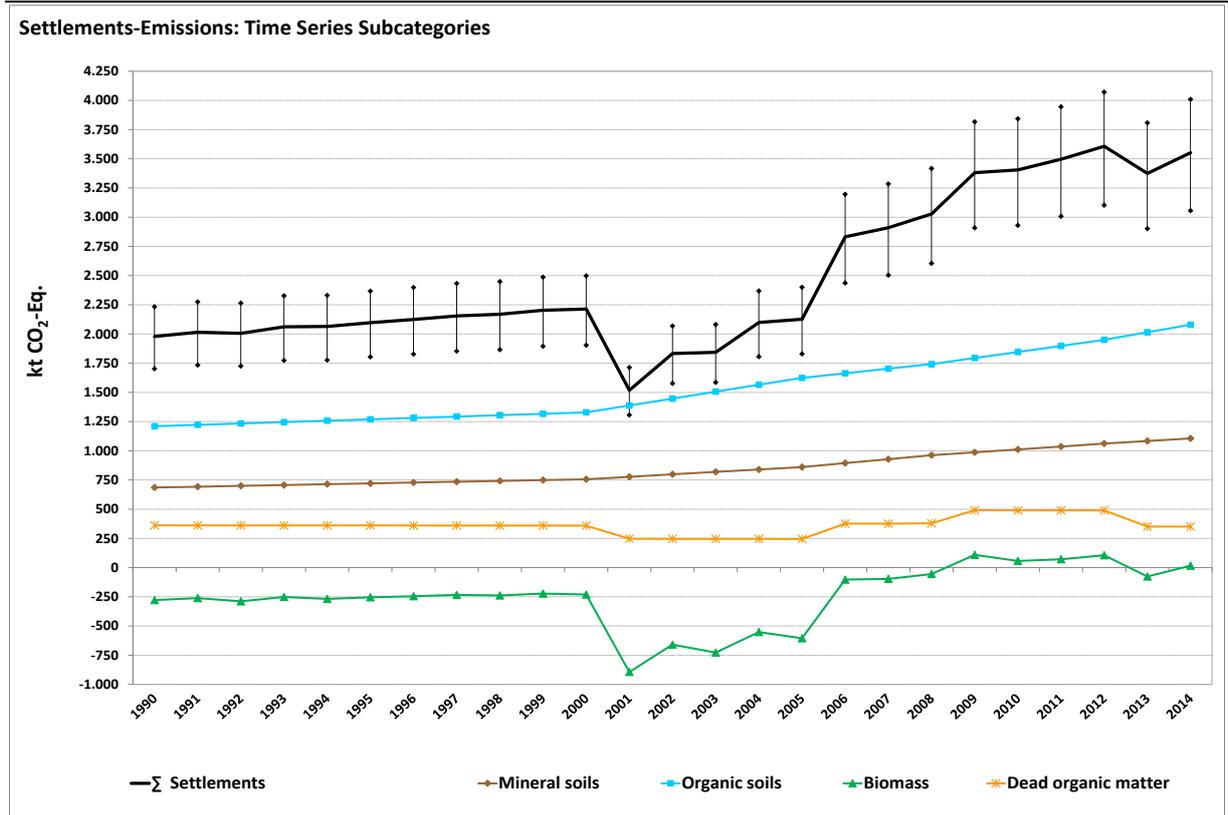


Abbildung 70: CO<sub>2</sub>-Emissionen [kt CO<sub>2</sub>-Eq.] infolge Landnutzung und Landnutzungsänderung aus Siedlungen Deutschlands von 1990 – 2014, dargestellt nach Kategorien

## 6.8.2 Methodische Aspekte (4.E)

Bei verbleibenden Siedlungen wird unterstellt, dass keine Kohlenstoffvorratsänderungen in Mineralböden (vgl. Kapitel 6.5.2.3) und Biomasse (vergl. Kapitel 6.6.2.2) auftreten. Für organische Böden in Siedlungsgebieten wird davon ausgegangen, dass sie drainiert sind.

Bei Landnutzungsänderungen zu Siedlungen werden alle fünf Kohlenstoffkategorien berichtet berichtet (siehe auch Kapitel 6.5.2).

### 6.8.2.1 Datenquellen

Nähere Angaben zu Datenquellen sind unter Kapitel 6.3.2 zu finden.

### 6.8.2.2 Biomasse

Flächen im Siedlungs- und Verkehrsbereich weisen erhebliche Anteile an unversiegelten, mit Vegetation bedeckten, auf. Stichprobenuntersuchungen des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung haben ergeben, dass der Anteil der überbauten und versiegelten Fläche an der ausgewiesenen Siedlungs- und Verkehrsfläche zwischen 40 – 50 % beträgt (EINIG et al. 2009). Daher wird die begrünte Fläche im deutschen Inventar im Mittel auf 50 % der Siedlungsfläche festgelegt.

Da über die Biomasse bzw. den Kohlenstoffvorrat auf diesen Flächen keine spezifisch erhobenen Daten vorliegen, wird angenommen, dass die begrünte Fläche zur Hälfte aus Gehölzen, zur anderen Hälfte aus Grünflächen vergleichbar mit Grünland i. e. S. besteht. Diese Annahmen entsprechen in etwa den Werten, die in der Schweiz diesbezüglich zugrunde gelegt werden. Mit Methoden der Fernerkundung wurde hier der Anteil an Bäumen (32,1 %) festgelegt.

und Büschen (15,3 %) am Pflanzenbedeckungsgrad mit 47,4 % ermittelt (FOEN 2010). Da im Siedlungs- und Verkehrsbereich die Variation der anzutreffenden Gehölze sehr groß ist - vom Kleingartengehölz über Hecken jeglicher Ausstattung bis zu Straßen- und Waldbäumen, wurde bezüglich der Biomasse dieser Gehölze in dieser Landnutzungskategorie der landesspezifische Wert für Gehölze zugrunde gelegt. Daher werden für die Verbleibkategorie von Siedlungsflächen keine Kohlenstoffvorratsänderungen in der Gehölzmasse berichtet (NO in CRF-Tabelle 4.E.1 für lebende Biomasse und tote organische Substanz). Auch gelten die Berechnungsregeln im Sinne von Kapitel 6.6.2.2. Der Kohlenstoffvorrat für die Biomasse einer Siedlungsfläche ergibt sich dann nach Gleichung 43. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 385. Aufgrund der Änderung des Kohlenstoffvorrates für Grünland in diesem Jahr (vergl. Kapitel 6.6.2.2.1), bedingt Gleichung auch eine Änderung des Biomassekohlenstoffvorrates von Siedlungsflächen gegenüber den vorherigen Submissionen; diese sind ebenfalls in Tabelle 385 dargestellt.

Gleichung 43:

$$\text{C-Vorrat}_{\text{Siedlungen}} = (\text{C-Vorrat}_{\text{Gehölze}} * 0,5 + \text{C-Vorrat}_{\text{Grünland i.e.S.}} * 0,5) * 0,5$$

Tabelle 385: Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [ $\text{t ha}^{-1}$ ] von Biomasse auf Siedlungsflächen (95%-Konfidenzintervall) und Veränderung zur Submission 2015

Siedlungen	Kohlenstoffvorrat [ $\text{t C ha}^{-1}$ ]			Veränderung gegenüber Submission 2015 [%]		
	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>oberirdisch</sub>	Bio <sub>unterirdisch</sub>	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>oberirdisch</sub>	Bio <sub>unterirdisch</sub>
Siedlungen	12,51 (6,63 - 18,49)	9,13 (3,56 - 14,78)	3,38 (1,51 - 5,33)	0,3	-1,5	5,7

### 6.8.2.3 Mineralische Böden

Nähere Angaben zu Mineralischen Böden sind unter Kapitel 6.1.2.1 und 19.4.2 zu finden.

### 6.8.2.4 Organische Böden

Da über die Drainage von organischen Böden in Siedlungen keine spezifisch erhobenen Daten vorliegen, wird angenommen, dass die Böden wie Wirtschaftsgrünland gedraint werden und der entsprechende Emissionsfaktor verwendet (Kapitel 6.6.2.4).

Bei Landnutzungsänderung zu Siedlungen wird sofort der Wert für verbleibende Siedlungen verwendet.

## 6.8.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.E)

Die Zeitreihenkonsistenz ist bezüglich der Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren gesichert.

Die Emissionsfaktoren und Unsicherheiten für die Landnutzungskategorie Siedlungen sind in Tabelle 386 und Tabelle 387 dargestellt; die Unsicherheiten sind in der Regel lognormalverteilt, mit Ausnahme derjenigen für  $\text{CO}_2$  aus organischen Böden; diese weisen eine rechtssteile Verteilung auf. Für die großen Unsicherheiten bezüglich der direkten und indirekten Stickstoffemissionen gilt das in Kapitel 6.5.3 Aufgeführte. Tabelle 513 in Kapitel 19.4.4 weist für die Aktivitätsdaten in Abhängigkeit von der Flächengröße Unsicherheiten von 2,5-56,9 % aus. Die Gesamtunsicherheit für die Aktivitätsdaten der Siedlungskategorie beträgt 2,3 %. Der Beitrag der Emissionen der Siedlungskategorie zur Unsicherheit des Gesamtinventars ist gering, bezüglich der Emissionen aus den organischen Böden, der Biomasse und den Mineralböden aber wahrnehmbar.

Tabelle 386: Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [in % vom Lagemaß] zur Berechnung der Treibhausgasemissionen aus Siedlungs- und Verkehrsflächen Deutschlands 2014, unterschieden nach Kategorie und Unterkategorie

Siedlungen Landnutzungsvor	Fläche Landnutzungsnach	Emissionsfaktor	Schranken	
			obere	untere
<b>Mineralboden CO<sub>2</sub>-C<sup>129</sup></b>		<b>[t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Siedlungen	-0,097	22,3	40,9
Acker	Siedlungen	-0,07	27,9	49,2
Grünland i. e. S.	Siedlungen	-0,94	32,6	57,5
Gehölze	Siedlungen	-0,73	31,2	59,7
Terr. Feuchtgebiete	Siedlungen	-0,77	31,6	47,6
Gewässer	Siedlungen	0,00	45,1	85,0
Sonstige Flächen	Siedlungen	0,15	31,7	62,8
<b>Mineralboden N<sub>2</sub>O<sub>direkt</sub><sup>130</sup></b>		<b>[kg N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Siedlungen	0,078	73,5	204,1
Acker	Siedlungen	0,087	90,4	211,9
Grünland i.e.S.	Siedlungen	1,162	92,0	214,6
Gehölze	Siedlungen	0,932	96,2	222,3
Terr. Feuchtgebiete	Siedlungen	0,780	91,6	211,6
<b>Mineralboden N<sub>2</sub>O<sub>indirekt</sub><sup>131</sup></b>		<b>[kg N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Siedlungen	0,018	100,0	289,7
Acker	Siedlungen	0,019	100,0	295,2
Grünland i.e.S.	Siedlungen	0,261	100,0	296,7
Gehölze	Siedlungen	0,210	100,0	297,1
Terr. Feuchtgebiete	Siedlungen	0,175	100,0	294,9
<b>Biomasse<sup>132</sup></b>		<b>[ktC ha<sup>-1</sup> 1 a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Siedlungen	-42,15	22,1	22,2
Acker	Siedlungen	5,22	30,0	30,5
Grünland i. e. S.	Siedlungen	5,65	31,2	32,7
Gehölze	Siedlungen	-30,66	43,3	44,1
Terr. Feuchtgebiete	Siedlungen	-6,46	31,8	32,4
Gewässer	Siedlungen	12,51	47,0	47,8
Sonstige Flächen	Siedlungen	12,51	47,0	47,8
<b>Tote organische Substanz<sup>133</sup></b>		<b>[kt C ha<sup>-1</sup> 1 a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Wald	Siedlungen	-20,69	6,2	6,2

Tabelle 387: Unsicherheiten von Emissionsfaktoren [2,5 %- und 97,5%-Perzentil in % vom Lagemaß] aus organischen Böden für Siedlungen im Jahr 2014

Landnutzung	Treibhausgas	Emissionsfaktor	Schranken	
			untere	obere
<b>Organischer Boden<sup>134</sup></b>		<b>[t CO<sub>2</sub>-Eq. ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]</b>	<b>[%]</b>	<b>[%]</b>
Siedlungen	CO <sub>2</sub>	27,1	55,4	28,4

#### 6.8.4 *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.E)*

Details zu den diesjährigen Prüfungen finden sich in Kapitel 6.1.3.

Die zur Erstellung dieses Inventars verwendeten Datenquellen erfüllen die Prüfkriterien des QSE – Handbuchs für Datenquellen. Intern wird die Prozessierung von Daten nach Thünen-Institut (2012) überprüft. Bezüglich der Qualitätssicherung der Eingangsdaten (ATKIS®, BÜK, Officialstatistik) wird auf die Datenhalter verwiesen (Dokumentation in der Inventarbeschreibung).

<sup>129</sup> Berechnung über 20 Jahre, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle

<sup>130</sup> Berechnung über 20 Jahre, Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke

<sup>131</sup> Berechnung über 20 Jahre, Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke

<sup>132</sup> Berechnung nur im ersten Jahr der Landnutzungsänderung, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle

<sup>133</sup> Berechnung nur im ersten Jahr der Landnutzungsänderung, Vorratsänderung: positiv ≙ Senke; negativ ≙ Quelle

<sup>134</sup> Berechnung jährlich, Emission: positiv ≙ Quelle; negativ ≙ Senke

Die Ergebnisse der Emissionsberechnung der aktuellen Berichterstattung können mit anderen Datenquellen für Deutschland nicht verglichen werden, da solche flächendeckend, umfassend und unabhängig von den hier aufgeführten Methoden und Datenquellen nicht existieren.

Da die Ergebnisse der Submission 2015 zu spät veröffentlicht wurden, liegen dem im Folgenden aufgeführten innereuropäischen Vergleich der impliziten Emissionsfaktoren für die Nachbarländer Deutschlands die Werte der Submission 2014 zugrunde. Da diese methodisch noch auf den 2003 IPCC GPG (IPCC, 2003) beruhen, werden nur Vergleichswerte dargestellt, die schon in den Vorjahren berichtet wurden. Für die mit der Einführung der 2006 IPCC Guidelines zu berichtenden Größen, liegen noch keine Vergleichswerte vor (z.B. Methanemissionen aus organischen Böden, indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen). Tabelle 388 vergleicht die mittleren Emissionsfaktoren der Kategorie Siedlungen mit denen europäischer Nachbarländer.

Nur Deutschland, die Schweiz und Großbritannien berichten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus gedrähten organischen Böden in Siedlungsflächen. Die mittleren Emissionsfaktoren sind auf die Gesamtsiedlungsfläche bezogen, so dass sie u.a. den Flächenanteil organischer Böden widerspiegeln. Weitere Kohlenstoffquellgruppen werden im deutschen Inventar nur bei Landnutzungsänderungen zu Siedlungsflächen berechnet. Diese stellen nun mehr alle, wie bei fast allen aufgeführten Staaten, Quellen dar; am deutlichsten ausgeprägt bezüglich der Böden. Während andere direkte Nachbarstaaten (z.B. Frankreich, Schweiz, Belgien) eine deutlich höhere Quelle für Mineralböden aufweisen, liegt der Wert von Österreich in der Größenordnung des deutschen Wertes, am unteren Ende des Spektrums. Die IEF der Biomasse liegen unauffällig im Mittel der europäischen Nachbarstaaten, die Quelle ist im deutschen Inventar auf die großen Biomasseverluste infolge von Entwaldungsmaßnahmen zurückzuführen (vergl. Kapitel 6.8.1). Die mittleren Emissionsfaktoren der drei Pools werden stark von der Ausgangsnutzung bestimmt, so dass die weite Streuung innerhalb der europäischen Staaten ohne Kenntnis der Ausgangsnutzungen nicht interpretiert werden kann.

Tabelle 388: Vergleich implizierter Emissionsfaktoren (IEF) unterschiedlicher Kategorien in Siedlungen zwischen Deutschland und europäischen Nachbarstaaten für das Jahr 2012 (Ausnahme Deutschland NIR 2016: Vergleichswert 2014)

Implizierte Emissionsfaktoren (IEF) Siedlungen NIR 2014	Verbleibende Siedlungen	Landnutzungsänderung zu Siedlungen		
	Organische Böden	Böden	Biomasse	Tote org. Substanz
		t C ha <sup>-1</sup>		
Österreich	NE	-0,46	0,32	-0,03
Belgien	NO	-1,06	-0,20	-0,02
Dänemark	NA,NO	-0,30	-0,48	0,00
Frankreich	NO	-1,31	-0,66	-0,08
Großbritannien	-0,70	-3,10	-0,04	-0,01
Niederlande	NO	-0,10	-1,16	-0,20
Polen	NA	-0,28	-0,41	-0,01
Tschechische Republik	NO	NA,NO	-0,39	-0,01
Schweiz	-0,02	-1,20	-0,51	-0,06
<b>Deutschland NIR 2015</b>	<b>-0,04</b>	<b>-0,69</b>	<b>-0,05</b>	<b>-0,17</b>
<b>Deutschland NIR 2016</b>	<b>-0,09</b>	<b>-0,58</b>	<b>-0,005</b>	<b>-0,11</b>

positiv: Senke; negativ: Quelle

## 6.8.5 *Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.E)*

Mit der diesjährigen Submission werden quellspezifische Rückrechnungen für den gesamten Berichtszeitraum von 1990-2014 vorgelegt, da neue bzw. korrigierte Datenquellen und Methoden zur Anwendung kamen:

### 1. Methoden

- Stark verbesserte Genauigkeit bei der Ermittlung der Landnutzung und Landnutzungsänderung auf organischen Böden durch ein stark verdichtetes Raster, basierend auf der in der Submission 2015 eingeführten hochauflösenden Karte der organischen Böden Deutschlands (s. Ausführungen in Kapitel 6.3.1).

### 2. Aktivitätsdaten

- Karte der organischen Böden Deutschlands (ROSSKOPF et al., 2015), in der Submission 2015 eingeführt
- der aktuelle Datensatz des Basis-DLM (2014)

### 3. Emissionsfaktoren

- Anpassung der Emissionsfaktoren für die Biomasse von Silomais und annuellen Grünlandpflanzen inkl. Futterbau an die Werte aus dem Sektor Landwirtschaft (3.D); dadurch lagen zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen korrigierte Emissionsfaktoren für die Biomasse folgender Landnutzungskategorien vor:
  - Ackerland
  - Grünland i.e.S.
  - Feuchtgebiete
  - Siedlungen

Im Rahmen der Neuberechnung der Emissionsfaktoren sowie der Aktivitätsdaten wurden auch die zugehörigen Unsicherheiten neu bestimmt.

Tabelle 390 und Tabelle 391 verdeutlichen die Auswirkungen der Rückrechnungen. Die Emissionen der Verbleibkategorie Siedlungen haben im Vergleich mit der Vorjahressubmission zugenommen. Waren die Emissionen für das Jahr 1990 in der Submission 2016 noch geringer als in der des Vorjahres (-22 %), verkehrte sich dieser Umstand mit der Zeit zunehmend, so dass die für das Jahr 2013 ausgewiesenen Emissionen der aktuellen Submission mehr als doppelt so hoch waren (106 %). Diese Emissionsunterschiede sind vollständig auf die Methodenänderung hinsichtlich der Ausweisung der Landnutzung auf organischen Böden zurückzuführen (Kapitel 6.3.1), und korrelieren höchstsignifikant mit den Flächendifferenzen der organischen Böden der Vergleichssubmissionen (Flächendifferenz 1990: -3 %; 2013: -24,3 %).

In den Übergangskategorien zu Siedlungen zeigen sich die Emissionen infolge der Neuberechnung in der gesamten Zeitreihe gegenüber der Vorjahressubmission gleichmäßig geringer (Tabelle 391). Hauptursache für die Differenzen bilden auch hier die Unterschiede in der Fläche der organischen Böden; die damit im Zusammenhang stehenden Emissionsunterschiede erklären für alle Jahre, mit Ausnahme 2013, 75-87 % der Differenz der Quellgruppensumme der Übergangskategorien zu Siedlungen. Während die beiden Submissionen bezüglich der Emissionen aus Mineralböden zu vernachlässigende Unterschiede aufweisen, zeigen sich solche bezüglich der Biomasse (während des gesamten Zeitraumes, insbesondere aber 2013) und der toten organischen Substanz (im Jahr 2013)

deutlich (s. Tabelle 391). Diese Unterschiede erklären die Differenz zwischen den Emissionen aus den organischen Böden und der Poolsumme nahezu vollständig. Da die Gesamtfläche kaum Unterschiede aufweist, müssen quantitative Verschiebungen zwischen den Unterkategorien für die Unterschiede verantwortlich zeichnen. Tatsächlich handelt es sich im Wesentlichen um Veränderungen in der Übergangskategorie von Wald zu Siedlungen. Während die hier verzeichneten Flächen für das Jahr 2013 in der Submission 2016 leicht abnehmen und zur Abnahme der Emissionen aus der toten organischen Substanz und der Biomasse führen (-28 %), ist in der Submission 2015 eine Flächenzunahme in dieser Unterkategorie zu verzeichnen mit erhöhten Emissionen (+23 %). Der Pool Biomasse wandelt sich dadurch in der Submission 2016 in diesem Jahr zur Senke.

Insgesamt führen die durch die methodische Verbesserung ausgelösten, gegenläufigen Trends der Verbleib- und den Unterkategorien zur Ausweisung geringerer Gesamtemissionen für die Landnutzungskategorie Siedlungen, mit der Submission 2016; für das Jahr 1990, berechnet sich diese Differenz zur Submission 2015 auf -781,4 kt CO<sub>2</sub>-Eq.  $\hat{=}$  -28,3 %, für das Jahr 2013, auf -448,3 kt CO<sub>2</sub>-Eq.  $\hat{=}$  -11,7 %.

Tabelle 389: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO<sub>2</sub>] aus verbleibender Siedlungsfläche

		Flächen [kha]											
		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamtfläche	2016	2.397	2.501	2.605	2.717	2.738	2.760	2.781	2.807	2.833	2.859	2.885	2.913
	2015	2.392	2.496	2.601	2.713	2.734	2.755	2.777	2.803	2.829	2.854	2.880	2.910
Mineralböden	2016	2.373	2.475	2.578	2.687	2.707	2.728	2.749	2.774	2.799	2.824	2.849	2.877
	2015	2.362	2.471	2.580	2.694	2.717	2.739	2.761	2.787	2.812	2.838	2.864	2.892
Organische Böden	2016	23	26	28	30	31	32	32	33	34	35	35	36
	2015	30	25	21	18	17	17	16	16	16	17	17	17
		Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.]											
		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamt	2016	680	739	798	879	898	916	934	957	980	1.003	1.025	1.044
	2015	876	737	598	527	505	482	460	466	472	478	484	506
Mineralböden	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO <sub>2</sub>	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mineralböden	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organische Böden	2016	637	692	748	823	841	858	875	896	918	939	960	977
	2015	821	690	560	493	473	452	431	437	442	448	454	474
Organische Böden	2016	13	15	16	17	18	18	19	19	19	20	20	21
	2015	17	15	12	10	10	10	9	9	9	9	10	10
Organische Böden	2016	30	32	35	38	39	40	41	42	43	44	45	46
	2015	38	32	26	23	22	21	20	20	21	21	21	22
Biomasse	2016	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 390: Vergleich der 2016 und 2015 berichteten Flächen [kha] und Emissionen [kt CO<sub>2</sub>] aus Landnutzungsänderungen zu Siedlungsflächen

		Flächen [kha]											
		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamtfläche	2016	684	684	684	787	799	810	822	838	853	869	885	898
	2015	683	683	683	789	800	812	823	838	854	869	885	919
Mineralböden	2016	666	666	666	762	772	783	794	809	823	838	853	864
	2015	646	646	646	746	757	768	778	793	807	822	836	869
Organische Böden	2016	18	18	18	26	26	27	28	29	30	31	32	34
	2015	37	37	37	43	43	44	45	46	47	47	48	50

		Emissionen [kt CO <sub>2</sub> -Eq.]											
		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Gesamt	2016	1.299	1.358	1.415	1.247	1.934	1.994	2.094	2.424	2.425	2.493	2.581	2.330
	2015	1.884	1.940	1.997	1.849	2.523	2.601	2.700	2.966	2.965	3.065	3.148	3.316
Mineralböden CO <sub>2</sub>	2016	596	631	666	762	792	823	853	876	899	922	945	965
	2015	579	614	649	764	794	824	854	877	901	924	948	979
Mineralböden N <sub>2</sub> O	2016	90	90	90	99	102	105	108	110	113	115	117	119
	2015	88	88	88	99	102	105	108	110	112	115	117	120
Organische Böden CO <sub>2</sub>	2016	497	497	497	698	717	737	756	784	811	838	866	909
	2015	1.002	1.002	1.002	1.155	1.175	1.195	1.215	1.238	1.262	1.285	1.309	1.360
Organische Böden CH <sub>4</sub>	2016	11	11	11	15	15	16	16	17	17	18	18	19
	2015	21	21	21	24	25	25	26	26	27	27	28	29
Organische Böden N <sub>2</sub> O	2016	23	23	23	33	33	34	35	37	38	39	40	42
	2015	47	47	47	54	55	56	57	58	59	60	61	63
Biomasse	2016	-279	-254	-231	-605	-103	-97	-55	110	57	71	105	-76
	2015	-218	-197	-174	-494	-15	10	51	184	132	181	213	185
Tote org. Substanz	2016	362	361	359	245	377	376	379	491	490	490	490	352
	2015	366	365	364	247	387	387	390	473	473	472	472	579

### 6.8.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.E)

Derzeit sind, über frühere Angaben hinaus, keine weiteren Verbesserungen geplant. Aussagen über den Stand der Umsetzung der geplanten Verbesserungsmaßnahmen im LULUCF-Sektor sind in Kapitel 6.1.4 zu finden.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesen Kapiteln Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 6.9 Sonstiges Land (4.F)

### 6.9.1 Beschreibung der Kategorie (4.F)

Da es sich bei den unter der Kategorie „Sonstiges Land“ geführten Flächen per Definition um vom Menschen nicht bewirtschaftetes Land handelt, werden nur die Flächengrößen zur Vervollständigung der Flächenmatrix aufgeführt. Emissionen im Sinne der IPCC Richtlinien können nicht auftreten und damit nicht berichtet werden. Daher findet sich der Vermerk NO in allen Rubriken der CRF-Tabelle 4.F mit Ausnahme des Feldes für die Fläche der Verbleibkategorie.

### 6.9.2 Methodische Aspekte (4.F)

Sonstige Flächen werden nur als Ausgangskategorie von Landnutzungsänderungen zu anderen Kategorien in der Emissionsberechnung berücksichtigt. Rückumwandlungen zu Sonstigen Flächen finden nicht statt, da definitionsgemäß einmal genutztes Land nicht mehr in eine ungenutzte Landnutzungskategorie überführt werden kann.

Die Kohlenstoffvorräte in den Kategorien Biomasse, Totholz und toter organischer Substanz in Sonstigen Flächen sind Null.

Die Kohlenstoffvorräte in Mineralböden in Sonstigen Flächen sind in Kapitel 6.1.2 und 19.4.2 ausgewiesen.

Organische Böden in Sonstigen Flächen sind nicht gedrängt.

### 6.9.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.F)

Die Bestimmung der Unsicherheiten für Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten erfolgten gemäß der 2006 IPCC Guidelines (IPCC 2006). Nähere Erläuterungen hierzu finden sich in Kapitel 19.4.4.

Die Zeitreihe ist vollständig und konsistent.

### 6.9.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.F)

Details zu den diesjährigen Prüfungen finden sich in Kapitel 6.1.3.

### 6.9.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.F)

Entfällt, da in dieser Kategorie keine Treibhausgasquellen und -senken berichtet werden.

### 6.9.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.F)

Entfällt, da in dieser Kategorie keine Treibhausgasquellen und -senken berichtet werden.

## 6.10 Holzprodukte (4.G)

### 6.10.1 Beschreibung der Kategorie (4.G)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	4.G. Harvested wood products	0	CO <sub>2</sub>	-1.330,4	0,11%	-2.299,9	0,26%	72,9%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	CS/Tier 2	IS/NS	D

Die Kategorie Holzprodukte ist keine Hauptkategorie.

Ebenso wie für das Jahr 2013, wurde die Abschätzung des Beitrags von Holzprodukten in Deutschland zu den Emissionen nach Quellen und Einbindungen nach Senken von Treibhausgasen im Landnutzungssektor in dem Modell WoodCarbonMonitor mit einem Berechnungsansatz auf Basis der Daten zur Produktion von Holzprodukten vorgenommen. Die Abschätzung umfasst alle in Deutschland produzierten Holzprodukte, deren Holz aus heimischem Einschlag stammt und die stofflich genutzt werden.

Aus Konsistenzgründen folgt die Berechnung den Regeln des Kapitel 2.8 des 2013 IPCC KP Supplement (IPCC 2014), da gemäß der Fußnote 12 im Tabellenblatt 4.G s1 des Gemeinsamen Berichterstattungsformats im Annex II der Entscheidung 24/CP.19 über die Überarbeitung des gemeinsamen Berichterstattungsformats<sup>135</sup> (UNFCCC 2014) für den verwendete Ansatz (Ansatz B) neben den 2006 IPCC Guidelines (IPCC 2006) auch andere IPCC Leitlinien genutzt werden können, die diesen Ansatz widerspiegeln. Die in den Regeln des 2013 IPCC KP Supplement (IPCC 2014) beschriebenen Systemgrenzen zur Abschätzung des Beitrags von Holzprodukten entsprechen den Systemgrenzen des in Tabelle 12.1 der 2006 IPCC Guidelines (IPCC 2006) mit der Variable 2A umschriebenen Ansatzes.

<sup>135</sup> Fußnote 12 des CRF-Tabellenblatts 4.G s1

Zur Erhöhung der Transparenz wird gemäß Berichterstattungstabelle 4.G s1 unterschieden in Holzprodukte, welche nach ihrer Produktion in Deutschland verbraucht werden, und den Produkten, die exportiert werden. Der Kohlenstoffspeicher von Holz in Deponien wird nicht berücksichtigt.

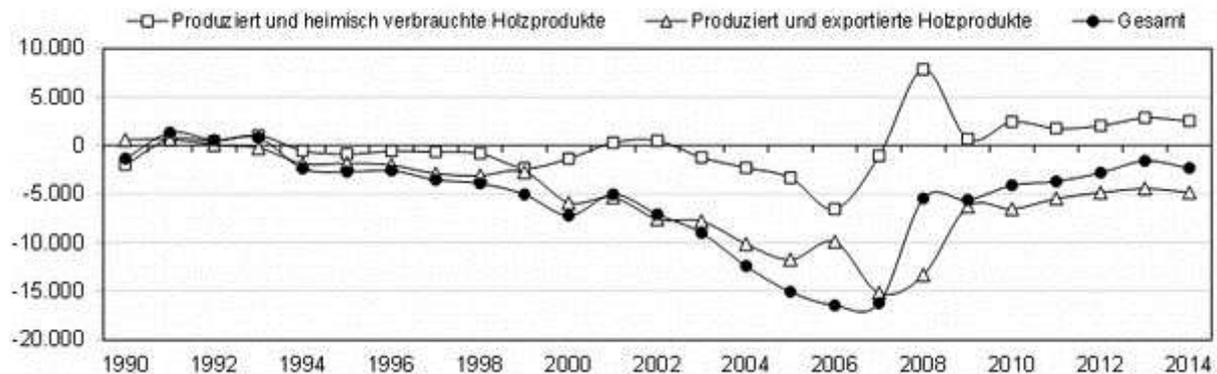


Abbildung 71: Netto CO<sub>2</sub>-Emissionen und Einbindungen in Holzprodukten [kt CO<sub>2</sub>]

## 6.10.2 Methodische Aspekte (4.G)

### 6.10.2.1 Aktivitätsdaten

Abbildung 72 zeigt die Entwicklung der Produktionsmengen der Holzhalbwarengruppen Schnittholz und Holzwerkstoffe, getrennt nach den in Deutschland verbleibenden (Produktion abzüglich Export) und den exportierten Holzmenen (Export) seit 1990 nach den Daten der Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (FAO 2015). Diese Zeitreihen entsprechen den in den 2006 IPCC Guidelines (IPCC 2006) vorgeschlagenen Daten für die Abschätzung des Beitrags von Holzprodukten auf Basis einer Tier-1-Berechnung (Kap. 12.2.1, IPCC 2006: 12.9).

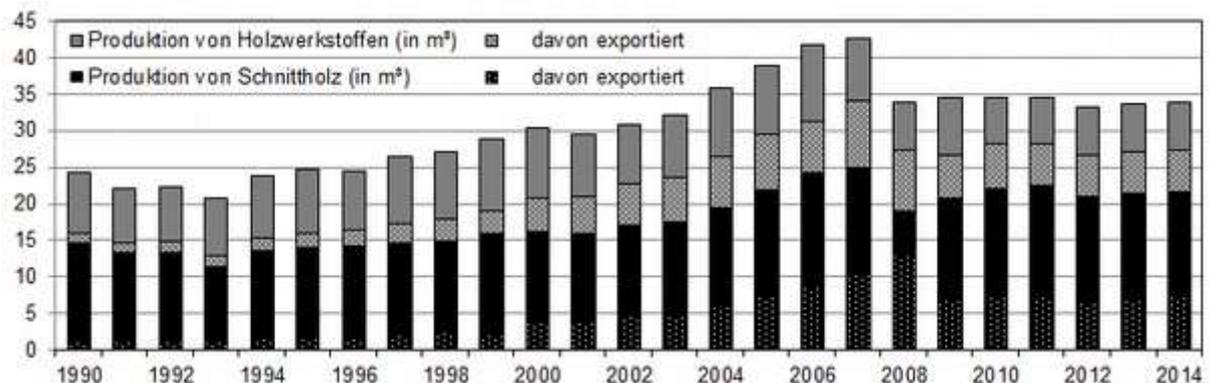


Abbildung 72: In Deutschland produziertes Schnittholz und Holzwerkstoffe [Mm<sup>3</sup>] (FAO 2015)

Gemäß der IPCC Leitlinien wurde zunächst der Rohstoffanteil der Holzprodukte aus heimischem Holzeinschlag berechnet und ein heimischer Rohstofffaktor  $f_{DP}(i)$  bestimmt. Für die Halbwarenkategorien Schnittholz und Holzwerkstoffe basiert dieser auf den FAO-Daten zur Holzrohstoffkategorie Industrierohholz (*industrial roundwood*). Für die Berechnung des aus heimischem Einschlag stammenden Anteils der Produktkategorie Papier und Pappe, wurde neben der im 2013 IPCC KP Supplement (IPCC 2014) vorgeschlagenen Rohstoffkategorie Holzzellstoff (*wood pulp*) auch die Verwendung von Altpapier bei der Papierherstellung berücksichtigt, da sich der Anteil von Altpapier in Papier und Pappe in Deutschland in den

letzten Jahren kontinuierlich auf mittlerweile über 70 % erhöht hat. Wurde der Papieranteil für das vorherige Berichtsjahr noch über die Altpapiereinsatzquote geschätzt, wurde der Anteil  $p$  von Altpapier in Papierprodukten für das vorliegende Berichtsjahr über das Verhältnis des rechnerischen Verbrauchs von Holz Zellstoff und Altpapier in Deutschland berechnet (vgl. Kapitel 6.10.5).

Neben dem für Industrierohholz ( $f_{IRW}$ ) und Holz Zellstoff ( $f_{PULP}$ ), die gemäß der Gleichungen 2.8.1 und 2.8.2 des 2013 IPCC KP Supplement berechnet wurden (IPCC 2014:2.115), wurde auf Basis der gleichen Vorgehensweise ein weiterer Faktor für Altpapier (recovered paper) mit Hilfe von FAO Daten ermittelt ( $f_{RecP}$ ) (Abbildung 73). Dieser wurde bei der Berechnung der aus heimischem Einschlag stammenden Produktanteile mit Hilfe der Gleichung 2.8.4 des 2013 IPCC KP Supplement (IPCC 2014:2.118) für die HWP-Kategorie 'Papier und Pappe' mit  $f_{DP}(i) = \{(f_{IRW}(i) \cdot (1-p) \cdot f_{PULP}(i)) + p \cdot f_{RecP}(i)\}$  berücksichtigt.

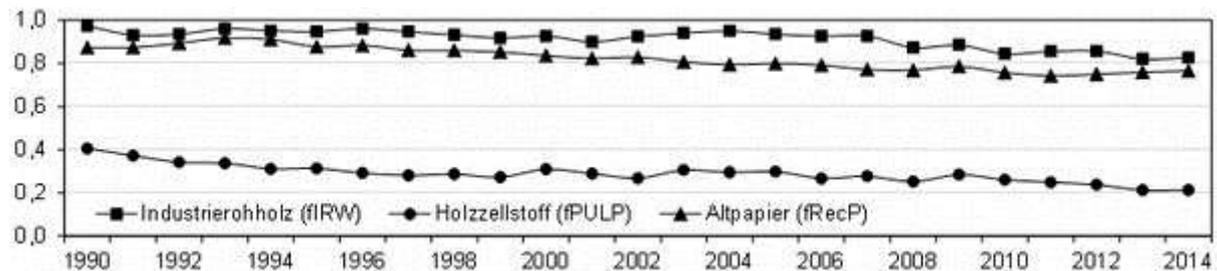


Abbildung 73: Entwicklung des heimischen Rohstofffaktors  $f_{DP}(i)$  der berücksichtigten Rohstoffkategorien (FAO 2015)

In einem zweiten Schritt (Kapitel 2.8.1.2, IPCC 2014), wurde der in den Produkten enthaltene Kohlenstoff den jeweiligen Landnutzungsklassen zugeordnet, aus dem der Rohstoff stammt. Für Deutschland lässt sich der Holzeinschlag der verbleibenden Waldfläche (Kategorie 5.A.1, Kapitel 6.2.1) und Holz, das aufgrund von Landnutzungsänderung von Wald in andere Kategorien eingeschlagen wird, (Tabelle 391) zuordnen. Holzprodukte aus Waldumwandlung werden gemäß der Vorgaben des IPCC auf Basis einer sofortigen Emission berücksichtigt (vgl. Kapitel 2.8.3, IPCC 2014), so dass sich als Ergebnis der für Deutschland verfügbaren Inventurinformationen und der Equation 2.8.3 (IPCC 2014: 2.116) die jährlichen Holzeinschlagsanteile aus bewirtschafteten Waldflächen  $f_{FM}(i)$  berechnen.

Tabelle 391: Jährlicher Anteil des Einschlags aus verbleibender Waldfläche

Zeitraum	$f_{FM}(i)$
1990 – 2002	0.98989
2003 – 2007	0.99202
2008 – 2012	0.98881

### 6.10.2.2 Emissionsfaktoren

Für die Berechnung der Kohlenstoffabflüsse aus dem Kohlenstoffspeicher, werden die in Tabelle 2.8.2 des 2013 IPCC KP Supplement (IPCC 2014) gelisteten Standardwerte verwendet, welche auf den in Tabelle 3a.1.3 der 2003 IPCC GPG (IPCC 2003) genannten Werten beruhen.

### 6.10.2.3 Verwendete Berechnungsmethode

Für die Berechnung des Beitrags der stofflichen Holznutzung zur verzögerten Freisetzung von  $CO_2$ -Emissionen auf Basis von Kohlenstoffspeicheränderungen verwendet Deutschland die in

den IPCC Leitlinien beschriebene exponentielle Zerfallsfunktion für die in Tabelle 2.8.1 des 2013 IPCC KP Supplement beschriebenen Produktkategorien. Dies entspricht der in den 2006 IPCC Leitlinien beschriebenen Standardmethode (Gleichung 12.1, IPCC 2006:12.11) bzw. der unter Tier 2 beschriebenen Standardmethode im 2013 IPCC KP Supplement (Gleichung 2.8.5). Für die Kohlenstoffumrechnung werden für die Produktkategorien „Holzwerkstoffe“ und „Papier und Pappe“ die in Tabelle 2.8.1 enthaltenen Faktoren verwendet (IPCC 2014). Die Kohlenstoffmengen in den Produktkategorien ‚Laub- und Nadelschnittholz‘ werden auf Basis der in RÜTER (2011) beschriebenen Faktoren berechnet (vgl. auch UNFCCC 2011), um die in Deutschland typischerweise verwendeten Holzarten bei der Schnittholzerstellung zu reflektieren.

Da erst seit der Wiedervereinigung Deutschlands im Jahr 1990 Zeitreihen zu Holzprodukten und den verwendeten Rohstoffkategorien mit ausreichender Datenqualität vorliegen und um mit den Daten verbundene Unsicherheiten zu reduzieren, wird der Anfangswert des Kohlenstoffspeichers in Holzprodukten auf Basis der Equation 2.8.6 (IPCC 2014) mit  $C(t_0) = 1990$  berechnet.

### 6.10.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.G)

Die Zeitreihen für die Aktivitätsdaten zu Holzprodukten aus der Datenbank der FAO sind konsistent und für die gesamte Berichtsperiode verfügbar. Die Unsicherheiten dieser Zeitreihen belaufen sich nach Angaben in dem entsprechenden Kapitel des 2103 IPCC KP Supplement (IPCC 2014) auf -25/+5 % (siehe auch Kapitel 11.3.1.5.3).

### 6.10.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.G)

Details zu den diesjährigen Prüfungen finden sich in Kapitel 6.1.3.

### 6.10.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (4.G)

Um die Genauigkeit der Berechnung des Kohlenstoffanteils aus heimischem Einschlag zu erhöhen, wird über die Vorgaben des IPCC 2013 KP Supplement (IPCC 2014) hinaus, auch die Rohstoffkategorie Altpapier für die Berechnung der zu berücksichtigenden Papiermengen herangezogen (vgl. Kap 6.10.2). Wurde der Altpapieranteil für das Berichtsjahr 2014 noch über die Altpapiereinsatzquote bei der Herstellung von Papier geschätzt, wird der Anteil  $p$  von Altpapier in Papierprodukten für das vorliegende Berichtsjahr über das Verhältnis des rechnerischen Verbrauchs der beiden Rohstoffkategorien Holzzellstoff und Altpapier in Deutschland berechnet. Dies hat sich als genaueres Verfahren erwiesen, da die Altpapiereinsatzquote u.U. bei über 100% liegen kann und nicht dem tatsächlich im Papier enthaltenen Altpapieranteil entspricht. Entsprechend ändern sich die Zeitreihen der Netto-Emissionen für die HWP Kategorie Papier und Pappe (vgl. Tabelle 392).

Tabelle 392: Gegenüberstellung des ermittelten Altpapieranteils in Papier 2015 und 2016

Altpapier anteil	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
2015	0,49	0,58	0,60	0,66	0,67	0,68	0,68	0,71	0,70	0,71	0,72	0,74
2016	0,51	0,61	0,59	0,67	0,68	0,69	0,67	0,74	0,70	0,71	0,72	0,71

Nach den Vorgaben des IPCC 2013 KP Supplement (IPCC 2014) werden die Länder ermutigt, eine getrennte Berechnung und Berichterstattung von heimisch produzierten und verbrauchten Holzprodukten sowie exportierten Holzprodukten durchzuführen (vgl. IPCC

2014, S. 2.122). Entsprechend wird die Berechnung im WoodCarbonMonitor separat vorgenommen. In der Berechnung der Emissionszeitreihen für das Jahr 2014 wurden jedoch in der Statistik ausgewiesene Exportmengen für einzelne Jahre und Holzwerkstoffkategorien berücksichtigt, obwohl in dem jeweiligen Jahr keine Produktionsmengen für die jeweilige Kategorie ausgewiesen wurden. Die exportierten Mengen stammen somit aus zuvor importierten Holzwerkstoffmengen und nicht aus heimischem Einschlag. Daher wurden die bis dahin verwendeten Algorithmen im Modell WoodCarbonMonitor angepasst, so dass diese entsprechenden Exporte nicht mehr in der Berechnung berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurde die ermittelte Netto-Emissionszeitreihe für Holzwerkstoffexporte geändert (Tabelle 393).

Tabelle 393: Gegenüberstellung der Änderungen der Submission 2015 und 2016 zu HWP Netto-CO<sub>2</sub>-Emissionen

Netto-Emissionen [kt CO <sub>2</sub> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>2015</b>												
aus exportierten Holzwerkstoffen	166	-386	-2.699	-5.187	-4.512	-6.261	-4.775	-2.953	-2.731	-2.269	-1.978	-1.805
aus exportiertem Papier und Pappe	385	-953	-1.292	-2.055	-21	-2.429	-1.036	-297	-860	-186	-213	-191
aus heimischem Papier und Pappe	328	-115	-402	-247	-2.051	642	546	390	235	198	63	-241
<b>2016</b>												
aus exportierten Holzwerkstoffen	181	-389	-2.707	-5.136	-4.447	-6.160	-4.661	-2.663	-2.545	-2.061	-1.927	-1.726
aus exportiertem Papier und Pappe	395	-1.017	-1.248	-2.190	-113	-2.497	-986	-527	-817	-133	-171	-92
aus heimischem Papier und Pappe	333	-188	-346	-359	-2.145	595	577	228	264	234	91	370

Für die HWP Kategorie Schnittholz wurden keine quellspezifischen Rückrechnungen vorgenommen.

### 6.10.6 Geplante Verbesserungen, kategoriepezifisch (4.G)

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### 6.11 Andere Bereiche (4.H)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	4.H. Other		N <sub>2</sub> O	108,5	0,01%	99,7	0,01%	-8,1%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
-	-	-	-

Aus technischen Gründen können in der Datenbank des CRF Reporter die CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Quellgruppe *Settlements* sowie die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Quellgruppe *Grassland* nicht in die entsprechende CRF Tabelle 4 (II) eingetragen werden. Vor diesem Hintergrund werden diese Emissionen behelfsmäßig unter 4 H berichtet.

## 7 ABFALL UND ABWASSER (CRF SEKTOR 5)

### 7.1 Übersicht (CRF Sektor 5)

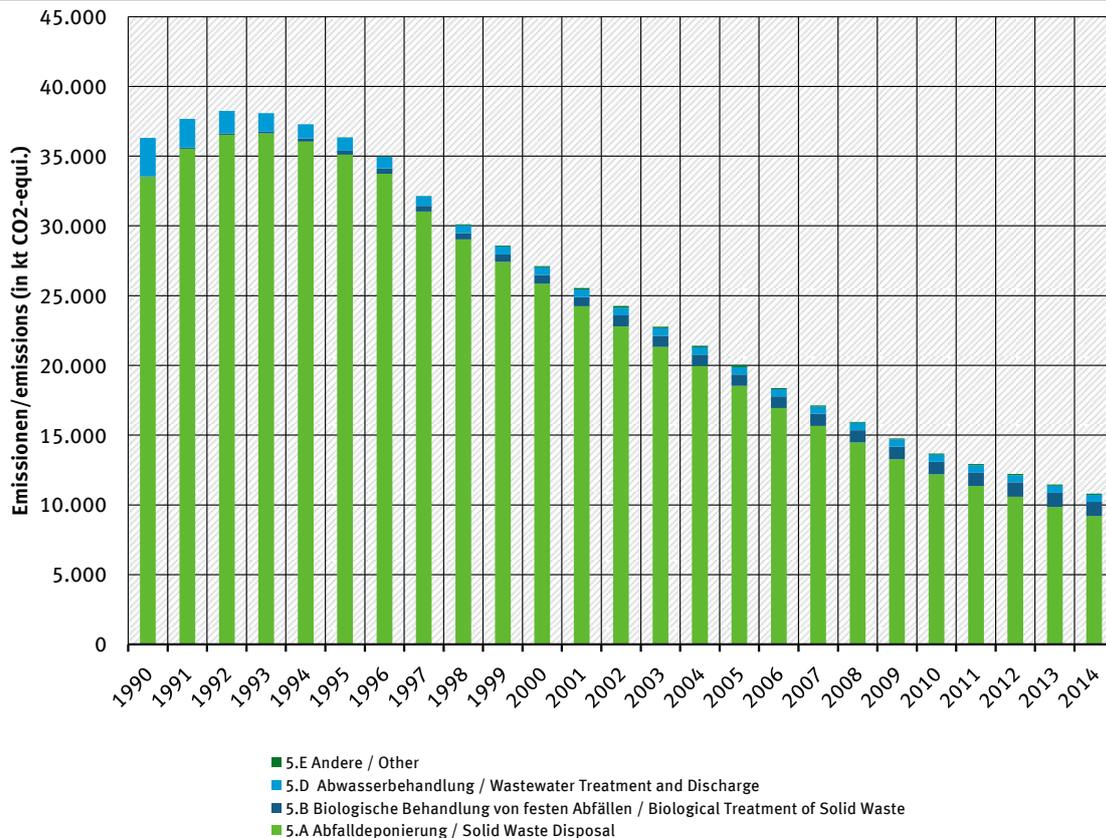


Abbildung 74: Übersicht über die Treibhausgas-Emissionen des CRF-Sektors 6

### 7.2 Abfalldeponierung (5.A)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
L/T	5.A. Solid Waste Disposal on Land	Managed Waste Disposal on Land	CH <sub>4</sub>	33.525,0	2,75%	9.200,0	1,04%	-72,6%

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	Tier 2	NS	CS/D

Die Kategorie *Abfalldeponierung* ist für CH<sub>4</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach der Emissionshöhe und dem Trend sowie der Tier-2-Analyse.

Für die deutsche Emissionsberichterstattung unter CRF 5.A ist nur die geordnete Deponierung (6.A.1) von Relevanz. Die so genannte wilde Deponierung (CRF 5.A.2) ist in Deutschland gesetzlich verboten.

Nachdem andere Abfallbehandlungsmethoden für biologisch abbaubare Anteile des Mülls zunehmend an Bedeutung gewinnen, werden seit 2004 die Emissionen aus der Kompostierung und der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung (MBA) und seit der Berichterstattung 2015 die Emissionen aus der Abfallvergärung berichtet. Mit der Umstellung der CRF-Tabellen zum Berichtsjahr 2013, werden diese Emissionen unter der Kategorie 5.B Biologische Abfallbehandlung bzw. CRF 5.E Sonstige - MBA berichtet.

Der Kategorie 5.A Festmülldeponierung sind im ZSE der deponierte Hausmüll, biologisch abbaubare Abfälle aus der Industrie und Klärschlamm zugeordnet.

## **7.2.1 Geordnete Deponierung – Deponierung von Siedlungsabfällen (5.A.1)**

### **7.2.1.1 Beschreibung der Kategorie (5.A.1)**

In der Zeit seit 1990 und auch schon davor wurden in der Abfallwirtschaft in Deutschland eine Reihe von gesetzlichen Regelungen erlassen und organisatorische Maßnahmen in die Wege geleitet, welche die Entwicklung der Emissionen aus der Abfalldeponierung stark beeinflusst haben. Hierzu gehören die verstärkte Sammlung von Bioabfällen aus Haushalten und Gewerbe, die verstärkte Sammlung von anderen Wertstoffen wie Glas, Papier/Pappe, Metalle und Kunststoffe und die getrennte Sammlung von Verpackungen und deren Verwertung. Daneben wurde die Verbrennung von Siedlungsabfällen ausgeweitet sowie die mechanisch-biologische Behandlung von Restabfällen eingeführt. Diese Maßnahmen hatten zur Folge, dass sich die Menge der deponierten Siedlungsabfälle von 1990 bis 2006 sehr stark reduziert und seit 2006 auf einen niedrigen Niveau eingependelt hat (siehe Abbildung 75). Aus der Abbildung wird deutlich, dass in Deutschland heute mehr als die Hälfte der anfallenden Siedlungsabfälle getrennt gesammelt und stofflich verwertet wird (getrennte Wertstoffe und Bioabfallsammlung). Offizielle statistische Daten (*STATISTISCHES BUNDESAMT* Fachserie 19, Reihe 1 Abfallentsorgung 2013 vom 27. Juli 2015,) existieren bis zum Jahr 2012. Für die Aktivitätsraten für das Jahr 2014 wurden die Daten von 2013 unverändert fortgeschrieben und werden im jeweiligen Folgejahr durch die dann verfügbaren Aktivitätsraten ersetzt. Bei den Emissionen aus der Deponierung hat dies nur einen sehr geringfügigen Einfluss auf die Gesamtemissionen im jeweils aktuellen Berichtsjahr, da diese vor allem durch die in der Vergangenheit abgelagerten Abfälle bestimmt werden.

In der Bundesrepublik Deutschland wurden im Jahre 2004 etwa 330 Deponien für Siedlungsabfall betrieben. Strenge rechtliche Anforderungen verlangen bereits zu diesem Zeitpunkt technische Einrichtungen zur Fassung und Behandlung des Deponiegases und gewährleisteten eine weitgehende Minderung der Methanemissionen dieser Anlagen. Durch die neuen, weitergehenden Anforderungen der Abfallablagerungs- und der Deponieverordnung wurden im Juni 2005 mehr als die Hälfte der Deponien geschlossen, so dass gegenwärtig nur noch etwa 150 Siedlungsabfalldeponien betrieben werden. Seit Juni 2005 ist die Deponierung von biologisch abbaubaren Abfällen nicht mehr zugelassen. Mit anderen Worten eine Deponierung von Abfällen mit signifikanter Methanbildung ist seit Juni 2005 nicht mehr möglich. Zur Einhaltung dieser Anforderungen ist eine Vorbehandlung der Siedlungsabfälle und anderer biologisch abbaubarer Abfälle durch thermische oder mechanisch-biologischen Verfahren erforderlich. Aus der Ablagerung nach dem Jahr 2006 tragen nur noch wenige Abfallkomponenten mit sehr geringem Methanbildungspotenzial (z.B. Behandlungsrückstände der MBA, geringe Holzgehalte aus aufbereitetem Bauschutt) zur Deponiegasbildung bei. Mit dem Abklingen der Deponiegasbildung älterer Ablagerungen werden sich die Methanemissionen aus Deponien nochmals sehr weitgehend mindern und langfristig auf einem sehr niedrigen Niveau stabilisieren.

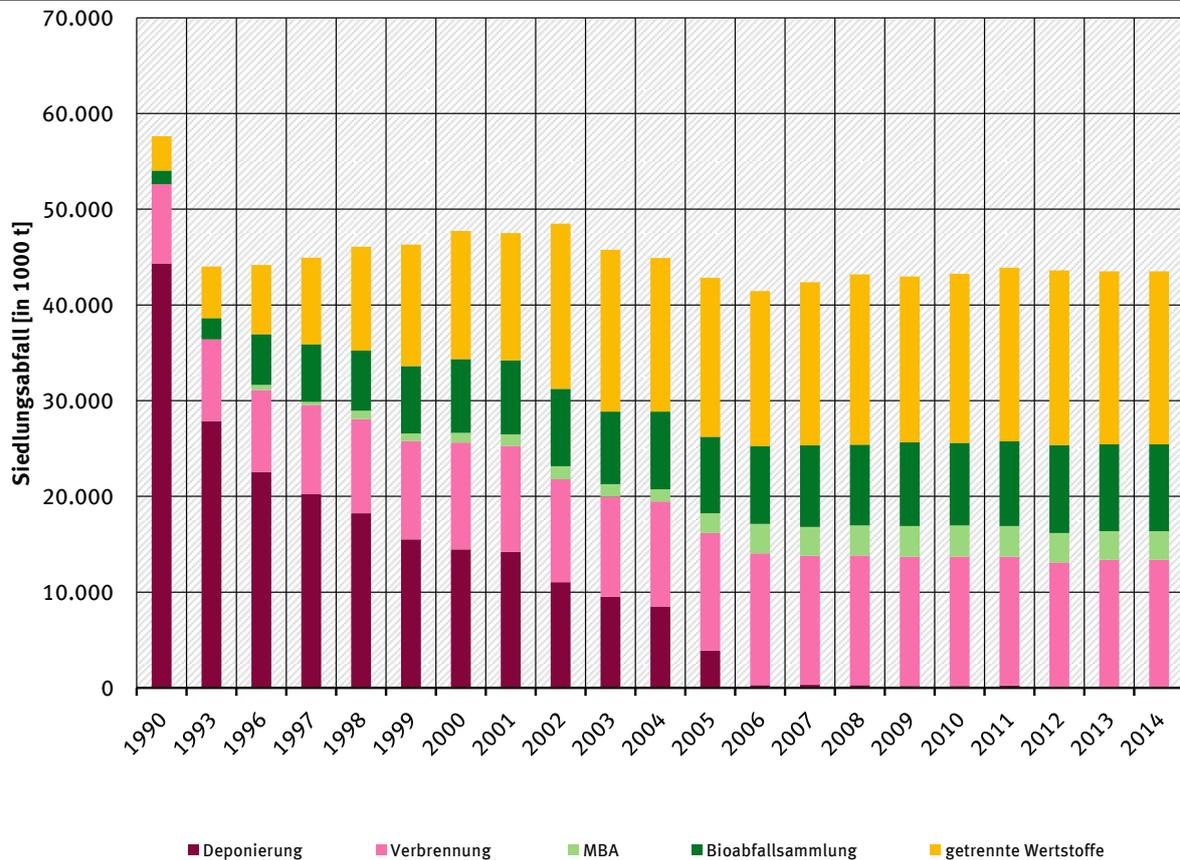


Abbildung 75: Die Veränderung der Entsorgungspfade der Siedlungsabfälle zwischen 1990 und 2014, mit Zwischenjahren

Mit der Minderung der Methanemissionen aus Deponien von 1,3 Mio. Mg CH<sub>4</sub> im Jahr 1990 auf 0,4 Mio. Mg im Jahr 2013 leistete die Abfallwirtschaft in Deutschland einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz. Diese rückläufigen Methanemissionen der Kategorie 5.A.1 entsprechen 24 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente und damit einer Minderung der gesamten Treibhausgasemissionen Deutschlands um ca. 2,2 %. Die Erfahrungen der deutschen Abfallwirtschaft zeigen, dass die Reduktion der abgelagerten Mengen biologisch abbaubarer Abfälle deutlich höhere Beiträge zum Klimaschutz erbringen kann als Fassung und Behandlung des Deponiegases.

### 7.2.1.2 Methodische Aspekte (5.A.1)

In den *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* basiert die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Deponierung auf der sogenannten „First Order Decay Methode“ (kurz: FOD-Methode). Die Einstufung der verschiedenen Tiere hängt von der Verwendung nationaler Daten von guter Qualität ab. Die in Deutschland angewendete Methode liegt zwischen Tier 2 und Tier 3. Die Tier 3 Methode erfordert nationale/landesspezifische Schlüsselparameter für DOC, DOC<sub>F</sub> und Halbwertzeiten (k-Werte). Deutschland verwendet landesspezifische DOC-Werte, aber Default-Werte für DOC<sub>F</sub> und k-Werte.

Im Folgenden wird die FOD-Methode zur Bestimmung der Methanerzeugung auf Deponien und die verwendeten Parameter näher erläutert. Die FOD-Methode wird nach den folgenden Gleichungen berechnet:<sup>136</sup>

Gleichung 44: (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Gleichung 3.6)

$$CH_4 \text{ erzeugt im Jahr } t \left( \frac{Gg}{\text{Jahr}} \right) = DDOC_m \text{ decomp}_t \times F \times 16/12$$

Mit:

$CH_4$ erzeugt:im Jahr $t$	= Menge an $CH_4$ , welche durch die biologisch abbaubaren Abfälle erzeugt wird.
$DDOC_m \text{ decomp}_T$	= Masse des im Jahr $T$ abgebauten abbaubaren DOC
$F$	= Anteil des $CH_4$ am Deponiegas
$16/12$	= Umrechnung von C zu $CH_4$
$t$	= Inventarjahr

Dabei gilt:

Gleichung 45: (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Gleichung 3.2)

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

Mit:

$DDOC_m$	= Masse des abbaubaren und abgelagerten DOC, (Gg)
$W$	= Masse des abgelagerten Abfalls, Gg
$DOC$ Abfall)	= Anteil des abbaubaren organischen Kohlenstoffs im Jahr der Ablagerung (Gg C/Gg Abfall)
$DOC_f$	= Anteil des DOC, der biologisch abbaubar ist
$MCF$	= Methankorrekturfaktor für das Jahr $x$

Nach den gesetzlichen Vorschriften ist in der alten Bundesrepublik seit 1972 nur noch eine geordnete Deponierung zulässig. Im Zuge der Wiedervereinigung wurden diese Standards 1989/90 auf die neuen Bundesländer übertragen. In der Inventarberechnung werden alle seit 1950 abgelagerten Abfälle berücksichtigt, unabhängig ob diese auf bereits stillgelegten und noch betriebenen Deponien liegen.

Für die Emissionsbeiträge aus den Abfällen, die zwischen 1950 und 1972 abgelagert wurden, werden mit einem MFC von 0,6 berechnet. Für den Zeitraum 1973-1989 wird für die neuen Bundesländer ein MFC von 0,6 und für die alten Bundesländer ein MFC von 1 angesetzt. Für die Emissionsberechnung im Inventar wird in diesem Zeitraum ein MFC ermittelt, der sich nach Gewichtung der jeweiligen Abfallmengen für Gesamtdeutschland ergibt. Die Emissionen aus den Abfällen die seit 1990 abgelagert wurden werden mit einem MFC von 1 berechnet.

Deutschland verwendet das IPCC Waste Model, das auf Basis der Gleichungen 3.4 und 3.5 der 2006 IPCC Guidelines entwickelt wurde. Dabei wird für jedes einzelne Jahr die Gesamtmenge an abbaubarem DOC in den Deponien berechnet um dann die Menge an DOC zu berechnen, die in jedem Jahr zu  $CH_4$  und  $CO_2$  abgebaut wird:

<sup>136</sup> Eine ausführliche Beschreibung der FOD-Methode und ihrer Parameter ist zu finden in den Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories im Greenhouse Gas Inventory Reference Manual, kurz: IPCC Guidelines, (IPCC 1996b) sowie in den IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, kurz: Good Practice Guidance, (IPCC 2000).

Gleichung 46: (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Gleichung 3.4)

$$DDOCma_t = DDOCmd_t + (DDOCma_{t-1} * e^{-k})$$

mit:

$t$  = Inventarjahr  
 $DDOCma_t$  = in der Deponie akkumulierte DDOCm am Ende des Jahres  $t$ , Gg  
 $DDOCma_{t-1}$  = in der Deponie akkumulierte DDOCm am Ende des Jahres  $t-1$ , Gg  
 $DDOCmd_t$  = in der Deponie abgelagerte DDOCm im Jahr  $t$ , Gg  
 $k$  = konstante Methanerzeugungsrate (1/Jahr)

Gleichung 47: (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Gleichung 3.5)

$$DDOCm_{decomp}_t = DDOCma_{t-1} \times (1 - e^{-k})$$

mit:

$t$  = Inventarjahr  
 $DDOCm_{decomp}_t$  = in der Deponie im Jahr  $t$  abgebauter DDOCm, Gg

Es wurde ein Multi-Phasen-Modell verwendet, das für die einzelnen Abfallfraktionen mit verschiedenen Halbwertszeiten rechnet und anschließend summiert.

Für das Endergebnis der CH<sub>4</sub>-Emissionen wird dann das erfasste und abgefackelte oder energetisch genutzte Methan abgezogen, außerdem wird ein Korrekturfaktor angewandt, der die Oxidierung des Methans in den Deckschichten der Deponien berücksichtigt, wie Gleichung widerspiegelt:

Gleichung 48: (2006 IPCC Guidelines, Gleichung 3.1):

$$\text{CH}_4 \text{ emittiert in Jahr } t \text{ (Gg/Jahr)} = (\text{CH}_4 \text{ erzeugt in Jahr } t - R(t)) \cdot (1 - \text{OX})$$

Wobei:

$R(t)$  = CH<sub>4</sub>-Erfassung im Jahr  $t$   
 $\text{OX}$  = Oxidationsfaktor (Anteil)

Im IPCC Waste Model können die Nutzer einen Zeitraum bestimmen, in welchem der abgelagerte Abfall zunächst noch nicht mit der Gasbildung beginnt, sondern erst nach dieser zeitlichen Verzögerung. Der in den 2006 IPCC Richtlinien empfohlene Standardwert für diese Verzögerungszeit beträgt 6 Monate. Nach Diskussionen mit nationalen Abfallexperten und basierend auf die Erfahrungen mit gemessener CH<sub>4</sub>-Entstehung nach erfolgter Ablagerung wurde dieser Wert auf 3 Monate festgelegt. Die Emissionsberechnung wird hierdurch nur geringfügig beeinflusst.

Für die Berechnung müssen die Mengen an Siedlungsabfall (MSW<sub>T</sub>) sowie der Anteil des deponierten Siedlungsabfalls (MSW<sub>F</sub>) bestimmt werden. Für die FOD-Methode muss das Aufkommen an Siedlungsabfall für die letzten Dekaden ermittelt werden. Der deponierte Siedlungsabfall soll nach 2006 IPCC Guidelines differenziert nach Abfallarten geschätzt werden, da die Emissionsberechnungen im Weiteren darauf basieren, dass die einzelnen Abfallarten unterschiedliche DOC-Werte aufweisen.

### 7.2.1.2.1 Deponierte Abfallmengen

Das FOD-Modell berechnet die Emissionen aus dem deponierten Siedlungsabfall, dem deponierten Industrieabfall und dem deponierten Klärschlamm.

Das Aufkommen an deponierten Siedlungsabfällen (Haus- und Gewerbemüll) werden den Statistiken des Statistischen Bundesamtes entnommen, die auf jährlichen Erhebungen der Art, Herkunft und Verbleib der Abfälle und auf zweijährigen Erhebungen bestimmter Ausstattungsmerkmale der befragten Abfallanlagen beruhen. Die Erhebungen der deponierten Mengen an Siedlungsabfällen in den alten Bundesländern begannen auf Grundlage des Umweltstatistikgesetzes von 1974 im Jahr 1975. Die Abfallmengen für den Zeitraum von 1950 bis 1975 wurden auf Grundlage der Bevölkerungsdaten extrapoliert.

Für die neuen Bundesländer liegen für die Jahre 1990 und 1993 nach Bundesländern differenzierte Daten zu den deponierten Siedlungsabfallmengen vor. Für die 80er Jahre der DDR hat LALE (2000) Daten vorgelegt, die Aufschluss über die deponierten Abfallmengen pro Kopf, die Abfallzusammensetzung, die Deponietypen und die Art der Ablagerung gibt. Die deponierten Abfallmengen pro Kopf lagen mit 190 kg/Person in der ehemaligen DDR deutlich niedriger als in den alten Bundesländern (330 kg/Person, Jahr). Dies hängt mit einem hohen Verwertungsgrad der Abfälle in der ehemaligen DDR zusammen. 1990, im Jahr der Wiedervereinigung, stiegen die deponierten Abfallmengen in den neuen Bundesländern sehr stark und die Pro-Kopf-Mengen lagen sogar über den alten Bundesländern, weil in diesem Jahr einerseits die bestehenden Verwertungssysteme zusammenbrachen, andererseits eine Flut neuer Produkte verfügbar war, die zu hohen Ersatzkäufen und zu einer stark erhöhten Menge an Verpackungsabfällen führte. Nach 1990 nähern sich dann die Abfallmengen pro Person in beiden Teilen Deutschlands langsam an.

In den Inventarberechnungen sind die abgelagerten Klärschammengen der alten und neuen Bundesländer bzw. der früheren Bundesrepublik und der ehemaligen DDR für den gesamten Zeitraum 1950 bis 2013 enthalten. Für die Ablagerungen in den neuen Bundesländern/DDR liegen keine statistischen Daten vor. Die Abfallzusammensetzungen (auch der Klärschlammanteil) wurde aus Ergebnissen eines Forschungsprojektes abgeschätzt, in dem in den 1990er Jahren das Abfallinventar von DDR-Deponien untersucht wurden.

Die nicht verwerteten Abfallmengen wurden in der ehemaligen DDR vollständig deponiert.

Seit 1996 veröffentlicht das Statistische Bundesamt differenzierte Daten zur Abfalldeponierung in der Industrie. Im Inventar werden die deponierten Abfallmengen aus folgenden Industriebranchen berücksichtigt:

- Abfälle aus der Landwirtschaft, Gartenbau, Forstwirtschaft, Fischerei und der Verarbeitung von Nahrungsmitteln
- Abfälle aus der Holzverarbeitung
- Abfälle aus der Herstellung von Zellstoff, Papier und Karton
- Abfälle aus der Textilindustrie
- Verpackungsabfälle, Aufsaug- u. Filtermaterialien, Wischtücher und Schutzkleidung
- Die Holzanteile aus Bau- und Abbruchabfällen (Daten seit 1975)

Die deponierten Abfallmengen aus der Industrie zwischen 1975 und 1996 wurden auf Basis der gesamten deponierten Abfallmengen abgeleitet. Die Gesamtmengen umfassen die Industrieabfälle, weisen diese allerdings nicht gesondert aus. Extrapolationen zwischen Abfallaufkommen und Produktionsdaten der betroffenen Sektoren für den Zeitraum 1996 bis 2002 ergaben keine befriedigenden statistischen Zusammenhänge. Während die Produktionsdaten steigen, sank das Abfallaufkommen teilweise deutlich, weil Veränderungen in den Produktionsprozessen stattfanden. Aufgrund des fehlenden statistischen Zusammenhanges wurden die deponierten Abfallmengen zwischen 1950 und 1975 konstant

gehalten. Auf die Emissionen des Basisjahres wirken sich Veränderungen der Annahmen zu den industriellen Abfällen im Zeitraum 1950 bis 1970 nur sehr marginal aus.

### **7.2.1.2.2 Abfallzusammensetzung**

Die Inventarberechnungen erfordern eine Aufteilung in die deponierten Abfallfraktionen Organik, Garten- und Parkabfälle, Papier, Holz, Windeln und Textilien, Verbundstoffe, Klärschlamm und MBA Output. Diese sind teilweise separat in der Abfallstatistik ausgewiesen, allerdings enthält die Statistik auch eine deponierte Menge an gemischten Siedlungsabfällen, die für die Berechnungen in die oben genannten Fraktionen aufgeteilt werden muss. Zu diesem Zweck wurden zahlreiche Studien zur Abfallzusammensetzung der gemischten Siedlungsabfälle ausgewertet, um die Abfallfraktionen (Organik, Garten- und Parkabfälle, Papier, Holz, Windeln und Textilien, Verbundstoffe) im historischen Verlauf zu bestimmen. In den Jahren 1980 und 1985 wurde die Abfallzusammensetzung der gemischten Abfälle für das gesamte Gebiet der ehemaligen Bundesrepublik ermittelt (UBA 1983, 1986). Für den nachfolgenden Zeitraum gibt es eine sehr große Zahl an einzelnen Studien einzelner Städte, Landkreise oder Bundesländer, die teilweise bereits in übergreifenden Studien ausgewertet und zusammengefasst wurden. Aus diesen Angaben wurden Zeitreihen der Abfallzusammensetzung zwischen 1980 und 2013 bestimmt (siehe Abbildung 76). Eine solche Auswertung vorhandener Studien wurde sowohl für Hausmüll, als auch für hausmüllähnliche Gewerbeabfälle und für Sperrmüll durchgeführt, die in den nationalen Statistiken getrennt ausgewiesen werden. Für die Abfallzusammensetzung der neuen Bundesländer wurden die Angaben aus LALE (2000) für die 80er Jahre der ehemaligen DDR übernommen (Zusammensetzung des Hausmülls: 28 % Vegetabilien, 14 % Papier/Pappe, 2,3 % Holz, Gummi, Verbundstoffe, 3 % Textilien; der Hausmüll machte aber nur 16 % der gesamten deponierten Abfallmengen aus). Die deponierten Siedlungsabfälle in der ehemaligen DDR sind durch einen geringeren Anteil an biologisch abbaubaren Materialien und durch hohe anorganische Fraktionen (vor allem Asche aus dem Hausbrand) charakterisiert. Nahrungsmittelabfälle wurden gesammelt und als Futtermittel verwertet, deren Verfügbarkeit während bestimmter Zeiträume knapp war. Papier wurde gesammelt und war ebenfalls eine knappe Ressource. Holz und Papier wurden häufig in Öfen zu Heiz- und Kochzwecken verfeuert. Das SERO-Verwertungssystem erfasste effizient den relativ geringen Anteil an Kunststoffverpackungen, Glas gab es in Pfandsystemen bzw. wurde ebenfalls gesammelt. Insgesamt war die Ökonomie der ehemaligen DDR vor allem durch die Knappheit von Ressourcen gekennzeichnet, was zu einer effizienten Abfallverwertung führte. Die deponierten Abfallmengen der Haushalte bestanden zu großen Anteilen aus Asche aus dem Hausbrand. Im Jahr 2014 wurde die bisherige Auswertung an Studien zur Abfallzusammensetzung überprüft und neuere Studien über die Restmüllzusammensetzung für den Zeitraum 2006 bis 2013 recherchiert (6 Studien) und ausgewertet. Diese neueren Studien bestätigten die bisherigen Annahmen zur Zusammensetzung der gemischten Müllfraktionen, so dass diese konstant fortgeschrieben wurden. Nachdem nach 2005 die Deponierung von gemischtem Siedlungsabfällen durch die gesetzlichen Veränderungen sehr stark zurückgegangen sind (von 5,8 Mio. Tonnen im Jahr 2004 auf 2000 Tonnen im Jahr 2013) ist die genaue Erfassung der Restmüllfraktionen für den Zeitraum ab 2005 auch weniger relevant und es wurden von Bund, Ländern, Landkreisen und Städten eine geringere Zahl von Untersuchungen zur Zusammensetzung in Auftrag gegeben.

## Zusammensetzung des Hausmülls

gasbildungsrelevant

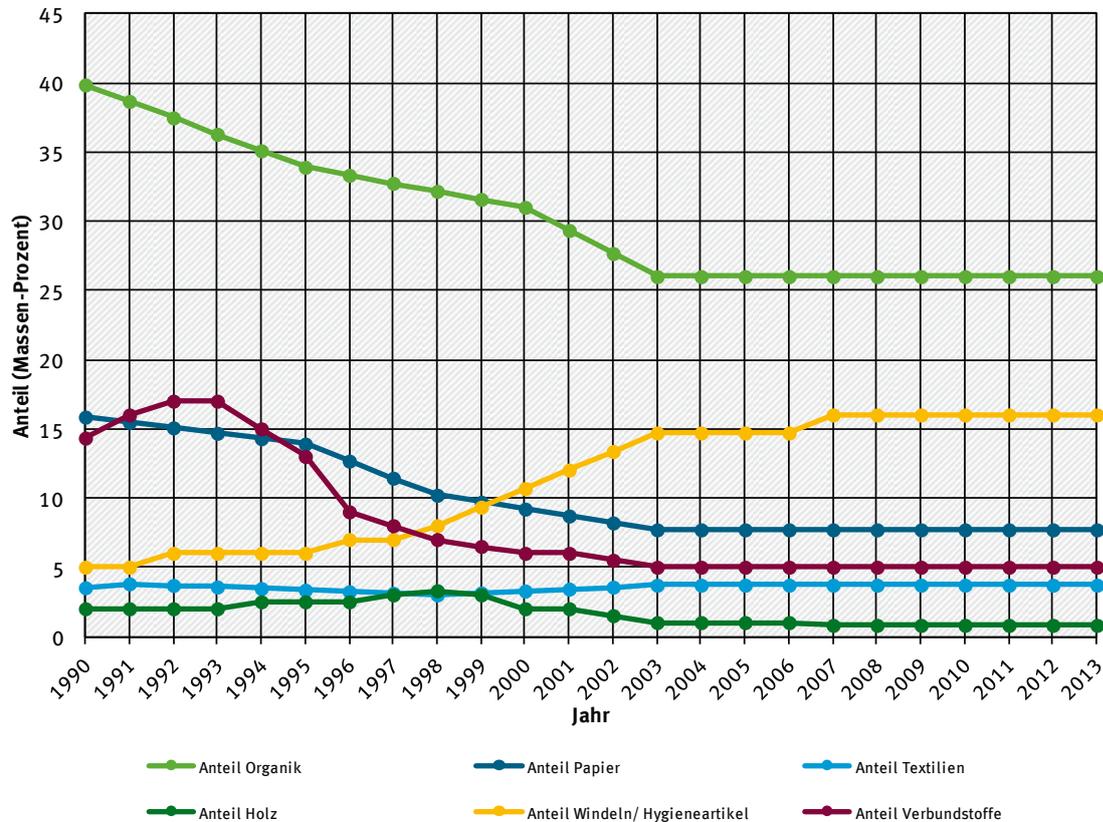


Abbildung 76: Trend in der Zusammensetzung des Hausmülls zwischen 1990 und 2013

Die auf Deponien abgelagerten Abfallmengen werden vom Statistischen Bundesamt getrennt nach Abfallschlüssel erfasst. Für die Emissionsberechnung werden alle Abfallarten, die zur Deponiegasbildung beitragen können, einbezogen und jede Abfallart getrennt auf die Abfallzusammensetzung beurteilt. In Tabelle 394 sind alle für die Deponiegasbildung relevanten Abfälle enthalten, für die Bau- und Abbruchabfälle sind die Holzfraktionen berücksichtigt. Die gefassten Deponiegasmengen beruhen auf Daten der offiziellen Statistik.

Seit dem 1. Juni 2005 dürfen in Deutschland nur noch Abfälle mit einem Gesamtkohlenstoffgehalt < 3 % und mechanisch-biologisch behandelte Siedlungsabfälle abgelagert werden. Die nach diesem Zeitpunkt abgelagerten Abfallmengen sind stark zurückgegangen und tragen nur noch in sehr geringem Maße zur Gasbildung bei. Tabelle 394 beschreibt die Entwicklung der Mengen der biologisch abbaubaren Abfälle, die deponiert wurden. Gegenüber 2009 verringern sich die biologisch abbaubaren Abfallfraktionen weiter. Für 2014 liegen noch keine Daten vor. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Abfallmengen und –zusammensetzungen gegenüber 2013 konstant sind.

Tabelle 394: Mengen an biologisch abbaubaren Abfällen, die zwischen 2002 und 2014 deponiert wurden, aufgeteilt nach Abfallfraktionen

Abfallfraktion	Einheit	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Organik	1000 t	2,513	2,064	1,831	813	28	13	12	5
Garten- und Parkabfälle	1000 t	43	43	49	26	19	25	23	1
Papier	1000 t	1,191	1,095	974	426	10	5	6	6
Windeln und Textilien	1000 t	1,856	1,720	1,276	519	30	13	13	5
Holz	1000 t	860	709	529	238	10	11	5	1
Verbundstoffe	1000 t	481	398	349	155	5	2	2	1
Klärschlamm	1000 t	369	308	624	634	130	129	133	31
MBA Output	1000 t	1,226	1,108	990	1,170	1,177	1,266	1,253	1,113
Abfallfraktion	Einheit	2010	2011	2012	2013	2014			
Organik	1000 t	6	5	0	0	0			
Garten- und Parkabfälle	1000 t	0	0	0	0	0			
Papier	1000 t	7	6	2	4	4			
Windeln und Textilien	1000 t	5	5	2	2	2			
Holz	1000 t	0	0	3	3	0			
Verbundstoffe	1000 t	1	1	0	0	0			
Klärschlamm	1000 t TM	27	34	67	25	25			
MBA Output	1000 t	991	934	764	692	692			

In der Inventarüberprüfung in 2010 verlangte das Überprüfungssteam, dass auch CH<sub>4</sub> – Emissionen aus deponierten MBA-Reststoffen in die Berechnung der Emissionen aus der Deponierung einbezogen werden sollten. Diese Fraktion wurde inzwischen einbezogen, es gibt jedoch weder eine eindeutige Methode, noch geeignete nationale Parameter für diese Abfallkategorie. Es liegen auch noch keine Ergebnisse über das Verhalten von deponierten MBA-Abfällen aus der realen Deponierung vor, sondern lediglich Laborergebnisse, so dass diese Ergebnisse mit sehr hohen Unsicherheiten behaftet sind. Das Verfahren der mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) wird in Kapitel 7.5.2 beschrieben.

2011/12 wurde die Restgasemissionen aus der Ablagerung mechanisch-biologische behandelte Abfälle in einem Sachverständigengutachten (IFAS, 2012) quantifiziert. Das Gutachten bestätigt, die bislang in der Emissionsberechnung angesetzten geringen Emissionsbeiträge aus der Ablagerung der MBA Abfälle.

Entsprechend der Empfehlungen aus der Inventarüberprüfung 2010 (Paragraph 146, FCCC/ARR/2010/DEU) werden seit der Berichterstattung 2011 zusätzliche Informationen zur Verfügung gestellt. Tabelle 395 stellt die deponierte Abfallmenge pro Kopf und Tag zwischen 1990 und 2013 dar. Diese Werte entsprechen nicht der Pro-Kopf-Rate des Abfallaufkommens, die als weitere Information in den CRF-Tabellen berichtet werden soll. Letztere umfasst das Gesamtaufkommen des Hausmülls unter Berücksichtigung aller Entsorgungspfade und wird für die kommende Berichterstattung berechnet werden.

In Deutschland hat die Deponierung von Siedlungsabfällen seit 2005 sehr stark abgenommen; dieser Trend spiegelt sich auch in der Pro-Kopf-Rate des deponierten Hausmülls wider.

Tabelle 395: Pro-Kopf-Mengen an deponierten Hausmüll

	Einheit	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Deponierte Abfallmenge pro Kopf	kg/Kopf/Tag	1,612	0,851	0,546	0,507	0,440	0,387	0,334
	Einheit							
Deponierte Abfallmenge pro Kopf	kg/Kopf/Tag	0,178	0,050	0,053	0,043	0,040	0,040	0,040
	Einheit	2012	2013	2014				
Deponierte Abfallmenge pro Kopf	kg/Kopf/Tag	0,031	0,028	0,028				

Tabelle 396: Pro-Kopf Mengen an Siedlungsabfall

	Einheit	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Aufkommen an Siedlungsabfällen pro Kopf	kg/Kopf/Tag	1,707	1,802	1,802	1,752	1,647	1,608	1,547
	Einheit	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Aufkommen an Siedlungsabfällen pro Kopf	kg/Kopf/Tag	1,545	1,596	1,616	1,623	1,650	1,713	1,693
	Einheit	2013	2014					
Aufkommen an Siedlungsabfällen pro Kopf	kg/Kopf/Tag	1,693	1,693					

### 7.2.1.2.3 F (Methankorrekturfaktor)

Abfälle wurden bis zur Schaffung des ersten Abfallgesetzes 1972 zumeist auf ungeordnete Deponien gebracht, die nach 1972 geschlossen wurden. Nach 1972 wurden die Abfälle auf geordnete Deponien verbracht. Für den MCF wurde daher für die ABL der Default-Wert von 0.6 für „nicht zugeordnete Deponien“ angenommen, nach 1972 ein MCF von 1.

Für das Gebiet der ehemaligen DDR liegt eine Erhebung aus dem Jahre 1989 vor, nach der 120 geordnete Deponien, ca. 1000 kontrollierte Ablagerungen und ca. 10.000 wilde Müllkippen erfasst wurden (MNUW, 1990). Von den rund 13.000 Ablagerungsstandorten waren 11.000 für Hausmüll und 2.000 für industrielle Abfälle, letztere waren überwiegend betriebseigene Anlagen (BMU, 1990: S. 28). Für das Gebiet der ehemaligen DDR wurde daher für den Zeitraum von 1970 bis 1990 ein MCF von 0.6 (Default für nicht zugeordnete Deponien) angenommen. Mit der Wiedervereinigung wurde das bundesdeutsche Abfallgesetz auf die Gebiete der NBL ausgedehnt und Übergangsregelungen stellten sicher, dass sowohl stillgelegte als auch in Betrieb befindliche Anlagen, in denen Abfälle erzeugt oder entsorgt wurden bzw. werden, erfasst wurden und dass erforderliche Sanierungsmaßnahmen eingeleitet wurden. (BMU, 1990: S. 46) Wilde Mülldeponien wurden 1990 geschlossen, weiter zu betreibende Anlagen wurden gesichert, saniert und nach Standard des bundesdeutschen Abfallrechtes ausgebaut sowie neue Standorte für neu zu errichtende Anlagen gesucht. Ab dem Jahr 1990 erfasst das Statistische Bundesamt beide Gebietsteile. Für die Berechnung wird nach 1990 ein MCF von 1 für das gesamte Bundesgebiet angenommen.

### 7.2.1.2.4 DOC

Für DOC, den Anteil des abbaubaren organischen Kohlenstoffs im Abfall, werden nationale Daten sowie Default-Faktoren des IPCC verwendet. Eine Übersicht über die verwendeten DOC-Werte ist in folgender Tabelle 397 enthalten.

Bezogen auf die Trockenmasse geben die 2006 IPCC Guidelines einen default DOC von 50% an, welcher rechnerisch einem Trockenmassgehalt von etwa 10% entspricht. In Deutschland wurden zwischen den 1980er Jahren und 2005 nahezu ausschließlich mechanisch entwässerte Klärschlämme mit einem Trockenmassegehalt von etwa 30% abgelagert. Auf Basis des Trockenmassegehaltes der Gesamtmenge der historisch deponierten kommunalen und industriellen Klärschlämme wurde daraus ein gewichteter DOC Mittelwert von 15% abgeleitet. Seit dem 1. Juni 2005 dürfen in Deutschland nur noch Abfälle mit einem Gesamtkohlenstoffgehalt < 3 % auf Deponien abgelagert werden. Dies gilt auch für Klärschlamm, so dass ab 2006 mit einem DOC von 3% gerechnet wird, weil Klärschlamm nur noch nach entsprechender Vorbehandlung deponiert werden kann oder wenn entsprechend niedrige Kohlenstoffgehalte für industrielle Abwässer nachgewiesen werden.

Für Klärschlamm wurde im Inventar 2015 ein Fehler in den Berechnungen korrigiert, der zu deutlich geringen Emissionsmengen für frühere Jahre in der Zeitreihe führte als in den vorangegangenen Inventaren.

Tabelle 397: Verwendete DOC-Werte

Fraktion	DOC	Quelle
Organik	18%	Verschiedene nationale Studien weisen höhere DOC- Gehalte als der IPCC default aus
Garten- und Parkabfälle	20%	Nationaler Wert
Papier und Pappe	40%	IPCC Default
Holz und Stroh	43%	Nationaler Wert liegt etwas höher als IPCC default
Textilien	24%	Nationaler Wert
Windeln	24%	Nationaler Wert
Verbundstoffe	10%	Nationaler Wert
Klärschlamm	15%	Rechnerisch aus IPCC default für Klärschlamm, bezogen auf Trockenmasse, ermittelt; nach 2006 wird ein DOC von 3% angenommen
MBA Abfälle	0.1%	Nationaler Wert (10 % des durchschnittlichen DOCs der deponierten Fraktionen aus dem aktuellen Jahr)

#### 7.2.1.2.5 $DOC_F$

$DOC_F$ , der Anteil des in Deponiegas umwandelbaren DOC, wird für Siedlungsabfall mit 50 % angenommen, was auf einer nationalen Studie (RETTENBERGER et al, 1997: S. 277) basiert. Dieser Wert liegt im Rahmen der IPCC Defaults von 0.5.

#### 7.2.1.2.6 $F = \text{Anteil des } CH_4 \text{ am Deponiegas}$

Für F wird 49% angenommen. Dieser Wert basiert auf Daten des Statistischen Bundesamtes für die Jahre 2004 bis 2012. Diese Daten basieren auf den statistischen Angaben aller berichtspflichtigen Deponien zur Gaszusammensetzung.

In früheren Inventarberichten (bis einschließlich NIR 2014) wurde der  $CH_4$ -Anteil im Deponiegas mit 50 % angesetzt; im NIR 2015 wird dieser Parameter auf 49 % herabgesetzt, um den neuen statistischen Daten zu entsprechen.

Tabelle 398: Anteil  $CH_4$  am Deponiegas

	2004	2006	2008	2010	2012
Anteil $CH_4$ am Deponiegas	49%	50%	49%	48%	48%

Quelle: STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 19, reise 1, 2012, Tabelle 1.5

#### 7.2.1.2.7 $\text{Halbwertszeit}$

Das Berechnungsmodell ist ein Multi-Phasen-Modell, das die unterschiedlichen Halbwertszeiten der verschiedenen Abfallfraktionen berücksichtigt. Tabelle 399 dokumentiert die verwendeten Halbwertszeiten sowie die Methanerzeugungsrate für die Abfallfraktionen. Um der Empfehlung aus der Inventarüberprüfung in 2010 zu entsprechen (Paragraph 146, FCCC/ARR/2010/DEU), wurden für die Berichterstattung ab 2011 zusätzliche Informationen aufbereitet. Die konstante Methanerzeugungsrate, die in der FOD-Methode auftaucht, entspricht der Zeit, die für die Zersetzung des abbaubaren organischen Kohlenstoffs im Abfall auf die Hälfte seiner Ausgangsmasse benötigt wird. Sie kann daher aus den jeweiligen

Halbwertszeiten der unterschiedlichen Fraktionen entsprechend Gleichung 49 abgeleitet werden.

Gleichung 49: (2006 IPCC Guidelines)

$$k = \ln 2 / t_{1/2}$$

Tabelle 399: Halbwertszeiten und konstante Methanerzeugungsrate der Abfallfraktionen

Abfallart	Halbwertszeit (Jahre)	CH <sub>4</sub> Erzeugungsrate (k-Wert)
Nahrungsmittelabfälle	4	0,173
Garten/Parkabfälle	7	0,099
Papier / Pappe	12	0,058
Holz	23	0,030
Textilien / Windeln	12	0,058
Verbundstoffe	12	0,058
Klärschlamm	4	0,173
MBA-Abfälle	12	0,058

### 7.2.1.2.8 Deponiegasnutzung

Mit der TA Siedlungsabfall von 1993<sup>137</sup> wurde die Gasfassung auf den Siedlungsabfalldeponien Teil der Genehmigungsvoraussetzung. In der Neufassung des Umweltstatistikgesetzes in 2005 wurde verankert, dass das Statistische Bundesamt künftig die Deponiegaserfassung in seinen Umfragen berücksichtigt und veröffentlicht. Für die Jahre 2004, 2006 und 2008 wurden in der Fachserie 19 vom 12.07.2012 nur Daten zur Deponiegasfassung und -nutzung auf Deponien in der Ablagerungs- und Stilllegungsphase veröffentlicht. Daten zur Gasfassung für den gesamten Deponiebestand, d.h. einschließlich der Deponien in der Nachsorgephase wurden erstmals für das Jahr 2010 erhoben und bislang für die Jahre 2010 und 2012 berichtet.

In der Berichtserstattung der letzten Jahre (bis einschließlich NIR 2012) wurden bei der Ermittlung der gesamten gefassten Deponiegasmengen - aufgrund der oben beschriebenen Datenlücken - Daten aus dem Energiesektor und der Fachserie 19 zusammengeführt. Die Ergebnisse der Datenerhebung über den gesamten Deponiebestand für die Jahre 2010 und 2012 zeigen, dass hierbei die gefassten Deponiegasmengen der Deponien der Nachsorgephase deutlich überschätzt wurden. Daher mussten die gefassten Deponiegasmengen und damit verbundenen Methanemissionen der Deponien für die vergangenen Jahre in einer Rückrechnung korrigiert werden. Die in Tabelle 17 gelisteten gefassten Methanmengen beinhalten die energetisch genutzten und die abgefackelten Deponiegasmengen.

Da die Treibhausgas-Emissionen aus der Kategorie Deponiegas-Fackeln in 5.A weniger als 0.05 % des Gesamtinventars (ohne LULUCF) darstellen und 500 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalente nicht überschreiten würden (Erfassungsuntergrenzen gemäß FCCC/SBSTA/2013/L.29/Add.1) und eine jährliche Erfassung nicht gewährleistet werden kann (gemäß FCCC/SBSTA/2013/L.29/Add.1, para 37), wird auf eine entsprechende Berichterstattung verzichtet (IPCC Guideline, 2006). Eine einmalig durchgeführte quantitative Abschätzung der somit nicht im Inventar berücksichtigten Emissionen aus Deponiegas-Fackeln ergibt eine

<sup>137</sup> Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von >Siedlungsabfälle (Dritte Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz) vom 14. Mai 1993

Menge von etwa 0,6 t CO<sub>2</sub>-äquivalent. Eine Zusammenstellung aller als not estimated erfasster Quellen erfolgt darüber hinaus in Annex 5 (Anhang-Kapitel 21) dieses Berichtes.

Tabelle 400: Methanfassung auf Deponien

Jahr	Methanbildung in Gg	NIR 2012		NIR 2015				
		Gefasste Methanmenge in Gg	Erfassungsrate in %	Methanbildung in Gg	Gefasste Methanmenge in Gg		Gesamtmenge	Erfassungsrate in %
				Ablagerungs- u. Stilllegungsphase	Nachsorgephase			
1990	2.169	126	5,8	1.581			92	5,8
1991	2.228	136	6,1	1.681			103	6,1
1992	2.246	146	6,5	1.736			113	6,5
1993	2.223	156	7,0	1.751			123	7,0
1994	2.167	166	7,7	1.735			133	7,7
1995	2.095	176	8,4	1.703			143	8,4
1996	2.008	190	9,5	1.657			157	9,5
1997	1.906	260	13,6	1.597			218	13,6
1998	1.801	280	15,5	1.528			238	15,5
1999	1.703	349	20,5	1.461			242	16,6
2000	1.611	352	21,8	1.395			246	17,6
2001	1.520	356	23,4	1.326			247	18,7
2002	1.441	360	25,0	1.262			249	19,7
2003	1.355	363	26,8	1.196			248	20,8
2004	1.280	425	33,2	1.133	236	11	247	21,8
2005	1.202	447	37,2	1.070			247	23,0
2006	1.120	460	41,1	996	231	11	242	24,3
2007	1.026	445	43,4	916			220	24,1
2008	943	374	39,7	845	190	11	201	23,8
2009	874	358	41,0	781			191	24,4
2010	816	347	42,5	723	171	11	181	25,0
2011	752			671			167	24,9
2012	624			624	140	14	154	24,7
2013	582			582			144	24,7
2014	543			543			134	24,7

kursiv: Daten des Statistischen Bundesamtes (Fachserie 19, Reihe 1, 2012 vom 29. Juli 2014)

Da nur für einzelne Jahre offizielle Statistische Daten vorliegen mussten für die Rückrechnung Datenlücken durch Extrapolation und qualifizierte Schätzungen geschlossen werden.

Für die Jahre bis einschließlich 1998 wurden prozentualen Gaserfassungsraten aus früheren Schätzungen weiter verwendet (Quellen und Datenherleitung siehe NIR 2012) und die gefasste Methanmenge aus der Methanbildung und der jeweiligen prozentualen Erfassungsrate berechnet.

Für die Jahre 1999 bis 2003 wurden die prozentualen Erfassungsraten zwischen den Werten aus 1998 (alter Ansatz) und 2004 interpoliert. Die gefasste Methanmengemenge wurde aus der gesamten Methanbildung und der jeweiligen prozentualen Erfassungsrate berechnet.

Für die Jahre 2004, 2006 und 2008 liegen STBA-Daten nur für Deponien in der Ablagerungs- und Stilllegungsphase vor. Für die Ermittlung der gesamten gefassten Methanmengen aller Deponien wurden die für 2010 ermittelten Methanmengen aus Deponien der Nachsorgephase und zu den Jahreswerten für 2004, 2006 und 2008 addiert.

Für die Jahre 2010 und 2012 liegen vollständige Daten des statistischen Bundesamtes für die Deponiegasfassung aller Deponien vor. Für die Jahre 2005, 2007, 2009 und 2011 liegen keine

Daten zu den gefassten Deponiegasmengen vor, da diese Datenerhebung durch das statistische Bundesamt nur in jedem zweiten Jahr erfolgt. Die prozentualen Deponiegaserfassungsraten wurden aus diesem Grunde zwischen dem vorhergehenden und dem nachfolgenden Jahr interpoliert und gefassten Gasmengen aus der Gasbildung und der prozentualen Erfassungsrate berechnet. Für 2013 und 2014 wurde in diesem Ansatz die prozentuale Erfassungsrate aus 2012 übernommen.

#### **7.2.1.2.9 Oxidationsfaktor**

Für den Faktor zur Bestimmung des Anteils an CH<sub>4</sub>, der in der Deponiedeckschicht oxidiert wird, wurde der IPCC-Default-Wert von 0.1 für die gesamte Zeitreihe angenommen. In den frühen 90er Jahren ist zwar einerseits ein höherer Anteil an ungeordneten Deponien aus der ehemaligen DDR zu erwarten, aus einem Forschungsprojekt wurden jedoch für die Deponien der ehemaligen DDR ein nur geringes CH<sub>4</sub>-Bildungspotential nachgewiesen, so dass für diesen Zeitraum ebenfalls der Faktor 0,1 verwendet wurde (BMBF, 1997).

#### **7.2.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.A.1)**

Die Unsicherheiten der Methode wurden für den NIR 2006 erstmals abgeschätzt.

Über den langen Zeitraum von dreißig Jahren der Aktivitätsdaten entstehen zwangsläufig Inkonsistenzen der Zeitreihen, da im Laufe der Zeit mehrfach die Abfallkategorien und die Art der Befragung verändert wurde, da die Gesetzgebung und die Abfallstatistik weiterentwickelt wurden. In Deutschland ergeben sich besondere Probleme vor allem durch die deutsche Wiedervereinigung und die Zusammenführung zweier verschiedener Wirtschafts- und statistischer Systeme. Daher mussten mit erheblichem Aufwand die Konsistenz der Daten und die Zuordnung zu den berichteten Kategorien überprüft werden, um einen möglichst konsistenten Zeitverlauf zu erhalten.

#### **7.2.1.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.A.1)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die gewählten Parameter wurden mit den Daten anderer Staaten verglichen.

Bei der Dateneingabe wurde die korrekte Eingabe unter anderem über die Kontrolle der Summenwerte überprüft, verschiedene Abfallkategorien wurden nur zu Zwecken der Überprüfung der korrekten Dateneingabe mitgeführt.

Das bisher verwendete nationale Berechnungsmodell wurde durch das FOD-Modell des IPCC überprüft, indem dort die gleichen Parameter und nationalen Daten eingegeben wurden. Es wurde das gleiche Ergebnis erzielt.

#### **7.2.1.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (5.A.1)**

Bei der Erarbeitung des NIR 2015 lagen offizielle statistische Daten für die abgelagerten Abfallmengen nur bis zum Jahr 2012 vor, die Abfallmengen für die Jahre 2012 und 2013 wurde aus diesem Grunde als konstant angesetzt. Mit der Fachserie 19 vom 27. Juli 2015 wurden

die Abfalldaten für das Jahr 2013 veröffentlicht. Auf der Basis dieser Daten erfolgte eine Rückrechnung für das Jahr 2013.

### 7.2.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.A.1)

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 7.3 Bioabfallbehandlung (5.B)

In der Kategorie 5.B werden die Emissionen aus Kompostierungsanlagen (5.B.1) und aus der Vergärung von Bioabfall in Biogasanlagen (5.B.2) berichtet.

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	5.B. Biological treatment of solid waste	0	CH <sub>4</sub>	25,3	0,00%	711,9	0,08%	2709,3%
-/-	5.B. Biological treatment of solid waste	0	N <sub>2</sub> O	16,0	0,00%	311,4	0,04%	1850,4%

Die Kategorie *Bioabfallbehandlung* ist keine Hauptkategorie.

### 7.3.1 Bioabfallbehandlung - Kompostierungsanlagen (5.B.1)

#### 7.3.1.1 Beschreibung der Kategorie (5.B.1)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS

In der Bundesrepublik werden jährlich zunehmende Anteile der biologisch abbaubaren Abfälle getrennt gesammelt und behandelt. Komposte und Gärreste, die aus diesen getrennt gesammelten Küchen- und Grünabfällen erzeugt werden, werden anschließend in der Landwirtschaft oder im Gartenbau verwertet. Im Inventarbericht 2006 wurde erstmals über CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Behandlung von Bioabfällen in Kompostierungsanlagen berichtet und eine vollständige Zeitreihe dieser Emissionen berechnet. Mit dem NIR 2015 wurde die Berichterstattung an die 2006 IPCC Guidelines angepasst.

#### 7.3.1.2 Methodische Aspekte (5.B.1)

Über Lachgasemissionen aus der Kompostierung von Küchen- und Grünabfällen wird entsprechend den IPCC Guidelines 2006 berichtet. Allerdings werden eigene nationale Emissionsfaktoren verwendet, die Ergebnisse eines Forschungsprojektes sind. Auch für die Methanemissionen wurden in diesem Forschungsprojekt Emissionsfaktoren ermittelt. Es mussten daher keine gebildeten und verwerteten Methanmengen miteinander verrechnet werden. Die Berechnung der Methan- und Lachgasemissionen erfolgt nach folgender Formel:

$$E = M * EF$$

E = Emissionen in kg

M = Masse Bioabfall in Gg (1000 t)

EF = g/t (kg/Gg)

## Aktivitätsdaten

Die in Kompostierungsanlagen verwerteten Abfallmengen werden seit 1980 regelmäßig vom Statistischen Bundesamt erhoben und veröffentlicht (STBA, Fachserie 19, Reihe 1 vom 27. Juli 2015). Hierfür findet eine Totalerhebung bei den Abfallbehandlungsanlagen statt.

Die Aktivitätsdaten für das aktuelle Berichtsjahr müssen geschätzt werden, da die offizielle Abfallstatistik mit einem Jahr Verzug erscheint. Zur Abschätzung wird die Abfallmenge vom vorhergehenden Jahr unverändert fortgeschrieben. Die Schätzung wird im jeweils folgenden Jahr durch die statistisch erhobene Zahl ersetzt. Regelmäßige Rückrechnungen sind daher jährlich für das vorvergangene Jahr erforderlich.

Tabelle 401: In Bioabfallkompostierungsanlagen eingesetzte Abfallmengen

[in 1000 t]	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>Kompostierung</b>	724	1.515	1.956	2.397	3.783	5.168	6.554	7.214	7.320	7.964
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Kompostierung</b>	9.030	8.562	9.459	9.200	8.981	8.886	8.754	9.115	8.895	8.728
	2010	2011	2012	2013	2014					
<b>Kompostierung</b>	8.609	8.793	8.886	8.977	8.977					

## Emissionsfaktoren

Für die Kompostierung von Bioabfällen wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes Emissionsfaktoren ermittelt (Cuhls et al. 2015). Im Rahmen dieses Projektes wurden sowohl für Methan als auch für Lachgas und Ammoniak Emissionsmessungen an 19 Kompostierungsanlagen durchgeführt. Aus den Messergebnissen und den Ergebnissen von Literaturrecherchen wurden Emissionsfaktoren für den Anlagenbestand in Deutschland hochgerechnet.

Für die Kompostierung von Bioabfall wurden die folgenden Emissionsfaktoren ermittelt:

$$EF\text{-CH}_4 = 1.400 \text{ g CH}_4/\text{Mg Bioabfall}$$

$$EF\text{-N}_2\text{O} = 74 \text{ g N}_2\text{O}/\text{Mg Bioabfall}$$

Diese nationalen Emissionsfaktoren wurden für die Inventarberechnungen verwendet.

### 7.3.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.B.1)

#### Aktivitätsdaten

Die Unsicherheiten bei den kompostierten Abfallmengen werden als sehr gering (2 %) geschätzt, da es sich um eine Totalerhebung handelt, das Niveau der Berichterstattung gut ist und die Betreiber an einer guten Berichterstattung interessiert sind.

#### Emissionsfaktoren

Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren liegen hoch und hängen von der Art der Anlage der Zusammensetzung der Abfälle und der Wirkung der eingesetzten Biofilter ab. Die Angaben aus der Literatur und aus anderen Staaten schwanken sehr stark, so dass hier von einer Unsicherheit von +60 % bis -30 % für CH<sub>4</sub> und von mindestens +100 % bis -50 % für N<sub>2</sub>O ausgegangen wird.

### 7.3.1.4 **Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.B.1)**

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

### 7.3.1.5 **Kategoriespezifische Rückrechnungen (5.B.1)**

Die Aktivitätsdaten für das aktuelle Berichtsjahr müssen geschätzt werden, da die offizielle Abfallstatistik mit einem Jahr Verzug erscheint. Regelmäßige Rückrechnungen sind daher jährlich für das vorvergangene Jahr erforderlich.

### 7.3.1.6 **Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.B.1)**

Aktuell sind keine weiteren Verbesserungen geplant. Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 7.3.2 **Bioabfallbehandlung - Vergärungsanlagen (5.B.2)**

### 7.3.2.1 **Beschreibung der Kategorie (5.B.2)**

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS

In der Bundesrepublik werden jährlich zunehmende Anteile der biologisch abbaubaren Abfälle getrennt gesammelt und behandelt. Die unter 5.B.2 berichteten Emissionen stammen aus Bioabfallvergärungsanlagen die vor allem getrennt gesammelte Bioabfälle aus Haushalten, Speiseabfälle aus Kantinen und Restaurants sowie Bioabfälle aus der Lebensmittelproduktion und -verarbeitung vergären. Die Klärschlammfaulung ist nicht enthalten.

Die Vergärung wird gezielt zur Biogasgewinnung und damit zur Erzeugung eines Energieträgers betrieben (im Gegensatz zur Kompostierung). Aus diesem Grund wird ein Großteil des erzeugten Biogases energetisch verwertet und nur ein geringer Teil abgefackelt. Diese Gasmengen werden direkt an den Anlagen statistisch erfasst und in der Abfallstatistik dargestellt. Sie müssen nicht berechnet werden. Die Emissionsfaktoren dienen nur zur Berechnung der emittierten Methanmengen aus dem Betrieb der Vergärungsanlagen. Im ZSE gibt es je eine Zeitreihe für verwertetes, abgefackeltes und emittiertes Methan. Die Methanemissionen aus der Verbrennung des Biogases zur Energiegewinnung werden im Energiesektor berichtet.

Komposte und Gärreste, die aus diesen getrennt gesammelten Küchen- und Grünabfällen erzeugt werden, werden anschließend in der Landwirtschaft oder im Gartenbau verwertet. Im Inventarbericht 2006 wurde erstmals über CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Behandlung von Bioabfällen in Kompostierungsanlagen berichtet und eine vollständige Zeitreihe dieser Emissionen berechnet. Seit 1998 wird auch die Vergärung von Bioabfällen in Biogasanlagen statistisch erfasst und gewinnt seitdem zunehmend an Bedeutung. Seit dem NIR 2015 wird daher in Übereinstimmung mit den 2006 IPCC Guidelines auch über die Biobfallvergärung in Biogasanlagen berichtet.

### 7.3.2.2 Methodische Aspekte (5.B.2)

Über Lachgasemissionen aus der Vergärung von Küchen- und Grünabfällen wird entsprechend den 2006 IPCC Guidelines berichtet. Allerdings werden eigene nationale Emissionsfaktoren verwendet, die Ergebnisse eines Forschungsprojektes sind. Auch für die Methanemissionen wurden in diesem Forschungsprojekt Emissionsfaktoren ermittelt. Es mussten daher keine gebildeten und verwerteten Methanmenge miteinander verrechnet werden. Die Berechnung der Methan- und Lachgasemissionen erfolgt nach folgender Formel:

$$E = M * EF$$

E = Emissionen in kg

M = Masse Bioabfall in Gg (1000 t)

EF = g/t (kg/Gg)

Daneben wird die aus der Bioabfallvergärung stammende energetisch genutzte Gasmenge und die abgefackelte Gasmenge berichtet, die seit 2004 direkt in der Abfallstatistik erfasst wird.

#### Aktivitätsdaten

Die in Bioabfallvergärungsanlagen verwerteten Abfallmengen werden seit 1998 regelmäßig vom Statistischen Bundesamt erhoben und veröffentlicht (STBA, Fachserie 19, Reihe 1 vom 27. Juli 2015). Hierfür findet eine Totalerhebung bei den Abfallbehandlungsanlagen statt. Die Aktivitätsdaten für das aktuelle Berichtsjahr müssen geschätzt werden, da die offizielle Abfallstatistik mit einem Jahr Verzug erscheint. Zur Abschätzung wird die Abfallmenge vom vorhergehenden Jahr unverändert fortgeschrieben. Die Schätzung wird im jeweils folgenden Jahr durch die statistisch erhobene Zahl ersetzt. Regelmäßige Rückrechnungen sind daher jährlich für das vorvergangene Jahr erforderlich.

Tabelle 402: In Bioabfallvergärungsanlagen eingesetzte Abfallmengen

[in 1000 t]	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Vergärung	0	0	0	0	0	0	0	0	411	821
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Vergärung	1.254	1.812	2.783	3.088	3.410	3.526	3.628	4.119	4.149	4.470
	2010	2011	2012	2013	2014					
Vergärung	4.398	5.370	6.094	5.681	5.681					

#### Emissionsfaktoren

Für die Vergärung von Bioabfällen wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes Emissionsfaktoren ermittelt (Cuhls et al. 2015). Im Rahmen dieses Projektes wurden sowohl für Methan als auch für Lachgas und Ammoniak Emissionsmessungen an 16 Vergärungsanlagen durchgeführt. Aus den Messergebnissen und den Ergebnissen von Literaturrecherchen wurden Emissionsfaktoren für den Anlagenbestand in Deutschland hochgerechnet.

Für die Vergärung von Bioabfall wurden die folgenden Emissionsfaktoren ermittelt:

$$EF\text{-CH}_4 = 2.800 \text{ g CH}_4/\text{Mg Bioabfall}$$

$$EF\text{-N}_2\text{O} = 67 \text{ g N}_2\text{O}/\text{Mg Bioabfall}$$

Diese nationalen Emissionsfaktoren wurden für die Inventarberechnungen verwendet.

### 7.3.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.B.2)

#### Aktivitätsdaten

Die Unsicherheiten bei den in Vergärungsanlagen behandelten Abfallmengen werden als sehr gering (2 %) geschätzt, da es sich um eine Totalerhebung handelt, das Niveau der Berichterstattung gut ist und die Betreiber an einer guten Berichterstattung interessiert sind. Dies gilt auch für die statistisch erhobenen verwerteten und abgepackelten Gasmengen aus Bioabfallvergärungsanlagen.

#### Emissionsfaktoren

Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren liegen hoch und hängen von der Art der Anlage der Zusammensetzung der Abfälle und der Wirkung der eingesetzten Biofilter ab. Die Angaben aus der Literatur und aus anderen Staaten schwanken sehr stark, so dass hier von einer Unsicherheit von +60 % bis -30 % für CH<sub>4</sub> und von mindestens +100 % bis -50 % für N<sub>2</sub>O ausgegangen wird.

### 7.3.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.B.2)

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

### 7.3.2.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (5.B.2)

Regelmäßige Rückrechnungen sind jährlich für das vorvergangene Jahr erforderlich, da die Aktivitätsdaten des Statistischen Bundesamtes mit einem Jahr Verzug erscheinen und das aktuelle Berichtsjahr deshalb geschätzt werden muss. Die Schätzung wird im jeweils folgenden Jahr durch die statistisch erhobene Zahl ersetzt.

### 7.3.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.B.2)

Aktuell sind keine weiteren Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 7.4 Abfallverbrennung (5.C)

Die Abfallverbrennung erfolgt in Deutschland vollständig unter energetischer Nutzung, weshalb die entstehenden Emissionen zur Vermeidung von Doppelzählungen im Energieteil (CRF 1.A.1.a, Kapitel 3.2.6) berichtet werden. Aufgrund der energetischen Nutzung fallen somit unter 6.C keine Emissionen aus der Abfallverbrennung an (NO). Lediglich die Emissionen von NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> und NMVOC aus Krematorien werden an dieser Stelle berichtet. Zur Berechnung dieser Emissionen werden die EF Default-Werte aus dem „EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013“ verwendet.

## 7.5 Abwasserbehandlung (5.D)

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-T	5.D.1 Wastewater Handling	Domestic Wastewater	CH <sub>4</sub>	1.765,7	0,14%	20,9	0,00%	-98,8%
-/-	5.D.1 Wastewater Handling	Domestic Wastewater	N <sub>2</sub> O	938,2	0,08%	413,0	0,05%	-56,0%
-/-	5.D.2 Wastewater Handling	Commercial Wastewater	N <sub>2</sub> O	31,6	0,00%	27,7	0,00%	-12,4%
-/-	5.D.2 Wastewater Handling	Commercial Wastewater	CH <sub>4</sub>	9,3	0,00%	42,3	0,00%	356,7%

Die Kategorie *Abwasserbehandlung - Kommunale Abwasserbehandlung* ist für CH<sub>4</sub>-Emissionen eine Hauptkategorie nach dem Trend. Aufgrund der seit 1990 sehr stark fallenden Emissionen und des dadurch erreichten sehr geringen Emissionsniveaus hat die Nationale Koordinierungsstelle aus Gründen der Ressourcenpriorisierung entschieden, die für Hauptkategorien vorgesehenen höheren Ansprüche an die Methodik für diese Kategorie nicht umzusetzen.

### 7.5.1 Kommunale Abwasserbehandlung (5.D.1)

#### 7.5.1.1 Methanemissionen der kommunalen Abwasserbehandlung (5.D.1 Abwasserbehandlung)

##### 7.5.1.1.1 Beschreibung der Kategorie (5.D.1 Abwasserbehandlung)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	NA	NA	NA
CH <sub>4</sub>	D/CS	NS	D/CS
N <sub>2</sub> O	D/CS	NS	D/CS

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen der kommunalen Abwasserbehandlung sind eine Hauptkategorie nach dem Trend.

Die kommunale Abwasserbehandlung in Deutschland erfolgt unter aeroben Bedingungen (kommunale Kläranlagen, Kleinkläranlagen), d. h. es treten keine Methanemissionen auf (MCF = 0). Methanemissionen können nur unter anaeroben Bedingungen entstehen.

Eine Ausnahme (0,7 %) (STBA 2013a) bildet die Behandlung der Abwassermengen von Einwohnern (human sewage), die nicht an die Kanalisation bzw. Kleinkläranlagen angeschlossen sind. Deren Abwasser wird bis zum Abtransport in eine Kläranlage in abflusslosen Gruben gesammelt. In abflusslosen Gruben können unkontrollierte Prozesse (teils aerob, teils anaerob) ablaufen, die zur Methanbildung führen. Die organische Fracht, die in abflusslose Gruben geleitet wird, reduzierte sich jedoch seit 1990 drastisch, da sich der Anschlussgrad an Kläranlagen stetig erhöht hat. Aus dieser Konstellation resultiert ein stark abfallender Trend der CH<sub>4</sub>-Emissionen dieses Sektors.

Zusätzlich wurde die bis Anfang der 90er Jahre in den neuen Bundesländern durchgeführte offene Schlammfäulung zur Schlammstabilisierung schrittweise reduziert und 1994 eingestellt (siehe Kapitel 7.5.1.2.1).

#### Geplante Verbesserungen

Bei der Berechnung der Emissionen aus der Abwasserbehandlung werden nur N<sub>2</sub>O-Emissionen aus den Belebbeckern bzw. dem Effluenten berichtet. Mögliche weitere, potentiell emissionsrelevante Behandlungsschritte, wie z.B. die Schlammbehandlung werden nicht

berichtet, da sie seitens der 2006 IPCC-Guidelines außerhalb der Betrachtung liegen und bisher auch keine Daten vorliegen.

Seit kurzem gibt es aber erste nationale Stichprobenuntersuchungen, die nahelegen, dass es bei verschiedenen Behandlungsschritten eventuell doch zu CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O Emissionen kommen könnte. Aus diesem Grund wurde in diesem Jahr ein Forschungsprojekt gestartet, dessen Ziel es ist, mögliche diffuse Emissionen über relevanten Anlagenteilen zu ermitteln. Hierzu sollen auf repräsentativen Abwasserbehandlungsanlagen Messungen der Gase CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und NH<sub>3</sub> (indirektes THG; da in geringerem Umfang atmosphärische Umwandlung zu N<sub>2</sub>O) durchgeführt werden. Mit Ergebnissen ist nicht vor Ende 2018 zu rechnen.

#### **7.5.1.1.2 Methodische Aspekte (5.D.1 Abwasserbehandlung)**

Die von IPCC vorgestellte Gleichung 6.1 (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6.2.2.) zur Berechnung von CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem kommunalen Abwasser ist in Deutschland nicht anwendbar. Von den in Tabelle 6.5 der IPCC-Guidelines (ebd.) vorgestellten Anteilen der Bevölkerung (fraction of population, U<sub>i</sub>) trägt, wie oben berichtet, nur eine einzige, extrem kleine und bezogen auf CH<sub>4</sub> nicht mit den Kläranlagen und der dortigen CH<sub>4</sub>-Gewinnung in Verbindung stehende Quellgruppe zu den berichteten CH<sub>4</sub>-Emissionen bei. Das Abwasser der anderen Anteile der Bevölkerung wird in Kläranlagen behandelt, die, wie eingangs berichtet, alle aerob betrieben werden, weshalb kein CH<sub>4</sub> entsteht. Gleichzeitig wird der Primär- und Sekundärschlamm zur CH<sub>4</sub>-Erzeugung in Faultürmen genutzt. Das entstehende Methan wird gefasst, wodurch die dabei produzierte CH<sub>4</sub>-Gesamtmenge weit über den hier berechneten CH<sub>4</sub>-Emissionen liegen und damit auch der aus der IPCC-Gleichung entstehende Wert negativ wäre. Der ausgefaulte Klärschlamm wird zudem erst danach z.B. in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau weiterverwertet, weshalb im Sinne der Guidelines nicht von „sludge removed“ gesprochen werden kann, da der Klärschlamm keinen BSB<sub>5</sub> mehr enthält (siehe auch Kapitel 7.5.1.2.1). Darüber hinaus sind die in Deutschland vorliegenden Werte für die an abflusslose Gruben angeschlossenen Personen sehr viel präziser, als die mit Tabelle 6.5 der Guidelines ableitbaren Werte für U<sub>i</sub> und T<sub>i,j</sub> (degree of utilisation of treatment system). Alles in allem ist die 2006 Guidelines-Methode viel zu eingeschränkt für die in Deutschland real vorliegende Situation.

Aus den beschriebenen Gründen wird anstelle der IPCC 2006 Gleichung nach der 1996 IPCC Methode verfahren, die allerdings um die Anforderungen der 2006 IPCC Guidelines ergänzt wurde.

Die organische Fracht der abflusslosen Gruben wird entsprechend der IPCC-Methode ermittelt, indem die an Gruben angeschlossenen Personen (P) mit der durchschnittlichen organischen Fracht pro Einwohner multipliziert wird. Für die durchschnittliche tägliche organische Fracht wird 60 g BSB<sub>5</sub> pro Einwohner angenommen (Gujer 2006)). Dabei handelt es sich um den für Deutschland spezifischen Wert, der zusätzlich aber auch europaweit als statistischer Mittelwert verwendet wird (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft 1991); ((91/271/EWG 1991)). Der IPCC Default Wert für Deutschland (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5., Kapitel 6, Tabelle 6.4) liegt mit 62 g in derselben Größenordnung.

Die Methanemissionen aus abflusslosen Gruben werden entsprechend der IPCC Methode ermittelt. Es wird der IPCC Default-Wert für das Methanbildungspotenzial (0,6 kg CH<sub>4</sub>/kg BSB<sub>5</sub>) verwendet.

Gemäß IPCC (ebd. Kapitel 6.1, Seite 6.7) ist die Höhe des Methankorrekturfaktors (MCF) temperaturabhängig. Bei Temperaturen unterhalb von 15°C findet demgemäß keine signifikante Methanproduktion statt.

Ausgehend von der langjährigen mittleren Bodentemperatur in Deutschland (DWD 2013) in 1 m Tiefe liegt in den Sommermonaten die gemittelte Bodentemperatur bei Werten zwischen 15 und 18°C. Eine Methanbildung ist in dieser Zeit somit möglich, da die Gruben durchschnittlich in einer Tiefe von etwa 0,5 - 2,5m liegen. Der MCF für diesen Zeitraum (etwa 3,5 Monate) wird in Anlehnung an (Gibbs and Woodbury 1993) konservativ auf 0,35 geschätzt. Für den Rest des Jahres liegen die Temperaturen teilweise signifikant unter der 15 °C-Grenze des IPCC. Sie sinken bis auf etwa 3,8 °C. Der MCF für diesen Zeitraum (etwa 8,5 Monate) wird in Anlehnung an (GIBBS AND WOODBURY 1993) auf 0,1 geschätzt. Da die Gruben zusätzlich regelmäßig zur Entsorgung des Abwassers in der Kläranlage geleert werden und demzufolge keine Sedimentation oder Schlammanreicherung stattfindet, wird davon ausgegangen, dass die verwendeten Werte realistisch bis konservativ einzuschätzen sind. Die beschriebenen Verhältnisse und die Temperaturverteilung im Boden ergeben einen mathematisch gemittelten MCF für Deutschland von 0,173.

Der MCF wird wie folgt ermittelt:

$$MCF = (0,35 * 3,5 \text{ Monate} + 0,1 * 8,5 \text{ Monate}) / 12 \text{ Monate}$$

Die Emissionen werden folgendermaßen berechnet:

$$CH_4 = BSB_{5\text{Jahr}} \times B_o \times MCF$$

$$BSB_{5Y} = P_{\text{Grube}} \times BSB_5 \times 365 \times 0,001$$

Wobei:

$$MCF = \text{Methankorrekturfaktor, } 0,173$$

$$B_o = \text{Default – max. } CH_4 \text{ Bildungskapazität, } 0,6 \text{ kg } CH_4 / \text{kg } BSB_5$$

$$P_{\text{Grube}} = \text{an Gruben angeschlossene Personen}$$

$$BSB_{5\text{Jahr}} = \text{BSB}_5 \text{ in g / Jahr}$$

$$BSB_5 = 60 \text{ g / Tag } \times \text{Person}$$

Eine Berechnung mit höheren Tiermethodens, wie für Hauptkategorien gefordert, ist nicht möglich, da die Stoffströme der abflusslosen Gruben nicht separat erfasst werden.

#### 7.5.1.1.3 **Unsicherheit und Zeitreihenkonsistenz (5.D.1 Abwasserbehandlung)**

Der MCF-Wert wurde an die klimatischen Verhältnisse (langjährige mittlere Bodentemperatur) in Deutschland angepasst. Die Unsicherheit des Wertes beträgt  $\pm 20\%$  (Expertenschätzung).

Desweiteren werden folgende Unsicherheiten verwendet (alle Expertenschätzung):

Einwohner mit abflusslosen Gruben	= $\pm 3\%$
BSB <sub>5</sub>	= $\pm 30\%$
B <sub>o</sub>	= $\pm 30\%$

Die Aktivitätsraten der organischen Fracht in abflusslosen Gruben basieren auf Angaben des Statistischen Bundesamtes (Fachserie 19 Reihe 2.1 und Fachserie 19 Reihe 2.1.3). Die Anzahl der Einwohner, die nicht an die öffentliche Kanalisation angeschlossen sind und deren Abwasser über abflusslose Gruben entsorgt wird, wird vom Statistischen Bundesamt alle drei

Jahre, ohne Angabe von Unsicherheiten, erhoben. Fehlende Jahre werden linear interpoliert, bzw. extrapoliert. Eine andere Datenquelle existiert nicht. Die Ergebnisse dieser Erhebungen sind, da es sich um eine Totalerhebung handelt, als sehr genau einzustufen.

Bis zum Jahr 1995 wurden die Daten für die alten und neuen Bundesländer getrennt ermittelt, seither wird ein gesamtdeutscher Wert bestimmt. Dies hat aber auf die Zeitreihenkonsistenz keine Auswirkung.

#### **7.5.1.1.4      *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.D.1 Abwasserbehandlung)***

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Die Tatsache, dass bei der aeroben Abwasserbehandlung in Kläranlagen keine Methanemissionen in nennenswertem Umfang entstehen, kann auch in anderen Ländern beobachtet werden (Eine aktuelle Auswertung konnte allerdings nicht erfolgen, da noch keine offiziellen Veröffentlichungen für 2015 vorliegen). Alternative Emissionsdaten für Deutschland sind nicht bekannt.

In Deutschland sind, wie oben schon erwähnt (Kapitel 7.5.1.1.1) 0,7% der Bevölkerung nicht an die Kanalisation angeschlossen und ihr Abwasser wird daher in abflusslosen Gruben gesammelt. Dieser Wert deckt sich recht gut mit den von IPCC (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6.2.2.3; Tabelle 6.5) für Deutschland vorgeschlagenen Werten für den Anteil der Landbevölkerung (rural population) und dem assoziierten Nutzungsgrad von septischen Systemen. Den Werten von IPCC folgend ergibt sich ein Wert von etwa 1,2% der Bevölkerung, deren Abwasser über septische Systeme geführt wird. Beide Werte liegen in der gleichen Größenordnung und zusätzlich recht nahe bei einander.

#### **7.5.1.1.5      *Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.1 Abwasserbehandlung)***

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **7.5.1.1.6      *Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.D.1 Abwasserbehandlung)***

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **7.5.1.2      *Methanemissionen der kommunalen Schlammbehandlung (5.D.1 Schlammbehandlung)***

#### **7.5.1.2.1      *Beschreibung der Kategorie (5.D.1 Schlammbehandlung)***

Die Behandlung von kommunalem Schlamm besteht in aller Regel aus zwei Behandlungsschritten:

- Entwässerung: maschinelle Verfahren (Kammerfilterpresse, Zyklon), Verdunstung in Schlamm-entwässerungsbecken oder Trockenbeeten
- Stabilisierung: Aerobe Stabilisierung (offenes Becken mit Sauerstoffeinleitung) oder anaerobe Stabilisierung im Faulturn;
- (Früher: Offene Schlammfäulung)

Bezogen auf die Einwohnerwerte stellt die maschinelle *Entwässerung* vor bzw. nach Behandlung im Faulturn derzeit das überwiegende Behandlungsverfahren dar (Ausnahme: kleine ländliche Kläranlagen). Dazu kommt, dass der Schlamm vor der weiteren Verwendung noch stabilisiert wird.

Die Schlammstabilisierung erfolgt, um eine unkontrollierte Fäulung zu verhindern. Bei Anlagen < 10.000 EW erfolgt diese in der Regel aerob unter Energieverbrauch, bei Anlagen > 30.000 EW hingegen erfolgt sie in der Regel anaerob unter Gewinn von Faulgas. Die Menge an Faulgas hängt insbesondere von der Zusammensetzung des Schlammes, der Temperatur sowie den Reaktionsbedingungen ab. Das entstehende Gas wird in der Regel energetisch in Blockheizkraftwerken (BHKW) genutzt und unter 1.A.1 berichtet. Bei Anlagen, für die die energetische Nutzung nicht wirtschaftlich ist, sowie bei technischen Störungen oder Überlastungen des BHKW, kann es jedoch zu einer Abfackelung des Faulgases kommen. Dabei gelangen Methanemissionen im nicht nennenswerten Umfang in die Umwelt ( $\leq 5\%$ ).

Bis Anfang der 90er Jahre wurde jedoch in den neuen Bundesländern zur Schlammstabilisierung offene Schlammfäulung betrieben, die zur Emission von Methan führte. Die offene Schlammfäulung hat aber heutzutage keine Relevanz mehr. Sie wurde schrittweise reduziert und 1994 eingestellt.

Die Emissionen der offenen Schlammfäulung sind jedoch auch heute noch der Grund, weshalb in den CRF unter diesem Punkt NO berichtet wird, anstelle von IE (für die energetische Nutzung unter 1.A.1 – siehe oben), denn bis einschließlich 1993 gab es diese Technik und die damit verbundenen Emissionen. Heutzutage gibt es sie in Deutschland nicht mehr – deshalb NO.

Der bei der Abwasserbehandlung entstehende Sekundär- (Überschussschlamm) sowie der Primärschlamm werden gemeinsam im Faulturn anaerob behandelt (ausgefäult; siehe oben) und damit anaerob stabilisiert. Dabei entsteht Faulschlamm, der nach weiterer Aufbereitung die Abwasserbehandlungsanlage als Klärschlamm verlässt. Mit diesem Verfahren ist sichergestellt, dass der Klärschlamm keine leicht biologisch abbaubaren Stoffe mehr enthält.

Der Klärschlamm sowie das behandelte Abwasser sind die Endprodukte der Abwasserbehandlung.

Der nach der biologischen Abwasserbehandlung anfallende Klärschlamm wird in Deutschland (ggf. nach der Entwässerung und Stabilisierung) den folgenden Entsorgungswegen zugeführt:

- Thermische Entsorgung: Es entstehen keine Methanemissionen. Die thermische Entsorgung erfolgt unter energetischer Nutzung und geht daher in CRF 1 ein.
- Stoffliche Verwertung: Zur stofflichen Verwertung des Klärschlammes zählen insbesondere die Verwertung in der Landwirtschaft laut Klärschlammverordnung sowie Nutzung bei landschaftsbaulichen Maßnahmen und Sonstigem. Die Emissionen der stofflichen Verwertung werden nicht unter der Abwasser- und Schlammbehandlung berichtet.

Tabelle 403: Verwertung von Klärschlamm

Klärschlamm	t Trockenmasse		
	2011	2012	2013
Gesamtmenge	1.950.126	1.846.441	1.794.734
<i>Thermische Entsorgung</i>	<i>1.067.431</i>	<i>1.008.830</i>	<i>1.034.771</i>
<i>stoffliche Verwertung</i>	<i>882.695</i>	<i>837.611</i>	<i>755.731</i>
- Landwirtschaft	567.187	544.065	491.327
- Landschaftsbauliche Maßnahmen	254.402	235.439	203.712
- Kompostierung			
- Sonstiges	61.106	58.107	60.692
- Deponie			
- sonstige direkte Entsorgung			4.232

Quelle: (STBA 2015a, Statistisches Bundesamt 22.05.2014) (STBA 2013b)

Die Aktivitätsraten der Klärschlammverwertung basieren auf Angaben des Statistischen Bundesamtes (Statistisches Bundesamt 2013). Dieser Bericht erscheint 3-jährlich. Für die Zwischenjahre wird auf die Veröffentlichung „Wasserwirtschaft Öffentliche Abwasserentsorgung Klärschlammbehandlung aus der biologischen Abwasserbehandlung“ (Statistisches Bundesamt, jährlich (STBA 2015a) (STBA 2015a, b)) (STBA 2015c) zurückgegriffen. Für die Zeit vor 1998 und die Jahre 1999-2000, 2002-2003 sowie 2005 existieren keine Daten. Eine Interpolation ist nicht möglich, da eine Summenbildung auf 100% aufgrund einer statistischen Umstellung ab 2007 nicht möglich ist (Wiechmann et al. 2013). Zahlen für das aktuelle Inventarjahr liegen zurzeit nicht vor. Für 2013 berichtete das Statistische Bundesamt zum ersten Mal unter „Stofflicher Verwertung“ „sonstige direkte Entsorgung“<sup>1</sup>.

Die Aktivitätsraten der Klärschlammverwertung für die Jahre vor 2011 können im NIR 2015 nachgeschlagen werden.

### 7.5.1.2.2 Methodische Aspekte (5.D.1 Schlammbehandlung)

#### 7.5.1.2.2.1 Faulgas

Wie oben beschrieben, wird das bei der Faulung entstehende Faulgas gefasst und zur Energieerzeugung verwendet. Der Gehalt an Methan im Faulgas beträgt annähernd 65 % (Schön et al. 1993). Die Ermittlung der Methanmenge im Rohgasvolumen (STBA 2015b) erfolgt auf folgende Weise:

$$M_{\text{Methan}} = V_{\text{Rohgas}} \times 0,65 \times \sigma \times 0,000001$$

Wobei:

$M_{\text{Methan}}$  = Masse erzeugtes Methan bei der Faulung (kt)

$V_{\text{Rohgas}}$  = Volumen erzeugtes Faulgas (m<sup>3</sup>)

0,65 = Umrechnungsfaktor Gehalt Methan im Faulgas

$\sigma$  = Dichte Methan (0,717 kg/m<sup>3</sup>) (v.Vogel and Synowietz 1974)

#### 7.5.1.2.2.2 Fackel (Verluste)

Bei der Gasfassung kann es bei technischen Schwierigkeiten, Havarien und dergleichen zu Fackelverlusten kommen, da für solche Fälle aus Sicherheitsaspekten eine Abfackelung vorgesehen ist. Gasfackeln sind ausschließlich als Notfackeln im Einsatz, z.B. auch für den Fall, dass Wartungsarbeiten am BHKW vorgenommen werden müssen. Die Gasfackeln werden so ausgelegt, dass sie im Notfall das gesamte anfallende Gas verbrennen können.

Die Gasmenge, die über die Gasfackeln geht, wird nicht erfasst. Da die Fackeln aber lediglich als Notfackeln verwendet werden, liegt die verbrannte Gasmenge nahe Null. Gasfackeln sind mit einer automatischen Zündung ausgerüstet, um in Störfällen sicher das anfallende Gas zu verbrennen. Methanemissionen aus Gasfackeln werden daher in Fachkreisen mit Null bewertet.

#### 7.5.1.2.2.3 Offene Schlammfäulung

Für die offene Schlammfäulung in den neuen Bundesländern wird ein Emissionsfaktor von 210 kg CH<sub>4</sub>/t TS angesetzt, basierend auf Ergebnissen der Studie (Schön et al. 1993)<sup>138</sup>. Die Aktivitätsraten für die Jahre 1990 bis 1992 wurden dem Umweltbundesamt persönlich durch den damaligen Hauptinspekteur der Wasseraufbereitungsbetriebe der DDR mitgeteilt

Vor dem Hintergrund, dass in der Bundesrepublik Deutschland die offene Schlammfäulung verboten ist, wurde diese Art der Behandlung in den neuen Bundesländern schrittweise zurückgeführt und ab dem Jahr 1994 eingestellt.

Die oben beschriebenen Daten für die Jahre 1990-1994 sind in tabellarischer Form letztmalig im NIR 2015 aufgeführt.

### 7.5.1.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D.1 Schlammbehandlung)

#### 7.5.1.2.3.1 Faulgas

Die Unsicherheiten bei der Ermittlung und Berechnung der Methanmenge werden wie folgt eingeschätzt (Expertenschätzung):

Erzeugtes Faulgasvolumen = ± 5 %

Unsicherheiten liegen in der Messgenauigkeit der Messgeräte begründet

Methangehalt im Faulgas = ± 15 %

variiert mit der Zusammensetzung des jeweiligen Abwassers und damit des Schlammes

Dichte = ± 30 %

die Angaben zur Dichte von Methan in der Literatur variieren (abhängig von Temperatur usw.)

Die Angabe der erzeugten Faulgasmenge beruht auf Angaben des statistischen Bundesamtes. Die Zeitreihen sind in sich konsistent. Die Erhebungen erfolgen jährlich. Die Ergebnisse dieser Erhebungen sind als genau einzustufen.

#### 7.5.1.2.3.2 Offene Schlammfäulung

Die Unsicherheiten der offenen Schlammfäulung wurden bislang noch nicht abgeschätzt, weshalb auf die Default-Werte (Conservative-Faktoren) der UNFCCC Decision 20/CMP.1 (S. 39ff) zurückgegriffen wird. Die Aktivitätsraten zwischen 1990 und 1992 basieren auf einer persönlichen Mitteilung, die für 1993 hingegen auf einer Abschätzung des Umweltbundesamtes. Daher ist eine hohe Konsistenz der Zeitreihe nicht gesichert.

---

<sup>138</sup> Der Emissionsfaktor wurde ermittelt, indem die Differenz aus den Methanemissionen der psychrophilen Schlammstabilisierung in den neuen Bundesländern und der anfallenden Klärschlammmenge gebildet worden ist.

#### **7.5.1.2.4      *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.D.1 Schlammbehandlung)***

Eine allgemeine und kategoriespezifische Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Vergleichbare Emissionsdaten für Deutschland oder Daten zur Methangewinnung aus Kläranlagen sind nicht bekannt.

#### **7.5.1.2.5      *Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.1 Schlammbehandlung)***

Rückrechnungen sind nicht erforderlich.

#### **7.5.1.2.6      *Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.D.1 Schlammbehandlung)***

Zurzeit erscheinen Verbesserungen als nicht notwendig oder möglich, da keine weiteren Aktivitätsdaten mehr zu erhalten sind.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

#### **7.5.1.3      *Lachgasemissionen aus dem kommunalen Abwasser (5.D.1 Lachgas kommunal)***

##### **7.5.1.3.1      *Beschreibung der Kategorie (5.D.1 Lachgas kommunal)***

Kommunales Abwasser enthält eine Vielzahl Stickstoffverbindungen. Im Verlauf bakterieller Abbauprozesse wird ein Teil des organisch verfügbaren Stickstoffs wieder in Biomasse umgewandelt. Um auch den verbleibenden Stickstoff weitestgehend zu eliminieren, werden in Deutschland ergänzend zur biologischen Abwasserbehandlung nahezu alle kommunalen Kläranlagen mit einer zusätzlichen Nitrifikations- und Denitrifikationsstufe betrieben. Bei der Nitrifikation werden unter aeroben Bedingungen die im Abwasser enthaltenen Stickstoffverbindungen in Nitrat und bei der Denitrifikation wird der im Nitrat gebundene Stickstoff zu molekularem Stickstoff und Stickoxiden umgewandelt. Unter ungünstigen Bedingungen (siehe auch Kapitel 7.5.2.2.1) kann dabei auch Lachgas ( $N_2O$ ) als Nebenprodukt/Zwischenprodukt bei beiden Prozessen entstehen, wobei die Denitrifikation als Quelle dominiert (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6.1 Seite 6.8) (direkte Emissionen). Die N-Eliminationsleistung biologischer Kläranlagen liegt in Deutschland für die Jahre 2006-2013 bei rund 81,2%, (18. - 26. Leistungsvergleich Kommunalen Kläranlagen, (DWA 2007-2014) (DWA 2007-2014) und nach (UBA 2014) ebenfalls bei 81,2 %, was bedeutet, dass der nach Abschluss der Abwasserbehandlung im Abwasser verbleibende Stickstoff in die Gewässer gelangt. Auch dort finden mikrobielle Abbauprozesse statt, in deren Verlauf es u.a. zu Lachgasemissionen kommen kann (indirekte Emissionen).

Für die Ermittlung der Gesamtemissionen an Lachgas, die aus dem kommunalen Abwasser entstehen, werden die direkten Lachgasemissionen ( $N_2O_{PLANTS}$ ) und indirekten Lachgasemissionen ( $N_2O_{Emissions}$ ) bestimmt. Die Gesamtemission ergibt sich wie folgt:

$$N_2O_{\text{Gesamt}} = N_2O_{\text{PLANTS}} + N_2O_{\text{Emissions}}$$

In den folgenden Kapiteln werden die direkten und indirekten Emissionsquellen für Lachgas betrachtet.

Der Trend der Emissionen war aufgrund des starken Ausbaus der Denitrifikationstechnik in den Abwasserbehandlungsanlagen im Zeitraum von 1990 bis etwa 2001 stark fallend. Ursache hierfür war die Umsetzung der Abwasserverordnung (91/271/EWG 1991). Die Anfang der 1990'er Jahre die Nährstoffelimination in Kläranlagen zum Stand der Technik erklärte. Mit dem erreichten hohen Niveau dieser Technologie seit etwa 2005 hat er sich der Trend der Emissionen als leicht fallend etabliert.

### 7.5.1.3.2 Methodische Aspekte (5.D.1 Lachgas kommunal)

#### Direkte Emissionen

Gemäß 2006 IPCC Guidelines müssen direkte Emissionen nur von Ländern berichtet werden, die über fortschrittliche zentrale Abwasserbehandlungsanlagen verfügen. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie über Nitrifikations- und Denitrifikationsstufen verfügen. Wie eingangs erwähnt entstehen Lachgasemissionen überwiegend bei der Denitrifikation (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6.1). Aus diesem Grund wird im Folgenden der Grad der Ausstattung der deutschen Kläranlagen mit Denitrifikationstechnologien zur Berechnung herangezogen ( $T_{\text{Plant}}$ ) und nicht der mit Nitrifikationstechnologien. Beide sind jedoch ähnlich hoch. Sie liegen aktuell bei 98 % (Nitrifikation) bzw. 95 % (Denitrifikation).

Gemäß 2006 IPCC Guidelines werden die Lachgasemissionen für zentrale Kläranlagen mit Denitrifikation wie folgt berechnet:

$$N_2O_{\text{PLANTS}} = P \cdot T_{\text{PLANT DENI}} \cdot F_{\text{IND-COM}} \cdot EF_{\text{PLANT}}$$

Wobei:

$N_2O_{\text{PLANTS}}$	=	gesamte jährliche $N_2O$ Emission der Anlagen in kg $N_2O$ /Jahr)
P	=	Bevölkerung
$T_{\text{PLANT DENI}}$	=	Grad der Nutzung moderner zentraler Kläranlagen mit Denitrifikation in %/100 (d.h. bezogen auf die gesamte Abwasserfracht in Deutschland)
$F_{\text{IND-COMM}}$	=	Anteil des industriellen / kommerziellen, mit dem Abwasser entsorgten Proteins, Default = 1.25
$EF_{\text{PLANT}}$	=	Emissionsfaktor, 3.2 g $N_2O$ /Person x Jahr

Während für den Lachgasemissionsfaktor und den Anteil für industriell und kommerziell entsorgtes Eiweiß ( $F_{\text{IND-COMM}}$ ) die IPCC Default-Werte verwendet werden, sind die Zahl der Einwohner ( $P$  = Bevölkerung) und auch der Grad der Nutzung moderner zentralisierter Abwasserbehandlungsanlagen mit Denitrifikation ( $T_{\text{PLANT DENI}}$ ) landesspezifisch ermittelte Werte.

#### Indirekte Emissionen

Gemäß der mit den 2006 IPCC Guidelines vorgeschlagenen Vorgehensweise wird zunächst die Jahresgesamtmenge Stickstoff im Abwasserablauf ermittelt. Dies hat für Länder mit modernen zentralen Kläranlagen unter Berücksichtigung des  $N_{\text{WWT}}$  zu erfolgen:

$$N_{\text{EFFLUENT}} = (P \times \text{Protein} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}}) - N_{\text{SLUDGE}} - N_{\text{WWT}}$$

(2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6.3.1.3. Gleichung: 6.8)

Wobei:

$N_{\text{EFFLUENT}}$	=	Jahresgesamtmenge Stickstoff im Abwasserablauf in kg N/Jahr
$P$	=	Bevölkerung
Protein	=	Protein-Pro-Kopf -Verbrauch in kg/Person/Jahr
$F_{\text{NPR}}$	=	Stickstoffanteil im Protein, Default = 0.16 kg N/kg Protein
$F_{\text{NON-CON}}$	=	Faktor des nicht konsumierten Proteins im Abwasser, Default = 1,1
$F_{\text{IND-COM}}$	=	Faktor des industriellen / kommerziellen, mit dem Abwasser entsorgten Proteins, Default = 1.25
$N_{\text{SLUDGE}}$	=	Mit dem Schlamm entfernter Stickstoff, Default = 0 in kg N/Jahr
$N_{\text{WWT}}$	=	Stickstoffanteil, des bei der Abwasserbehandlung entstehenden Lachgases
	=	$N_2 \cdot O_{\text{PLANTS}} \times 28/44$ in kg N/Jahr
	$28/44$	= Umrechnungsfaktor $N_2O$ in $N_2$

Nach Experteneinschätzung ist diese Formel aber fehlerhaft und allein nicht zielführend, denn sie berücksichtigt nicht die N-Eliminationsleistung der Denitrifikationsstufe in den Kläranlagen. Für die Jahre 2006-2013 liegen Daten zum durchschnittlichen N-Gehalt des Abwassers in Deutschland im Zulauf und im Ablauf der deutschen Kläranlagen vor (DWA 2007-2014). Aus diesen Daten wurde eine durchschnittliche N-Eliminationsleistung der biologischen Kläranlagen in Deutschland von 81,2 % für die genannten Jahre berechnet. Um realistische Ergebnisse zu erzeugen, muss daher die obige Gleichung angepasst werden. Für die Ermittlung von  $T_{\text{Plant Biol}}$  wurden die Kläranlagen mit biologischer Behandlung (inklusive Nitrifikation, Denitrifikation, Phosphor-Elimination, Filtration) herangezogen, um eine Vergleichbarkeit der Daten zu erhalten. Zum einen muss die Eliminationsleistung der Kläranlagen mit biologischer Behandlung und zum anderen die N-Fracht des Anlagenbestands ohne biologische Behandlung berücksichtigt werden. Der  $N_{\text{WWT}}$  reicht hierfür nicht aus, denn er berücksichtigt nur den Stickstoffanteil des entstehenden Lachgases (direkte Emissionen), nicht aber den N-Anteil des bei der Denitrifikation entstehenden molekularen Stickstoffs. Der  $N_{\text{WWT}}$  wird daher aus der Gleichung entfernt. Zusätzlich wird auch der Faktor  $N_{\text{SLUDGE}}$  entfernt, da der von Deutschland verwendete Wert für  $N_{\text{SLUDGE}}$  gleich 0 ist und die Entfernung des Stickstoffs aus dem Schlamm bereits durch  $F_{\text{ELIMINATION}}$  berücksichtigt ist:

$$N_{\text{EFFLUENT}} = (P \times \text{Protein} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}})$$

Diese Formel gilt für Anlagen ohne Stickstoffelimination.

Zur Berechnung der N-Fracht ( $N_{\text{EFFLUENT mit}}$ ) im Ablauf von Anlagen mit Stickstoffelimination wird nun ein Eliminationsfaktor  $F_{\text{ELIMINATION}}$  eingeführt. Die Formel lautet wie folgt:

$$N_{\text{EFFLUENT mit}} = (P \times \text{Protein} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}}) \times (1 - F_{\text{ELIMINATION}}) \times T_{\text{PLANT BIOL.}}$$

Wobei:

$F_{\text{ELIMINATION}}$	=	Faktor für die Elimination von Stickstoff in biologischen Kläranlagen (DWA 2007-2014) = 81,2 / 100
$T_{\text{PLANT BIOL.}}$	=	Grad der Nutzung moderner zentraler Kläranlagen mit biologischer Behandlung in %/100 (d.h. bezogen auf die gesamte Abwasserfracht in Deutschland)
$N_{\text{EFFLUENT mit}}$	=	N-Fracht im Ablauf von Kläranlagen mit biologischer Behandlung
$N_{\text{EFFLUENT ohne}}$	=	N-Fracht im Ablauf von Kläranlagen ohne biologische Behandlung

Die N-Fracht ( $N_{\text{EFFLUENT ohne}}$ ) im Ablauf von Kläranlagen ohne biologische Behandlung wird wie folgt berechnet:

$$N_{\text{EFFLUENT ohne}} = (P \times \text{Protein} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}}) \times (1 - T_{\text{PLANT BIOL.}})$$

Im Anschluss werden die Stickstofffrachten im Abwasserablauf für Kläranlagen mit und für Kläranlagen ohne biologische Behandlung addiert und ergeben die Gesamt N-Fracht im Ablauf aller Kläranlagen:

$$N_{\text{EFFLUENT}} = N_{\text{EFFLUENT mit}} + N_{\text{EFFLUENT ohne}}$$

$$= (P \times \text{Protein} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}}) \times (1 - F_{\text{ELIMINATION}}) \times T_{\text{PLANT BIOL.}}$$

$$+ (P \times \text{Protein} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}}) \times (1 - T_{\text{PLANT BIOL.}})$$

Das Ergebnis des oben beschriebenen Vorgehens konnte durch Heranziehung alternativer Daten (DWA 2007-2014, UBA 2014) verifiziert werden und erscheint damit korrekt (siehe Kapitel 7.5.1.3.6).

Für den Lachgasemissionsfaktor, den Stickstoffanteil im Eiweiß, den Anteil für nichtkonsumiertes Eiweiß ( $F_{\text{NON-CON}}$ ) und auch für industriell und kommerziell abgeleitetes Eiweiß ( $F_{\text{IND-COMM}}$ ) werden die IPCC Default-Werte verwendet. Für die durchschnittliche Pro-Kopf Eiweißzufuhr sowie die Zahl der Einwohner werden landesspezifisch ermittelte Werte verwendet.

Für die Ermittlung der durchschnittlichen Eiweißzufuhr pro Person und Tag werden die Angaben der FAO verwendet:

- Von der FAO wird für Deutschland für die Jahre 1989-91 eine durchschnittliche Eiweißzufuhr pro Person und Tag von 99 g angegeben.
- Entsprechend dem Statistical Yearbook 2007-2008 (FAO 2007-2008) werden für Deutschland durchschnittliche Eiweißzufuhren pro Person und Tag von 95 g (1994-1996), 97 g (1999 – 2001), 99 g (2003-2005) und 99 g (2005 - 2007) im Statistical Yearbook 2010 (FAO 2010) angegeben.
- Entsprechend der Datenbank Faostat (FAO 2015) sind durchschnittliche Eiweißzufuhren pro Person und Tag von 102 g (2008/2009) und 103 g (2010/2011) aufgeführt. Werte für die Jahre 1992-1993, 1997-1998 und 2002 werden interpoliert.
- Werte für die Jahre ab 2012 werden fortgeschrieben (mit Basis 2010/2011).

Die Lachgasemissionen werden gemäß IPCC- wie folgt ermittelt.

$$N_2O_{\text{Emissions}} = N_{\text{EFFLUENT}} \times EF_{\text{EFFLUENT}} \times 44/28$$

Wobei:

$N_2O_{\text{emissions}}$  =  $N_2O$  Emissionen in, kg  $N_2O$ /Jahr

$N_{\text{EFFLUENT}}$  = Stickstoff, der in die aquatische Umwelt ausgetragen wird in kg N/Jahr

$EF_{\text{EFFLUENT}}$  = Emissionsfaktor für  $N_2O$  Emissionen, die ins Abwasser ausgetragen werden in kg  $N_2O$ -N/kg N (Default = 0,005)

44/28 Umrechnungsfaktor von  $N_2O$ -N in  $N_2O$

Eine Berechnung mit höheren Tiermethoden, ist aufgrund der Vielzahl an Anlagen nicht möglich. Zudem werden die Stoffströme der Kläranlagen vom Statistischen Bundesamt nicht separat ausgewiesen.

### 7.5.1.3.3 Unsicherheit und Zeitreihenkonsistenz (5.D.1 Lachgas kommunal)

Es werden folgende Unsicherheiten verwendet (alle Expertenschätzung):

P (Bevölkerungszahlen)	= ± 5 %
T <sub>PLANT DENI</sub> (Kläranlagen mit Denitrifikation)	= ± 5 %
T <sub>PLANT Biol.</sub> (Kläranlagen mit biologischer Behandlung)	= ± 5 %
F <sub>IND-COMM</sub>	= ± 25 %

Die Aktivitätsraten basieren auf Angaben des Statistischen Bundesamtes. Die Bevölkerungszahl in Deutschland wird jährlich, die Menge des in Abwasserbehandlungsanlagen mit Denitrifikation behandelten Abwassers alle drei Jahre, ohne Angabe von Unsicherheiten, erhoben. Die Ergebnisse der Erhebungen sind, da es sich um eine Totalerhebung handelt, als sehr genau einzustufen. Werte für die Jahre vor 1998 wurden extrapoliert und sind plausibel, da mit Beginn der 1990´er Jahre in Deutschland die Stickstoffelimination in Kläranlagen ausgebaut wurde. Die Jahre nach 2010 wurden fortgeschrieben. Alle sonstigen fehlenden Daten wurden linear interpoliert.

Die Unsicherheiten für den  $EF_{Plant}$  werden Tabelle 6.11 (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6.3.3) entnommen und liegen bei - 37,5 % und + 150 %. Dieser Wert erscheint aus Expertensicht plausibel zu sein.

Für die durchschnittliche N-Eliminationsleistung der deutschen Kläranlagen wird die Unsicherheit auf ± 5 % geschätzt.

Die Aktivitätsraten für 1989–1991 wurden dem FAO Statistical Yearbook 2004 entnommen. Die Daten für 1994–1996, 1999–2001 sowie für 2003–2007 wurden dem FAO Statistical Yearbook 2007-2008 und 2010 Table D.1 entnommen. Die Daten 2008-2011 wurden Datenbank FAOSTAT entnommen. Fehlende Werte wurden wie unter Kapitel 7.5.1.3.2 beschrieben inter- bzw. extrapoliert oder durch Bildung des arithmetischen Mittels berechnet.

Es wurde der durchschnittliche tägliche Proteinbedarf der FAO-Datenbasis für die Berechnungen zugrunde gelegt, damit die Zeitreihenkonsistenz gesichert ist und nicht eine Hochrechnung von Einzelwerten erfolgen muss. Es wird von einer Unsicherheit von ± 15 % ausgegangen (Expertenschätzung).

Der Anteil an Stickstoff im Eiweiß ( $F_{NPR}$ ) beträgt im Mittel 16 % ± 1%. Dieser Wert bezieht sich auf Rinderserumalbumin (Bovine serum albumin) als Standardprotein. Die Unsicherheit läge entsprechend der oben genannten Standardabweichung (± 1%) bei rund ± 6 % (bezogen auf den 16%-Anteil), wird aber auf insgesamt ± 7 % geschätzt, da im Abwasser ein breiteres Eiweißspektrum enthalten ist (Expertenschätzung).

Des Weiteren werden folgende Unsicherheiten verwendet (alle Expertenschätzung)

$$F_{NON-CON} = \pm 15 \%$$

$$F_{IND-COM} = \pm 25 \%$$

Die Unsicherheiten für den  $EF_{EFFLUENT}$  werden Tabelle 6.11 (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6.3.3) entnommen.

#### **7.5.1.3.4 Quellgruppenspezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.D.1 Lachgas kommunal)**

Eine Qualitätskontrolle (nach Tier 1 + 2) und eine Qualitätssicherung, die den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen entsprechen, wurden durchgeführt.

Die Verifikation der mittels  $F_{ELIMINATION}$  angepassten Formel zur Ermittlung des N-Ablauf in das Gewässer erfolgte mit den im Leistungsvergleich kommunaler Abwasserbehandlungsanlagen veröffentlichten Durchschnittswerten für die N-Einleitung in Gewässer (DWA 2007-2014). Derzeit liegen Ergebnisse für die Jahre 2006-2013 vor. Die Berechnung bzw. Erhebung erfolgte unabhängig voneinander. In Tabelle 8 werden die Ergebnisse der Berechnungen des  $N_{EFFLUENT}$  (indirekte Emissionen) nach IPCC 2006 Methode, nach der angepassten IPCC Methode (Stickstoffeliminationsfaktor  $F_{ELIMINATION}$ ), nach den vom DWA erfassten Messergebnissen, und zusätzlich eine Betrachtung der DWA-Daten bei Verwendung von Aktivitätsdaten des Statistischen Bundesamtes dargestellt.

Tabelle 404: Vergleich  $N_{EFFLUENT}$  (indirekte Emissionen) nach IPCC Guidelines 2006, modifizierte IPCC 2006, DWA und (UBA 2014); (kt N/Jahr)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Nach IPCC 2006</b>									
NEFFLUENT	654,2	653,4	671,4	669,8	676,0	664,2	665,8	667,8	671,4
<b>Angepasste MethodelPCC 2006</b>									
NEFFLUENT	137,4	135,4	138,4	137,4	137,9	135,5	135,9	136,3	137,0
<b>Auf Basis DWA ermittelte Gehalte im Effluenten</b>									
NEFFLUENT[1]	71,5	86,1	86,5	82,7	87,0	77,9	79,1	81,7	
NEFFLUENT[2]	80,8	90,6	95,4	95,1	92,9	90,9	89,9	89,9	

Die N-Fracht im Effluenten ( $N_{EFFLUENT}$ ) nach der modifizierten Methode liegt deutlich unter den nach der IPCC-Methode ermittelten Werten. Die alternativ berechneten Werte werden dadurch bestätigt, dass die Ergebnisse in der gleichen Größenordnung wie die ermittelten Werte der DWA liegen. Ergänzend wurden die von DWA ermittelten durchschnittlichen N-Gehalte im Ablauf mit den Daten des Statistischen Bundesamtes zur Jahresabwassermenge verrechnet, wobei sich eine recht nahe Übereinstimmung ergibt. Die bestehende etwas deutlichere Abweichung zur angepassten IPCC-Methode lässt sich auf den verwendeten IPCC-Default-Emissionsfaktor zurückführen, der im Lichte dieser Verifikation als zu hoch eingeschätzt werden muss. Dennoch liegt er mit einer wahrscheinlichen Überschätzung der realen N-Fracht im Ablauf und der damit möglichen  $N_2O$ -Emissionen im Bereich der Unsicherheiten.

Alternative Datenquellen für die durchschnittliche Eiweißzufuhr pro Person und Tag sind:

- In der Lebensmitteltabelle für die Praxis von 1991 (Senser and Scherz 1991) wird eine durchschnittliche Eiweißzufuhr von 94 g/ Einwohner und Tag angegeben.
- Im Ernährungsbericht der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE 2008a)<sup>139</sup> wurde anhand der geschätzten Lebensmittelverzehrdaten für das Jahr 2005 / 2006 u.a. die mittlere tägliche Zufuhr an Proteinen abgeschätzt. Aus diesen Daten konnte ein gemittelter Wert von ca. 79 g Eiweiß/ Person und Tag<sup>140</sup> abgeleitet werden.

Zur Bestimmung der  $N_2O$ -Emissionen des Abwassers wird auf die FAO-Datenbasis der Statistical Yearbooks der FAO (table D.1) (FAO 2004b, 2007-2008, 2010, 2006a) und der Daten aus der FAOSTAT-Datenbank (FAO 2015) zurückgegriffen, da es sich hierbei um eine konsistente Zeitreihe handelt. Sie ist international vergleichbar und wird regelmäßig aktualisiert. Zudem erklärte die FAO, dass mit dem Jahrbuch 2007-2008 die bisherigen vier FAO-Veröffentlichungen ersetzt werden. Es liegen dem Umweltbundesamt keine Hinweise vor,

<sup>139</sup> Der Ernährungsbericht wird im vierjährigen Rhythmus herausgegeben.

<sup>140</sup> Der Wert wurde ermittelt mit der groben Abschätzung, dass es sich jeweils um 50 % Männer (90,8 g/Tag) und Frauen (66,7 g/Tag) in Deutschland handelt.

dass die länderspezifischen Werte der Lebensmitteltabelle sowie des Ernährungsberichtes 2008 eine höhere Genauigkeit bzw. nationale Akzeptanz aufweisen. Darüber hinaus wird in vielen Ländern auf die Datenbasis der FAO zurückgegriffen, so dass die Emissionsermittlung in Deutschland international vergleichbar ist. Der angenommene tägliche Eiweißbedarf liegt im europäischen Vergleich im Mittelfeld.

Die Datenquelle und die Art der Qualitätskontrolle und -sicherung der FAO sind nicht bekannt, da sich FAO auch auf mehrfache Anfragen des UBA hierzu nicht äußerte. Der nationale Datenlieferant der FAO konnte nicht ermittelt werden. Die zuständigen nationalen Behörden konnten ebenfalls keinen Datenlieferanten benennen.

#### **7.5.1.3.5 Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.1 Lachgas kommunal)**

Wie in Kapitel 10 dargestellt erfolgt in diesem Jahr durch die erstmalige Anwendung der durch Entscheidung 24/CP.19 geforderten methodischen Änderungen keine umfassende detaillierte Dokumentation und Quantifizierung der Effekte von Rekalkulationen.

#### **7.5.1.3.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.D.1 Lachgas kommunal)**

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **7.5.2 Industrielle Abwasserbehandlung (5.D.2)**

#### **7.5.2.1.1 Beschreibung der Kategorie (5.D.2)**

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CO <sub>2</sub>	NA	NA	NA
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS

Die Emissionen der industriellen Abwasserbehandlung sind nur wegen der Aggregation mit der kommunalen Abwasserbehandlung (5.D.1) eine Hauptkategorie.

Die hier berichteten CH<sub>4</sub>-Emissionen beziehen sich ausschließlich auf den Teil des Abwassers, der in industriellen Abwasserbehandlungsanlagen behandelt wird. Der Teil des industriellen Abwassers, der kommunalen Anlagen zugeleitet wird, wird unter 5.D.1 (Kommunale Abwasserbehandlung) mitberücksichtigt.

Die Grundlagen für die Berechnungen für CH<sub>4</sub> aus der industriellen Abwasserbehandlung werden im zugrunde liegenden Forschungsbericht (AUSTERMANN-HAUN 2014) ausführlich beschrieben.

Die biologische Stufe der industriellen Abwasserbehandlung wird in Deutschland teils aerob teils anaerob durchgeführt. Ähnlich wie bei der aeroben Behandlung kommunaler Abwässer treten auch bei der aeroben industriellen Abwasserbehandlung keine Methanemissionen auf. Beim anaeroben Abbau der organischen Abwasserinhaltsstoffe hingegen entsteht Faulgas, welches größtenteils aus CO<sub>2</sub> und CH<sub>4</sub> besteht.

In Deutschland werden heutzutage Industrieabwässer in vielen Branchen, vor allem in der Lebensmittelindustrie, anaerob behandelt. Daten zur Anlagentechnik werden in Deutschland nicht systematisch erhoben. Eine Auswertung von AUSTERMANN-HAUN & WITTE (2014a) ergibt allerdings, dass derzeit in Deutschland 184 Anaerobanlagen bei 136 Betrieben in 26 Wirtschaftszweigen von der Gemüseverarbeitung über Zucker- und Papierherstellung bis hin zur Herstellung von Reinigungsmitteln in Betrieb sind. Die größten CSB-Frachten, die anaerob behandelt werden, stammen aus der Papier- und Zellstoffherstellung, der Zuckerherstellung und aus den Brauereien.

Zur anaeroben Industrieabwasserbehandlung kommen vor allen Dingen Schlammbettreaktoren (UASB- und EGSB-Reaktoren) sowie das anaerobe Belebungsverfahren zum Einsatz. Alle Anlagen verfügen vorschriftsgemäß über eine Gasfackel mit automatischer Zündung. Lediglich ein einziger (relativ kleiner) Betrieb der Zuckerherstellung behandelt sein Abwasser in anaeroben Teichen.

Das entstehende Faulgas wird nahezu vollständig gefasst, im Betrieb verfeuert und substituiert somit Stadtgas oder es wird zur Stromerzeugung verwendet. Die energetische Nutzung wird unter CRF 1.A.1 berichtet.

Für Deutschland existieren daher lediglich die CH<sub>4</sub>-Emissionen, die durch ungewollte Verluste entstehen. Diese ungewollten Verluste können sein:

- CH<sub>4</sub>, welches im Ablauf der Methanreaktoren in der Flüssigphase enthalten ist (dies ist vor allem temperaturabhängig),
- Verluste in Gasspeichern,
- Verluste über den abgezogenen Schlamm in Pelletspeichern,
- Gas, welches in einer nicht belüfteten Teichanlage entsteht,
- Gas, welches in Versäuerungsreaktoren entsteht,
- Gas, welches in Abwasserteichen der Zuckerindustrie entsteht,
- Verluste aus Leckagen/Störfällen/Fackelverlusten.

Gasfackeln sind ausschließlich als Notfackeln im Einsatz, für den Fall, dass beispielsweise Wartungsarbeiten am BHKW vorgenommen werden müssen. Die Gasfackeln werden so ausgelegt, dass sie im Notfall das gesamte anfallende Gas verbrennen können. Die Gasmenge, die über die Gasfackeln geht, wird nicht erfasst. Da die Fackeln aber lediglich als Notfackeln verwendet werden, liegt die verbrannte Gasmenge nahe Null. Gasfackeln sind mit einer automatischen Zündung ausgerüstet, um in Störfällen sicher das anfallende Gas zu verbrennen. Methanemissionen aus Gasfackeln werden daher in Fachkreisen mit Null bewertet.

Störfälle, die mit Gasverlusten einhergehen, sind nach Expertenschätzung (AUSTERMANN-HAUN 2014) in den letzten Jahrzehnten auf dem Gebiet der anaeroben Industrieabwasserbehandlung zweimal in Form von Undichtigkeiten des Methanreaktors im Gasraum aufgetreten. Wegen der mit Leckagen verbundenen Gerüche, werden Leckagen schnell gesucht, gefunden und beseitigt. Im Jahr 1992 wurde durch Geruchsprobleme auf der Kläranlage ein Leck in der GFK-Abdeckung (GFK; Glasfaserverstärkter Kunststoff; glass-fibre reinforced plastic) des Methanreaktors gefunden. Ein zweiter Fall einer Undichtigkeit trat 2013 auf im Dach eines Methanreaktors aus Stahl. Aufgrund der wenigen Störfälle (2 in 30 Jahren bei Betrieb von nunmehr 184 Methanreaktoren), werden die Methanemissionen aus Störfällen als vernachlässigbar eingestuft.

Andere Störfälle, die z.B. zu einer Hemmung der Methanbakterien führen, führen zu keinen Methanemissionen.

### 7.5.2.1.2 Methodische Aspekte (5.D.2)

Die gewählte Berechnungsmethode entspricht Tier 2.

Für 20 der 26 relevanten Wirtschaftszweige wurde gemäß folgender Formel (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6.2.3.3, Gleichung 6.6) die CSB-Jahresfracht des Wirtschaftszweigs errechnet. Hierzu wurde für jeden Wirtschaftszweig die Produktionsmenge des Jahres 2013 sowie der spezifische Abwasseranfall aus der Bundesstatistik (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4 Reihe 3.1) ermittelt und mit dem im Forschungsbericht benannten spezifischen CSB-Gehalt des Rohabwassers verrechnet. Von 6 Wirtschaftszweigen waren in der Literatur keine Daten zum spezifischen Abwasseranfall verfügbar, daher konnte dort nicht die CSB-Jahresfracht errechnet werden.

$$TOW_i = P_i \cdot W_i \cdot COD_i$$

mit

$TOW_i$	= gesamte organisch abbaubare Substanz im Abwasser des Wirtschaftszweigs $i$ (CSB-Jahresfracht), kg CSB/a (total organically degradable material in wastewater for industry $i$ , kg COD/yr)
$i$	= Wirtschaftszweig (industrial sector)
$P_i$	= gesamte jährliche Produktionsmenge im Wirtschaftszweig $i$ , t/a (total industrial product for industrial sector $i$ , t/yr)
$W_i$	= spez. Abwasseranfall im Wirtschaftszweig $i$ , m <sup>3</sup> /t (wastewater generated, m <sup>3</sup> /t <sub>product</sub> )
$COD_i$	= chemischer Sauerstoffbedarf, kg CSB/m <sup>3</sup> (chemical oxygen demand (industrial degradable organic component in wastewater), kg COD/m <sup>3</sup> )

Da es gute Praxis ist, mit länderspezifischen Daten zu rechnen und für Deutschland spezifische Daten vorliegen, wird für die Kalkulation der gesamten Methan-Emissionen vom Berechnungsansatz des IPCC (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6.2.3.1, Gleichung 6.4) abgewichen und ein eigener Ansatz erarbeitet. Die gesamten Methan-Emissionen aus der Industrieabwasserreinigung errechnen sich nach folgender Formel.

$$CH_4 \text{ Emissions} = \sum_i [(TOW_i \cdot \omega_{ANR,i} \cdot \omega_{CSB,i} \cdot EF_{CH_4, \text{gelöst},i}) + E_{CH_4,GS,i} + E_{CH_4,PS,i} + E_{CH_4,AT,i}]$$

mit:

$CH_4 \text{ Emissions}$	= CH <sub>4</sub> -Emissionen im Inventarjahr in kg CH <sub>4</sub> /a
$TOW_i$	= gesamte organisch abbaubare Substanz im Abwasser des Wirtschaftszweigs $i$ (CSB-Jahresfracht), kg CSB/a
$i$	= Wirtschaftszweig
$\omega_{ANR,i}$	= prozentualer Anteil an der anaeroben Reinigung im Wirtschaftszweig $i$
$\omega_{CSB,i}$	= CSB-Abbaugrad in der anaeroben Reinigung im Wirtschaftszweig $i$
$EF_{CH_4, \text{gelöst},i}$	= Emissionsfaktor für das im Wasser gelöste CH <sub>4</sub> im Wirtschaftszweig $i$ in kg CH <sub>4</sub> /kg CSB <sub>eliminiert</sub>
$E_{CH_4,GS,i}$	= CH <sub>4</sub> -Emissionen aus den Gasspeichern im Wirtschaftszweig $i$ , in kg CH <sub>4</sub> /a
$E_{CH_4,PS,i}$	= CH <sub>4</sub> -Emissionen aus den Pelletspeichern im Wirtschaftszweig $i$ , in kg CH <sub>4</sub> /a
$E_{CH_4,AT,i}$	= CH <sub>4</sub> -Emissionen aus den Abwasserteichen im Wirtschaftszweig $i$ , in kg CH <sub>4</sub> /a

Ein Vergleich der Ergebnisse mit Ergebnissen nach der Methode beschrieben in IPCC 2006 ist nicht sinnvoll möglich, da auf Grund der technischen Realität (siehe „Beschreibung der Quellgruppe“) und der vorliegenden Datensituation nur der gewählte Ansatz durchführbar ist.

Die spezifischen Emissionsfaktoren  $EF_{CH_4, gelöst, i}$  des in der Wasserphase gelösten Methans errechnen sich auf Grundlage des Henry-Dalton-Gesetzes und werden im Forschungsbericht benannt.

Die Emissionen aus den Gasspeichern haben als Grundlage die zulässigen Leckageraten aus Gasspeichern. Auf dieser Basis wurden pro Gasspeicher  $CH_4$ -Emissionen von  $20 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{a}$  errechnet.

Die Emissionen aus den Pelletspeichern (Speicher für den anaeroben granulierten Schlamm) wurden gleich  $0 \text{ kg CH}_4/\text{a}$  gesetzt, da die Emissionen aus diesem Bereich als vernachlässigbar angesehen werden (Expertenschätzung). Ebenso werden die  $CH_4$ -Emissionen aus Störfällen zu  $0 \text{ kg CH}_4/\text{a}$  angesetzt.

Auf Grund ungünstiger Methanbildungsbedingungen sind die Methanemissionen aus Versäuerungsreaktoren vernachlässigbar und mit  $0 \text{ kg CH}_4/\text{a}$  angesetzt.

Der Emissionsfaktor aus den Abwasserteichen wurden nach Formel 6.5 und Tabelle 6.8 aus (2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6) ermittelt, wobei für  $B_o$  der IPCC Default Wert angenommen wird und der MCF mit 0,2 bei einer Teichtiefe von maximal 2 Metern angesetzt wird.

Die Zeitreihe ab 1990 wurde anhand der Entwicklung der anaeroben Industrieabwasserreinigung im Bezug auf die Kapazitäten zur Behandlung von CSB-Frachten ermittelt. Die Zeitreihe von 1990 bis 2013 ist im NIR 2015 veröffentlicht. Bis zur nächsten Aktualisierung der Datengrundlage werden die Daten mit einem Wachstum von 2 Prozent pro Jahr unter der Annahme, dass ein moderater Zubau an Anaerobanlagen erfolgen wird, fortgeschrieben (Expertenschätzung). Insgesamt wurden **für das Jahr 2014** Methanemissionen aus der Industrieabwasserreinigung von **1,69 Gg  $CH_4/\text{a}$**  errechnet.

Der TOW der einzelnen betrachteten Unterbranchen ist in AUSTERMANN-HAUN 2014 dokumentiert. Für die Chemische Industrie, die Nahrungsmittelindustrie, sowie die Papier- und Zellstoffindustrie wurde auf Basis eines mittleren CSB-Gehaltes und der absoluten Abwassermenge zusätzlich der Gesamt-TOW ermittelt (Tabelle 405). Für weitere Branchen konnten keine durchschnittlichen CSB-Mengen ermittelt werden und es lagen auch in den 2006 IPCC Guidelines keine weiteren Default-Werte vor.

Tabelle 405: Berechnung des TOW für das Jahr 2014, Direkteinleiter

Industriebereich	Mittlerer CSB [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	Abwassermenge (2014) [ $\text{m}^3$ ]	TOW (2014) [t CSB/Jahr]
Chemische Industrie	3 <sup>1)</sup>	282.000.000	846.000
Nahrungsmittelindustrie	3 <sup>2)</sup>	62.000.000	186.000
Papier- und Zellstoffindustrie	2 <sup>2)</sup>	224.000.000	448.000

1) Expertenschätzung, angelehnt an 2006 IPCC Guidelines, Vol. 5, Kapitel 6, Table 6.9

2) Expertenschätzung

### 7.5.2.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D.2)

Die Unsicherheit der gesamten Methanemissionen wird u.a. aufgrund fehlender Daten für einige Wirtschaftszweige, unterschiedlichen Betriebsdrücken der Methanreaktoren, unterschiedlichen Membranen bei den Gasspeichern und der nicht bekannten Zahl von Gasspeichern mit  $\pm 50 \%$  als Expertenschätzung bewertet.

#### **7.5.2.1.4      *Kategoriespezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.D.2)***

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Ein Abgleich der Ergebnisse mit Daten aus dem ETS ist nicht möglich, da die beschriebenen Anlagen nicht dem Emissionshandel unterliegen.

In Österreich werden die Methan-Emissionen aus der industriellen Abwasserreinigung als vernachlässigbar angesehen, da das entstehende Methan gefasst wird und entweder energetisch genutzt wird oder in einer Fackel verbrannt wird.

In Dänemark wird nicht zwischen industriellen und kommunalen Anlagen unterschieden. Die Methode folgt dem IPCC Handbuch.

Eine weitergehende Verifizierung ist nicht möglich, da keine weiteren spezifischen Daten dieser Quellgruppe für Deutschland verfügbar sind.

#### **7.5.2.1.5      *Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.2)***

Rückrechnungen sind nicht durchgeführt worden.

#### **7.5.2.1.6      *Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.D.2)***

Es sind derzeit keine weiteren Verbesserungen vorgesehen.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **7.5.2.2      *Lachgasemissionen der industriellen Abwasserbehandlung (5.D.2)***

#### **7.5.2.2.1      *Beschreibung der Kategorie (5.D.2 N<sub>2</sub>O industriell)***

Lachgasemissionen können als Nebenprodukt bei der biologischen Abwasserreinigung mit gezielter Stickstoffelimination, hauptsächlich bei der Denitrifikation, aber vermutlich auch bei der Nitrifikation, entstehen. (vgl. IPCC 2006, Vol. 5, Kapitel 6.1, Seite 6.8) Es wird vermutet, dass der Reduktionsschritt von N<sub>2</sub>O zu N<sub>2</sub> durch verschiedene Einflussfaktoren, wie z.B. freiem Sauerstoff, hohen Nitrit-, Ammonium- und/oder Sulfidgehalten, gehemmt wird und dadurch N<sub>2</sub>O entsteht (UBA 2011b Seite 2-12 ff).

Der überwiegende Teil des industriellen Abwassers wird in kommunalen Kläranlagen gereinigt und entsprechend in 5.D.1 berücksichtigt. Unter 5.D.2 werden aus diesem Grunde nur die industriellen Direkteinleiter betrachtet.

#### **7.5.2.2.2      *Methodische Aspekte (5.D.2 N<sub>2</sub>O industriell)***

Seitens der 2006 IPCC Guidelines gibt es keine Vorschrift und auch keine Pflicht zur Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen des industriellen Bereichs (Vol. 5, Kapitel 6.3.4). Es existiert kein decision tree und auch keine höheren Tier-Berechnungsmethoden. Die Einordnung der im Folgenden vorgestellten Berechnungsmethodik erfolgt daher in Anlehnung an den decision

tree und die Tier Klassifizierung für CH<sub>4</sub> (industriell). Der hier verwendete Ansatz entspricht demgemäß einer Tier 2 Berechnungsmethode.

Zur Ermittlung der Lachgasemissionen aus der industriellen Abwasserbehandlung wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes Daten zum produktspezifischen Abwasseranfall, zur Stickstoffkonzentration und zum CSB-Gehalt (Chemischer Sauerstoffbedarf) aller Industriebereiche zusammengetragen und anhand der Jahresproduktionszahlen jährliche Stickstofffrachten errechnet. Die zu Grunde liegenden Stickstofffrachten entstammen aus Merkblättern der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) und stellen den anerkannten Stand der Wissenschaft dar. Die genaue Vorgehensweise ist in UBA 2011b dokumentiert. Ein CSB:N-Verhältnis < 40 war das Entscheidungskriterium dafür, einen Stickstoffüberschuss im Abwasser der Branche anzunehmen, der in der anschließenden biologischen Abwasserbehandlung Lachgasemissionen verursachen kann. Erst wenn so viel Stickstoff im Abwasser vorliegt, dass nach Einbau in die Biomasse noch ein Rest vorhanden ist, der durch die biologische Stickstoffelimination entfernt werden muss, kann davon ausgegangen werden, dass möglicherweise Lachgas bei der biologischen Abwasserreinigung emittiert wird. Der Wert wurde verifiziert durch das ATV-DVKK-Arbeitsblatt A 131, worin die Stickstofffracht vereinfacht mit 2 bis 2,5 % der CSB-Konzentration berücksichtigt wird (2,5 % entspricht einem CSB:N-Verhältnis von 40:1). Durch die Zusammenstellung der Daten konnten die 6 relevantesten Industriebereiche identifiziert werden, die gemeinsam ca. 75 % der Stickstofffracht aus der industriellen Abwasserbehandlung liefern (UBA 2011b). Diese sind:

- Schlachten und Fleischverarbeitung,
- Milchverarbeitung,
- Verarbeitung tierischer Nebenprodukte,
- Herstellung von Bier,
- Zuckerherstellung,
- Weizenstärkeherstellung.

Auf die Aufnahme der Textilindustrie (7,5 % an Gesamtstickstofffracht) und Kartoffelverarbeitung (2,6 % Anteil an der Gesamtstickstofffracht) wurde verzichtet, da das Abwasser ein CSB:N Verhältnis größer als 40 aufweist und somit eine Lachgasbildung gemäß den Ergebnissen des Forschungsberichtes nicht erfolgt. Die Herstellung von Kartoffelstärke wird als nicht Lachgas-relevant angesehen – der Anteil an der Gesamtstickstofffracht im Abwasser liegt bei unter 0,4 %. Die verbleibenden rund 20 % der Gesamtstickstofffracht verteilen sich auf viele Einzelbranchen mit unklarer Datensituation (insbesondere CSB:N-Verhältnis). Ein großer Teil dieser Branchen leitet als Indirekteinleiter die Stickstofffracht in kommunale Kläranlagen ein und wird bereits über die Emissionsberichterstattung unter 5.D.1 berücksichtigt. Somit liegt für vorhergehende Berichterstattungen eine Doppelzählung vor, die mit dieser Berichterstattung korrigiert wird. Der Fehler wird als sehr gering eingeschätzt (Expertenschätzung).

Auf Basis der mittleren produktspezifischen Stickstofffracht der 6 genannten Industriebereiche und anhand der jährlichen Produktionszahlen wird die Jahresstickstofffracht ermittelt, die ins Rohwasser emittiert wird. Dabei wird angenommen, dass auf Grund von organisatorischen und technischen Maßnahmen eine schrittweise Reduktion auf den Stand von 2010 erfolgte und die ins Abwasser abgegebene Stickstoffmenge im Jahr 1990 um 30 % höher lag (Expertenschätzung). Dabei wird für die Jahre von 1990 bis 2000 eine jährliche Reduktion der

Stickstofffracht um 2 Prozentpunkte angenommen, von 2000 bis 2010 um einen Prozentpunkt (Expertenschätzung). Ab 2010 wird die Stickstofffracht pro Kubikmeter Abwasser als konstant angenommen (Expertenschätzung).

Die Berechnung der Aktivitätsrate AD erfolgte folgendermaßen:

$$AD = \sum_B [NF_B \times PZ_B \times 10^{-6}]$$

Wobei:

AD	= Gesamt-Aktivitätsrate [t N <sub>z</sub> /a] = mittlere N-Fracht im Zulauf = N <sub>z</sub>
NF <sub>B</sub>	= mittlere spez. N-Fracht der Branche [g N pro Einheit]
PZ <sub>B</sub>	= Produktionszahlen für das Jahr 2010 der Branche [Anzahl Einheiten/a]
10 <sup>-6</sup>	= Faktor zur Umrechnung von g in t

Zur Ermittlung des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors wurden im oben genannten Forschungsprojekt verschiedene Daten aus der Literatur ausgewertet. Aus den dort angegebenen Daten wurde ein gewichteter Mittelwert gebildet. Das Ergebnis war, dass 1 % der Stickstofffracht in einer Kläranlage als N<sub>2</sub>O-N emittiert wird.

$$N_2O = EF \times AD \times 44/28$$

Wobei:

N <sub>2</sub> O	= N <sub>2</sub> O Emissionen in t N <sub>2</sub> O/a
EF	= Emissionsfaktor 0,01 t N <sub>2</sub> O-N/t N
44/28	= Stöchiometrischer Umrechnungsfaktor N <sub>2</sub> O-N in N <sub>2</sub> O

Zusätzlich wurde für die einzelnen Branchen der Anteil der Direkteinleiter ermittelt und in der Berechnung berücksichtigt.

Die Lachgasbildungsrate in den betrachteten Branchen unterscheidet sich signifikant von der Bildungsrate in kommunalen Kläranlagen, sie liegt in den industriellen Kläranlagen um den Faktor 100 über dem von kommunalen Kläranlagen. Dies ist auf das oben bereits beschriebene CSB:N Verhältnis und die daraus resultierenden besseren N<sub>2</sub>O Bildungsbedingungen zurück zu führen.

### 7.5.2.2.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D.2 N<sub>2</sub>O industriell)

Die Unsicherheiten der Produktionszahlen entstammen der Bundesstatistik bzw. anderen Statistiken, denen eine Vollerhebung zugrunde liegt. Die Daten sind somit voraussichtlich mit sehr geringen Unsicherheiten behaftet.

Der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor wurde durch Expertenschätzung im Rahmen des oben genannten Forschungsprojektes mit einer sehr hohen Unsicherheit von - 99,9 %/+ 300 % bewertet.

Die mittleren spezifischen Stickstofffrachten der verschiedenen Branchenbesitzer nachfolgende Unsicherheiten (Tabelle 406), die durch Expertenschätzung ermittelt wurden. Als Unsicherheit für die Gesamtstickstofffracht (Aktivitätsrate) werden unter konservativen Gesichtspunkten -50 %/+50 % angenommen (Expertenschätzung).

Tabelle 406: Unsicherheiten der mittleren spezifischen Stickstofffracht der 4 relevantesten Industriebereiche

Mittlere spez. N-Fracht des Industriebereichs	Unsicherheit obere Schranke	Unsicherheit untere Schranke
Schlachtung von Schweinen	40	40
Schlachtung von Schafen	50	50
Schlachtung von Ziegen	50	50
Schlachtung von Rindern	40	40
Schlachtung von Pferden	50	50
Schlachtung von Geflügel	40	40
Fleischverarbeitung	40	40
Verarbeitung tierischer Nebenprodukte	20	20
Milchverarbeitung	15	15
Herstellung von Bier	30	30
Herstellung von Zucker	30	30
Herstellung von Weizenstärke	30	30

#### **7.5.2.2.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/ -kontrolle und Verifizierung (5.D.2 N<sub>2</sub>O industriell)**

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

Ein Abgleich der Ergebnisse mit Daten aus dem ETS ist nicht möglich, da die beschriebenen Anlagen nicht dem Emissionshandel unterliegen. Die beschriebenen Aktivitätsdaten entstammen der öffentlichen Statistik des Statistischen Bundesamtes bzw. im Falle der Verarbeitung tierischer Nebenprodukte dem Bericht der „Servicegesellschaft tierische Nebenprodukte“. Weitere Aktivitätsdaten zur Plausibilisierung liegen nicht vor.

Es wurde versucht Vergleichsdaten aus den Inventarberichten anderer Länder zur Plausibilisierung heranzuziehen.

In Österreich wird angenommen, dass die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der industriellen Abwasserreinigung mit 30 % der Emissionen aus der kommunalen Abwasserreinigung zu bewerten sind. In der deutschen Emissionsberichterstattung wird in der Berichterstattung zur kommunalen Abwasserreinigung ein Aufschlag von 25 % für das mitbehandelte industrielle Abwasser berücksichtigt, allerdings werden zusätzlich für die oben beschriebenen Branchen spezifische Emissionen aus den industriellen Abwasserreinigungsanlagen ermittelt.

In den Niederlanden wurden die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der industriellen Abwasserreinigung als irrelevant im Vergleich zu den N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der kommunalen Abwasserreinigung eingestuft, somit war ein Vergleich nicht möglich. In [UBA 2011b] wird eine Literaturstudie zu Lachgasemissionen aus der Abwasserreinigung durchgeführt. Die hier verwendeten Emissionsfaktoren wurden aus dieser Literaturstudie abgeleitet.

Eine weitergehende Verifizierung ist nicht möglich, da keine weiteren spezifischen Daten dieser Quellgruppe für Deutschland verfügbar sind.

#### **7.5.2.2.5 Quellgruppenspezifische Rückrechnungen (5.D.2 N<sub>2</sub>O industriell)**

Auf Grund einer Doppelzählung (siehe 7.5.2.2.2) in der bisherigen Berichterstattung erfolgt eine umfassende quellgruppenspezifische Rückrechnung. Die Ergebnisse der Rückrechnung sind exemplarisch in Tabelle 407 aufgeführt.

Zusätzlich gab es für die Jahre 2011-2013 marginale Korrekturen der statistischen Angaben für Bier und für das Jahr 2013 für die Milcheinfuhr, mit denen das Inventar aktualisiert worden ist. Die Änderungen sind derart gering, dass sie hier nicht dargestellt werden.

Tabelle 407: Ergebnisse der Rückrechnung für N<sub>2</sub>O aus der industriellen Abwasserreinigung.

Jahr	N <sub>2</sub> O Emissionen [Gg]	N <sub>2</sub> O Emissionen [Gg] vorherige Berichterstattung	Unterschied zur vorherigen Berichterstattung
1990	0,106	0,435	-76%
1995	0,093	0,400	-77%
2000	0,089	0,385	-77%
2005	0,082	0,367	-78%
2010	0,083	0,394	-79%
2011	0,091	0,405	-78%
2012	0,088	0,399	-78%
2013	0,084	0,399	-79%
2014	0,093	0,418	-78%

#### 7.5.2.2.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.D.2 N<sub>2</sub>O industriell)

Derzeit sind keine Verbesserungen geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## 7.6 Andere Bereiche (5.E)

In der Kategorie 5.E Other werden derzeit ausschließlich die Emissionen aus der Mechanisch-Biologischen Abfallbehandlung berichtet.

KC	Category	Activity	EM of	1990 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	2014 (kt CO <sub>2</sub> -e.)	(fraction)	Trend 1990-2014
-/-	5.E. Other	Other	CH <sub>4</sub>	0,0	0,00%	4,3	0,00%	---
-/-	5.E. Other	Other	N <sub>2</sub> O	0,0	0,00%	73,3	0,01%	---

Die Kategorie 5.E - Weitere ist keine Hauptkategorie.

### 7.6.1 Andere Bereiche - Mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA) (5.E Other MBA)

#### 7.6.1.1 Beschreibung der Kategorie (5.E Other MBA)

Gas	Angewandte Methode	Quelle der Aktivitätsdaten	genutzte Emissionsfaktoren
CH <sub>4</sub>	CS	NS	CS
N <sub>2</sub> O	CS	NS	CS

In der Bundesrepublik ist seit dem 1. Juni 2005 die Ablagerung von organischen und biologisch abbaubaren Abfällen nicht mehr zulässig. Restsiedlungsabfälle und ähnlich zusammengesetzte Abfälle können daher nur nach einer Vorbehandlung abgelagert werden. Neben den thermischen Abfallbehandlungsverfahren (Müllverbrennung) kommen hierbei auch verstärkt mechanisch-biologische Verfahren zum Einsatz.

In Deutschland wird unterschieden in die biologische Behandlung von getrennt gesammelten Bioabfällen und die von Restabfällen. Die Behandlung von Bioabfällen dient der Erzeugung eines Kompostes oder Gärrestes zur Anwendung als Dünger. Die biologische Behandlung von

Restabfall dient der Vorbehandlung der organischen Abfälle vor der Deponierung oder der energetischen Verwertung. Für die Behandlung von Restabfällen bestehen höhere Anforderungen an den Emissionsschutz als für die Bioabfallbehandlung. Daher liegen die Emissionsfaktoren für die MBA deutlich unter denen der Kompostierung oder Vergärung für Bioabfälle. Die Abfallströme werden auch in der Bundesstatistik gesondert erfasst.

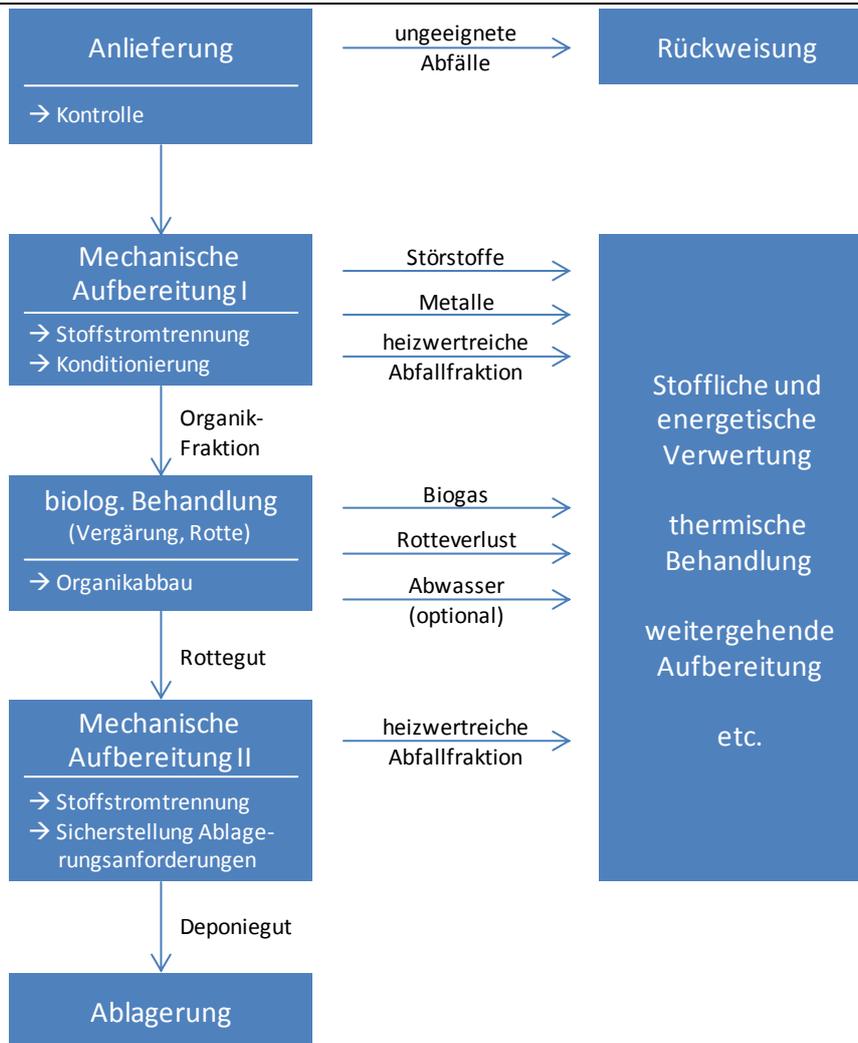
Für die MBA begrenzt die 30. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz die Emissionsfrachten für organische Stoffe auf 55 g pro Tonne behandelter Abfälle und für N<sub>2</sub>O auf 100 g pro Tonne behandelter Abfälle. Diese Emissionsbegrenzungen werden als Emissionsfaktoren eingesetzt. Mehrere Überprüfungen haben ergeben, dass die Emissionsbegrenzungen von allen deutschen Anlagen sicher eingehalten werden, bei vielen Anlagen sogar deutlich unterschritten werden. Die Emissionsbegrenzungen und die Emissionsfaktoren beziehen sich auf die Feuchtsubstanz, die Abfallmengen werden bei der Anlieferung an die Anlagen so erfasst.

Seit den 90er Jahren werden in Deutschland mechanisch-biologische Verfahren im größeren Umfang zur Restabfallbehandlung eingesetzt. Anfangs dominierten technisch einfache Anlagenkonzepte ohne Abgasfassung und -behandlung. Im Zuge verfahrenstechnischer Weiterentwicklungen setzten sich jedoch verstärkt geschlossene Anlagen mit Biofilter als Abgasreinigung durch. Diese Abgasreinigungsverfahren konnten die Geruchsemissionen der Anlagen deutlich reduzieren, führten aber zu keiner Minderung der Treibhausgasemissionen.

Mit der Beendigung der Ablagerung unbehandelter Abfälle im Jahr 2005 wurden die Kapazitäten zur mechanisch-biologischen Behandlung deutlich ausgebaut. Nach den Anforderungen der 30. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (30. BImSchV) müssen MBA-Neuanlagen seit dem 1. März 2001 strenge technische Anforderungen erfüllen und anspruchsvolle Grenzwerte einhalten. Die Übergangsregelungen für Altanlagen fordern eine Nachrüstung bis spätestens zum 1. März 2006.

Nahezu alle in den letzten errichteten Neuanlagen wurde im Laufe des Jahres 2005 in Betrieb genommen. Aufgrund von Erweiterungen und technischen Anpassungen der Aufbereitungstechnik wurden auch nahezu alle Altanlagen bereits im Jahr 2005 an die Anforderungen der 30. BImSchV angepasst. Die Übergangssituation im Jahr 2005 lässt mit den bestehenden Berechnungsmodellen kaum beschreiben, da eine Zuordnung der Abfallmengen zu den unterschiedlichen Anlagentechniken nicht möglich ist. Aus Gründen der Vereinfachung erfolgt die Emissionsberechnung bis einschließlich 2005 mit den höheren Emissionsfaktoren der alten Anlagentechnik. Die Berechnung der Emissionen im Jahr 2006 erfolgt mit niedrigeren Emissionsfaktoren der neuen Anlagen.

In Deutschland werden derzeit etwa 4,5 Mio. Mg Abfälle in mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen entsorgt. Als Behandlungsrückstände fallen hierbei etwa 0,5 Mio Mg Abfälle zur Deponierung an. Desweiteren werden etwa 2,5 Mio. Mg heizwertreiche Abfallbestandteile abgetrennt, die in industriellen Feuerungsanlagen als Ersatzbrennstoffe genutzt werden. Im Abfall enthaltene Metalle werden abgetrennt und als Sekundärrohstoffe verwertet. Die restlichen 1,5 Mio. Mg sind Masseverluste im Behandlungsprozess durch biologischen Abbau organischer Bestandteile und Verdunstung oder Ausschleusung (Abwasser) des Wassergehalte des Abfalls.

Abbildung 77: Stoffstromschema Mechanisch-Biologische Abfallbehandlung<sup>141</sup>

### 7.6.1.2 Methodische Aspekte (5.E Other MBA)

Die in MBA behandelten Abfallmengen werden seit 1995 regelmäßig vom Statistischen Bundesamt erhoben und veröffentlicht. In der Berichterstattung der letzten Jahre wurden für 2007 bis 2010 Daten aus dem Forschungsprojekt „Anlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung“ (UBA, 2007) übernommen. Zum damaligen Zeitpunkt bestanden Zweifel, ob die Daten des *Statistischen Bundesamtes* alle Anlagenvarianten erfassen, die vom Emissionsverhalten her der MBA entsprechen. Als konservativer Ansatz wurden daher die höheren Abfallmengen des Forschungsprojektes für die Emissionsberechnung herangezogen. In mehreren Gesprächen mit dem Statistischen Bundesamt konnten die Bedenken ausgeräumt werden. Für die Jahre 2007 bis 2010 erfolgte im NIR 2014 eine Rückrechnung mit Daten des Statistischen Bundesamtes (STBA, Fachserie 19, Reihe 1 vom 12. Juli 2012). Für die weitere Berichterstattung werden die aktuellen Daten des Statistischen Bundesamtes genutzt.

<sup>141</sup> Quelle: VDI 3475 Blatt 3, Emissionsminderung - Anlagen zur mechanisch-biologischen Behandlung von Siedlungsabfällen, 2006-12 (verändert)

## Aktivitätsdaten

Die in MBA behandelten Abfallmengen werden seit 1995 regelmäßig vom Statistischen Bundesamt erhoben und veröffentlicht.

## Emissionsfaktoren

In den 90er Jahren wurden die Emissionen der mechanisch-biologischen Behandlung mit Förderung des BMBF in einem umfangreichen Verbundforschungsvorhaben untersucht. In einem Vorhaben im Jahre 2003 wurden vom Institut für Energie und Umwelt (IFEU) aus den Ergebnissen des Verbundvorhabens Emissionsfaktoren entwickelt. Dabei wurde zwischen offenen (keine Abgasfassung und –behandlung) und geschlossenen (Abgasfassung mit Behandlung im Biofilter) MBA-Verfahren differenziert. Bei Methan wurden die Emissionsfaktoren für beide Varianten in gleicher Höhe angesetzt, da dieser Stoff im Biofilter praktisch nicht abgebaut wird. Der Emissionsfaktor für N<sub>2</sub>O wurde bei geschlossenen Anlagen höher als offenen Anlagen angesetzt, da auch im Biofilter N<sub>2</sub>O durch die Oxidation Ammoniumstickstoff gebildet wird.

Seit Juni 2005 werden aufgrund neuer rechtlicher Anforderungen (30. BImSchV) nur noch geschlossene MBA betrieben, die mit effektiveren Abgasreinigungsverfahren ausgestattet sind. Ab 2006 werden daher als Emissionsfaktoren die Emissionsgrenzwerte der 30. BImSchV angesetzt.

Für die Offene MBA ergaben sich folgende Emissionsfaktoren:

$$\begin{aligned} \text{EF-N}_2\text{O} &= 190 \text{ g N}_2\text{O/Mg Abfall} \\ \text{EF-CH}_4 &= 150 \text{ g CH}_4\text{/Mg Abfall} \end{aligned}$$

Für die geschlossenen MBA mit Biofilter ermittelt die gleiche Studie die folgenden Emissionsfaktoren:

$$\begin{aligned} \text{EF-N}_2\text{O} &= 375 \text{ g N}_2\text{O/Mg Abfall} \\ \text{EF-CH}_4 &= 150 \text{ g CH}_4\text{/Mg Abfall} \end{aligned}$$

Für den Zeitraum ab 2006 wurden für die Inventarberichte bis einschließlich Inventar 2015 die Begrenzungen der Emissionsfrachten der 30. BImSchV als Emissionsfaktoren übernommen:

$$\begin{aligned} \text{EF-N}_2\text{O} &= 100 \text{ g N}_2\text{O/Mg Abfall} \\ \text{EF-CH}_4 &= 55 \text{ g CH}_4\text{/Mg Abfall} \end{aligned}$$

Da im Jahre 2005 die Mehrzahl der MBA über Abgasreinigungsverfahren zur Minimierung der N<sub>2</sub>O-Emission verfügte, wurde der Emissionsfaktor für das Jahr 2005 auf 169 g geschätzt.

Im Rahmen der Datenerhebung für die Überarbeitung des Best Available Techniques Reference Document „Waste Treatment“ wurden im Jahre 2013 vom Umweltbundesamt in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgemeinschaft stoffstromspezifische Abfallbehandlung – ASA (Verband der MBA Betreiber) Emissionsdaten für die MBA erhoben. Die Emissionsdaten für die Parameter Methan und N<sub>2</sub>O lagen hierbei deutlich unter den zulässigen Grenzwerten (Tabelle 408).

Tabelle 408: Emissionen der MBA

Emissionsparameter (Abgas)	Rahmenbedingungen (Normalbedingungen)	Emissionsbandbreiten 16 Anlagen	Grenzwerte 30. BImSchV
Gesamtkohlenstoff (C <sub>ges.</sub> )	Halbstundenmittelwerte	min. 0 – 1,53 <b>Median</b> 1,2 – 11,6	40
	Konzentration in mg/m <sup>3</sup> kontinuierliche Messung	max. 1,5 – 38,7	
	Tagesmittelwerte	min. 0 – 2,68 <b>Median</b> 1,3 – 15,9	20
	Konzentration in mg/ m <sup>3</sup> kontinuierliche Messung	max. 4,58 – 23,9	
	Monatsmittelwerte	min. 2,3 – 21,8 <b>Median</b> 8,36 – 30,7	55
	Fracht in g C <sub>ges.</sub> /Mg Abfall rechnerisch aus Halbstundenmittelwerten	max. 10,6 – 44,0	
Distickstoffoxid (N <sub>2</sub> O)	Monatsmittelwerte	min. 0,01 – 33,3 <b>Median</b> 1,54 – 59,0	100
	Fracht in g N <sub>2</sub> O/Mg Abfall rechnerisch aus Halbstundenmittelwerten	max. 6,23 – 108	

Die in der Erhebung gemeldeten Emissionsdaten sind für den deutschen Anlagenbestand repräsentativ und berücksichtigen alle in Deutschland eingesetzten MBA Varianten. In der Datenerhebung wurden von jeder Anlagen die jeweils Emissionsbandbreiten in Form der höchsten und niedrigsten Messwerte für den jeweiligen Parameter gemeldet. In der Tabelle 408 sind die Anlagen mit den niedrigsten und höchsten Emissionen sowie die Anlage im Mittelfeld der Emissionen als Median gelistet.

Auf der Grundlage dieser Erhebung werden im Inventar 2016 für die Jahre ab 2006 die Emissionsfaktoren an die realen Anlagenemissionen angepasst. Für die Emissionsfaktoren wurde hierbei die maximale Emissionsfracht der Median Anlagen angesetzt.

$$EF-N_2O = 59,0 \text{ g } N_2O/Mg \text{ Abfall}$$

$EF-CH_4 = 40,9 \text{ g } CH_4/Mg \text{ Abfall}$  (30,7 g C<sub>ges.</sub> entsprechen 40,9 g CH<sub>4</sub>) Diese nationalen Emissionsfaktoren werden hier im Inventar 2016 erstmalig für die Inventarberechnungen verwendet es erfolgt eine Rückrechnung ab dem Jahr 2006.

### 7.6.1.3 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.E Other MBA)

Die Unsicherheiten der mechanisch-biologisch behandelten Abfallmengen werden theoretisch als sehr gering (2 %) geschätzt, da es sich um eine Totalerhebung handelt, das Niveau der Berichterstattung gut ist und die Betreiber an einer guten Berichterstattung interessiert sind. Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für den Zeitraum vor 2005 liegen hoch und hängen von der Art der Anlage, der zum Zeitpunkt eingesetzten Anlagentechnik und der Wirkung der eingesetzten Biofilter ab. Die Angaben aus der Literatur schwanken hierbei sehr stark. .

### 7.6.1.4 Kategoriespezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.E Other MBA)

Eine allgemeine Qualitätskontrolle und eine Qualitätssicherung durch die Fachseite und durch die Nationale Koordinierungsstelle wurden gemäß den Anforderungen des QSE-Handbuchs bzw. dessen mitgeltenden Unterlagen durchgeführt.

### 7.6.1.5 Kategoriespezifische Rückrechnungen (5.E Other MBA)

Aufgrund neuer Erkenntnisse aus einer Erhebung von Emissionsdaten aus dem Jahre 2013 werden die Emissionsfaktoren rückwirkend für die Jahre ab 2006 für Methan und N<sub>2</sub>O angepasst (siehe methodische Aspekte).

Bei der Erarbeitung des NIR 2015 lagen statistische Daten für die abgelagerten Abfallmengen nur bis zum Jahr 2013 vor. Die behandelten Abfallmengen für 2013 und 2014 wurden daher als konstant angesetzt. Für die der Emissionen des Jahres 2013 erfolgte daher eine Rückrechnung, wobei die mit der Fachserie 19, Reihe 1 vom 27. Juli 2015 veröffentlichten aktuellen Daten genutzt wurden.

#### **7.6.1.6 Geplante Verbesserungen, kategoriespezifisch (5.E Other MBA)**

Weitere Verbesserungen sind derzeit nicht geplant.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

## **8 ANDERE (CRF SEKTOR 7)**

Gegenwärtig werden für Deutschland keine Treibhausgasemissionen berechnet, die sich nicht einer der anderen vorgesehenen Kategorien zuordnen lassen.

## **9 INDIREKTES CO<sub>2</sub> & NO<sub>x</sub>**

Deutschland berichtet keine Emissionen für indirektes NO<sub>x</sub> und für indirektes CO<sub>2</sub> nur die NMVOC-Emissionen aus der Lösemittelverwendung. Zur Information wie diese NMVOC-Emissionen ermittelt werden und wie diese in indirektes CO<sub>2</sub> umgerechnet werden verweisen wir auf das Kapitel 4.5.3 *Nichtenergetische Produkte aus Brennstoffen und Lösemitteln, Sonstige, Lösemittel – NMVOC* verwiesen.

## 10 RÜCKRECHNUNGEN UND VERBESSERUNGEN

### 10.1 Erklärung und Rechtfertigung der Rückrechnungen

#### 10.1.1 Treibhausgas-Inventar

##### 10.1.1.1 Generelles Vorgehen

Neben Korrekturen gibt es eine Reihe von fachlichen Gründen für Rückrechnungen und Verbesserungen:

- Ergänzende Daten sind verfügbar, die zur Schließung von Fehlstellen des Inventars beitragen.
- Die Datenquelle hat sich geändert.
- Die für die Quellgruppe genutzte Methode wurde an die Vorgaben der *Good Practice Guidance* angepasst.
- Die Quellgruppe ist eine Hauptquellkategorie geworden, so dass ein Methodenwechsel erforderlich wurde.
- Neue länderspezifische Berechnungsverfahren werden angewendet.
- Hinweise und Ergebnisse aus Reviews wurden umgesetzt.

Es ist gute Praxis, bei einer Methodenänderung die gesamte Zeitreihe mit derselben Methode konsistent neu zu berechnen, so dass in jedem Jahr die gleiche Methode verwendet wird und alte Werte entsprechend ersetzt werden. Ist es nicht möglich, die gleiche Methode für alle Jahre zu verwenden, sollte eines von folgenden vier Rückrechnungsverfahren (gemäß *IPCC Good Practice Guidance, 2000: Kapitel 7*) angewendet werden:

- *Überlappungsverfahren* - Voraussetzung ist, dass Daten zur Berechnung nach der alten und neuen Methode wenigstens für ein Jahr gemeinsam verfügbar sind.
- *Ersatzverfahren* - Voraussetzung ist, dass die bisher verwendeten EF und/oder AR starke Ähnlichkeit mit den neuen verfügbaren Daten haben.
- *Interpolationsverfahren* - Die bisher verwendeten Daten für die Rückrechnung sind nur für einige Jahre der Zeitreihe verfügbar und die fehlenden werden interpoliert.
- *Extrapolationsverfahren* - Daten für die neue Methode sind nicht für den Anfang und/oder das Ende der Zeitreihe verfügbar.

Eine Anleitung zur Verwendung der vorgenannten Rückrechnungsverfahren findet sich nebst Beispielen im QSE-Handbuch.

##### 10.1.1.2 Rückrechnungen im Inventar 2016 nach Quellgruppen

Die Rückrechnungen begründen sich diesjährig durch verschiedene methodische Anpassungen, die teilweise erhebliche Veränderungen in den betroffenen Quellgruppen nach sich zogen, sowie weiteren Detailverbesserungen.

Die Inventare enthalten dabei Verbesserungen in folgenden Bereichen (wenn nicht anders angegeben beziehen sich die Änderungen auf die gesamte Zeitreihe):

##### **Energie** (auszugsweise)

- Anpassung der AR an Angaben der finalen NEB 2013 (1.A, 1.D.1.a & b)
- Revision Heizwerte für Kohlen; ab 2006 (1.A)
- Revision EF(CO<sub>2</sub>) für Dieselkraftstoff (1.A, 1.D.1.b)

- Aktualisierung NEB und statistische Daten 2013 (1.A.2.a)
- Aktualisierung / Fortschreibung TREMOD MM (1.A.2.g vii, 1.A.4.a ii, b ii, c ii)
- Aktualisierung / Fortschreibung TREMOD AV (1.A.3.a, 1.D.1.a)
- Aktualisierung / Fortschreibung TREMOD (1.A.3 b - d)
- Abschluss Revision TREMOD bzgl. LPG und CNG (1.A.3.b)
- Revision EF(CH<sub>4</sub>) gemäß TREMOD 5.62 (1.A.3.c)
- Revision BSH-Modell (1.A.3.d, 1.A.4.c iii, 1.A.5. b iii, 1.D.1.b)
- Änderung Statistik zu Leitungslängen und -zusammensetzung (1.B.2.b)
- Korrektur Einheitenfehler des EF(CH<sub>4</sub>) für Erdgasverdichter (1.B.2.b)

### Industrieprozesse & Produktverwendung

- Korrektur AR Glasindustrie und Sodaeinsatz der Glasindustrie 2013 (2.A.3, 2.A.4.b)
- Neuberücksichtigung Anlage zur Salpetersäure-Produktion (2.B.2)
- Korrektur EF(CO<sub>2</sub>) für Anlagen der Petrochemie - verbesserte Datengrundlage und Fehlerkorrektur (2.B.8.a – e)
- Neuberücksichtigung ETS-Daten für CO<sub>2</sub> aus Industrieruß-Herstellung (2.B.8.f)
- Aktualisierung NEB und statistische Daten 2013 (2.C.1)
- Aktualisierung statistische Daten 2013 (2.C.2)
- Revision NMVOC aus Lösemittelanwendungen (2.D.3)
- Neuerfassung F-Gase aus Wärmeüberträgern (2.E.4)
- Revision Gewerbe- (2.F.1.a) und Industriekälte (2.F.1.c) sowie PKW-Klimaanlagen (2.F.1.e)
- Neuerfassung Klimaanlagen in Flugzeugen und Hubschraubern (2.F.1.e)
- Revision Perfluordecalin-Einsatz in Medizinprodukten; 2012 – 2013 (2.G.2.e)
- Fehlerkorrektur F-Gase aus ORC-Anlagen (2.G.4)

### Landwirtschaft

- Verbesserung der Methodik (3.B(a).1, 3.B(a).4, 3.B(b).1)
- Aktualisierung Tierzahlen; verschiedene Jahre (3.A.2 – 4, 3.B(a).2 – 4, 3.B(b).2 – 5)
- Aktualisierung Leistungsdaten; verschiedene Jahre (3.A.1, 3.A.3 & 4, 3.B(a).1, 3.B(a).3 & 4, 3.B(b).1, 3.B(b).3 - 5)
- Aktualisierung AR Vergärung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen (3.B(a).1, 3.B(a).3 – 4, 3.B(b).1, 3.B(b).3 – 5, 3.D.2.c, 3.J)
- Aktualisierung AR Mineraldünger; 1990 - 2001 (3.D.a.1, 3.D.b, 3.H)
- Veränderung AR Stickstoff für N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlichen Böden (3.D.a.2.a, 3.D.a.3, 3.D.b)
- Aktualisierung AR Klärschlamm; 2007 – 2013 (3.D.a.2.b)
- Aktualisierung Flächendaten organische Böden (3.D.a.6)
- Aktualisierung Düngekalkmengen (3.G)

### Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft:

- Änderung Berechnungsgrundlage für Flächen: neue ATKIS-Basis-DLM-Daten für 2014 und Karte organ. Böden in D (4.A – F)
- Modifikation Methode zur Ermittlung der Landnutzung und Landnutzungsänderung auf organischen Böden (4.A – F)
- Änderung EF organ. Böden nach Modifikation Flächenbestimmung (4.A, 4.C & D)

- Änderung EF Biomasse von Silomais und annuellen Grünlandpflanzen inkl. Futterbau (4.B – E)
- Anpassung Herleitung des Altpapieranteils der Holzprodukte sowie Algorithmen des WoodCarbonMonitor bzgl. Export (4.G)

#### Abfall und Abwasser:

- Anpassung FAO-Daten durchschnittliche Eiweißzufuhr; 2008-2013 (5.D.1)
- Korrektur Einwohnerzahl 2013 (5.D.1)
- Korrektur Doppelzählung Indirekt-Einleitung in kommunale Kläranlagen (5.D.2)
- Aktualisierte statistische Daten 2013 (5.A, 5.B, 5.E)
- neue Datenquelle für EF-Berechnung; ab 2006 (5.E)

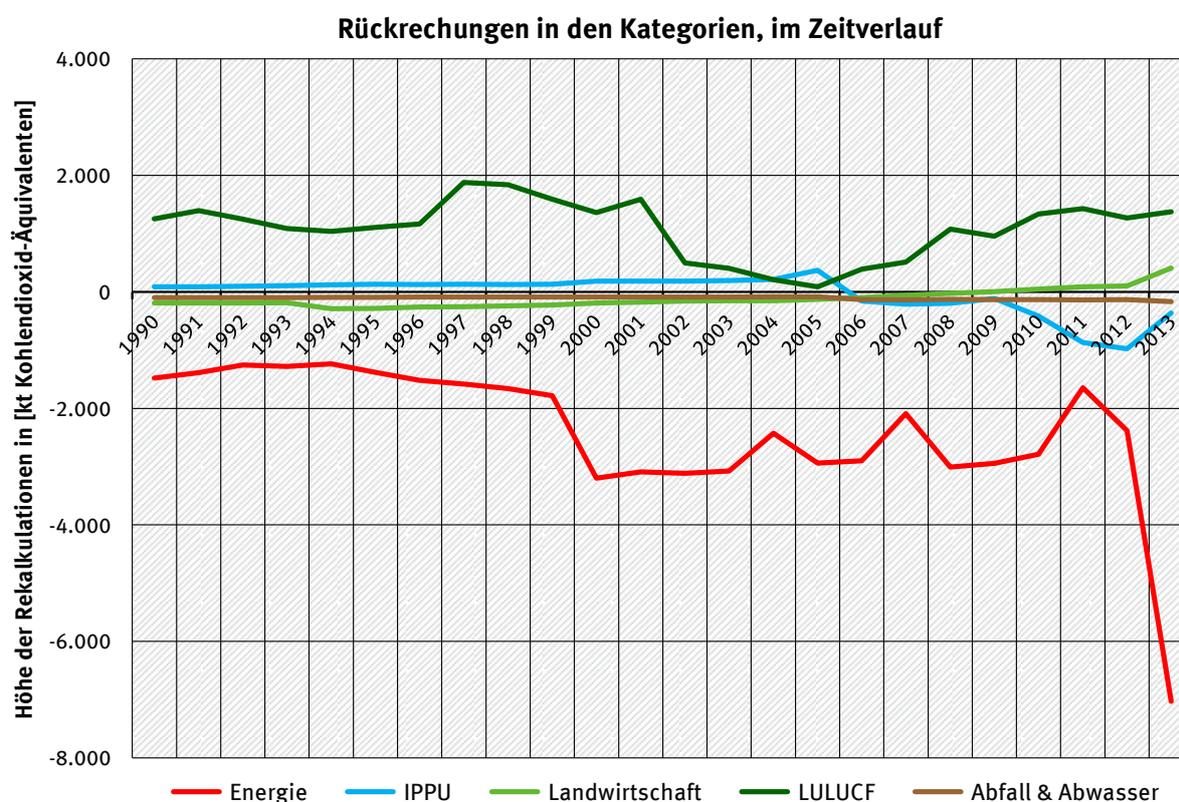


Abbildung 78: Änderung der Gesamtemissionen über alle Kategorien gegenüber Submission 2015

#### 10.1.1.3 Rückrechnungen im Inventar 2016 nach Substanzen

Rückrechnungen erfolgten in folgenden Quellgruppen (siehe auch Nennungen unter 10.1.1.2):

Tabelle 409: Übersicht der von Rückrechnungen betroffenen CRF-Oberkategorien

CRF	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFCs	PFCs	SF <sub>6</sub>	NF <sub>3</sub>
1 - Energie	X	X	X				
2 - IPPU	X		X	X	X		
3 - Landwirtschaft	X (1990)	X (ab 2000)	X				
4 - LULUCF	X	X	X				
5 - Abfall & Abwasser			X				

Tabelle 410: durch Rückrechnungen bedingte relative Änderungen gegenüber der vorjährigen Berichterstattung

	Basisjahr	2013
<b>Gesamt (CO<sub>2</sub>-äquiv.)</b>		-0,76%
<b>CO<sub>2</sub></b>	1990:	-0,58%
<b>CH<sub>4</sub></b>		-4,20%
<b>N<sub>2</sub>O</b>		0,27%
<b>F-Gase</b>	1995:	0,16%
<b>HFCs</b>		0,19%
<b>PFCs</b>		0,57%
<b>SF<sub>6</sub></b>		0,00%
<b>NF<sub>3</sub></b>		0,00%

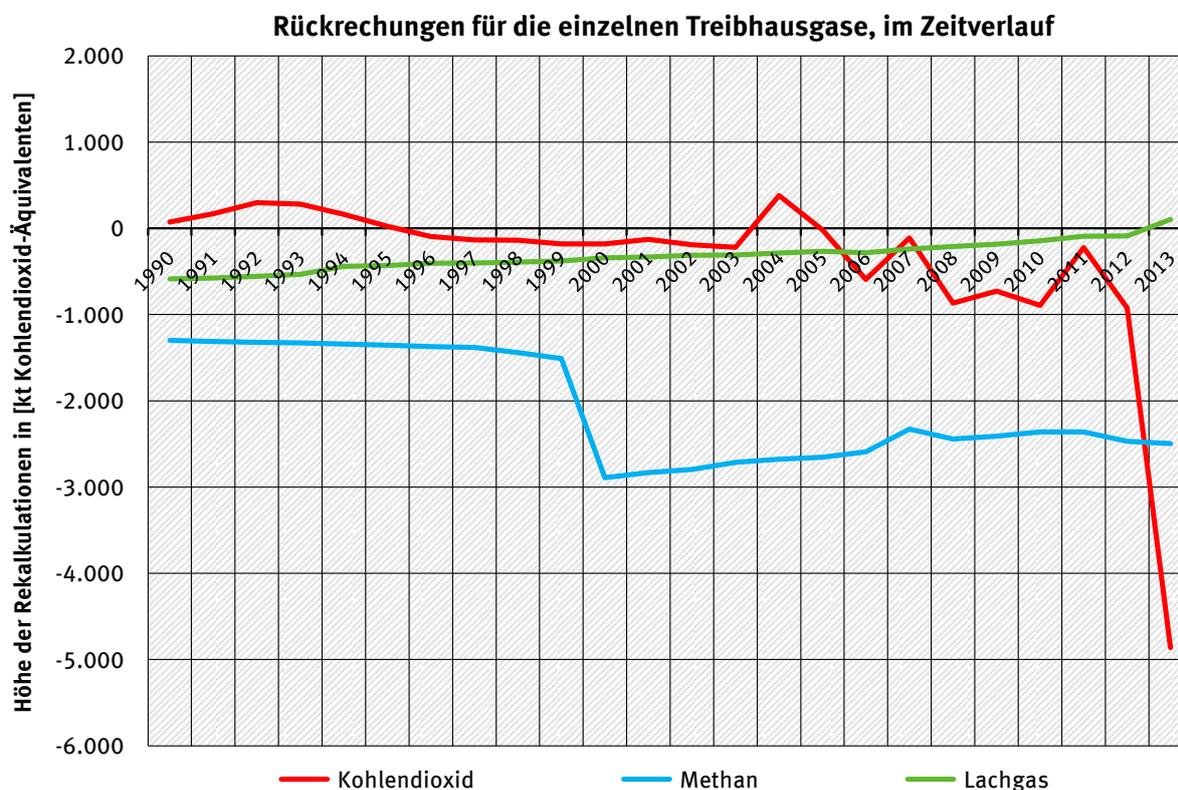


Abbildung 79: Rückrechnung der Gesamtemission der einzelnen Treibhausgase über alle Quellgruppen gegenüber Submission 2015

### 10.1.1.4 Rückrechnungen als Umsetzung von Ergebnissen des Review Prozesses

Gegenüber der vorjährigen Submission erfolgten folgende keine Review-bedingten Rückrechnungen.

## **10.1.2 KP-LULUCF-Inventar**

### **10.1.2.1 Generelles Vorgehen**

Das methodische Vorgehen bei Rückrechnungen unter dem Kyoto Protokoll entspricht dem bei der Konvention angewendeten. Ausführliche Informationen zum generellen Vorgehen finden sich im Kapitel 10.1.1.1.

### **10.1.2.2 Rückrechnungen im Inventar 2016 nach Quellgruppen**

Für die Aktivitätsdaten wurden zur Herleitung der organischen Böden die Karte der organischen Böden Deutschlands eingeführt und der aktuelle Datensatz des Basis-DLM (2014) für die Herleitung der Flächen berücksichtigt. Dadurch wurde eine Rekalkulation aller Aktivitätsdaten ab 1990 notwendig.

Für die organischen Böden wurden durch die Einführung einer neuen Methode zur Ermittlung der Landnutzung und Landnutzungsänderung bedingt durch Einführung der hochauflösenden Karte der organischen Böden neue Emissionsfaktoren hergeleitet. Weiterführende Informationen sind in den Kapiteln 6.1.2.2.3 und 6.3.1 zu finden.

Bei der Biomasse wurden durch die Korrektur der Biomassedaten von Silomais und annuellen Grünlandpflanzen inkl. Futteranbau andere Emissionsfaktoren für Acker- und Grünland verwendet.

Für die Holzprodukte wurde die Herleitung des Altpapieranteils angepasst. Entsprechend ändern sich die Zeitreihen der Netto-Emissionen für die HWP-Kategorie Papier und Pappe. Zudem wurden die Algorithmen des Modells *WoodCarbonMonitor* in Bezug auf den Export korrigiert. Aus diesem Grund wurde die ermittelte Netto-Emissionszeitreihe für Holzwerkstoffexporte geändert.

### **10.1.2.3 Rückrechnungen im Inventar 2016 nach Substanzen**

Infolge der veränderten methodischen Herleitung der organischen Böden und der damit verbundenen Rekalkulation der Aktivitätsdaten erfolgte eine Neuberechnung sämtlicher Emissionen.

### **10.1.2.4 Rückrechnungen als Umsetzung von Ergebnissen des Review Prozesses**

Gegenüber Submission 2015 erfolgten keine Review-bedingten Rückrechnungen.

## **10.2 Auswirkung auf die Höhe der Emissionen**

### **10.2.1 Treibhausgas-Inventar**

Die Veränderungen gegenüber der Submission 2015 fallen mit -0,14 % für 1990 und -0,76 % für das Jahr 2013 erwartungsgemäß recht unterschiedlich aus.

Für die einzelnen CRF-Sektoren sind die Veränderungen innerhalb der für 1990 bzw. 2013 berichteten Emissionen in Tabelle 413 und Tabelle 414 dargestellt.

Das Inventar wurde in Bezug auf Vollständigkeit und Genauigkeit verbessert.

Tabelle 411: durch Rückrechnungen bedingte absolute und prozentuale Veränderungen der nationalen Gesamtemissionen (ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF) ggü. der vorjährigen Berichterstattung

	2015	2016	Änderung ggü. 2015	
1990	1.249.701	1.247.892	-1.810	-0,14%
1991	1.203.170	1.201.452	-1.717	-0,14%
1992	1.152.939	1.151.368	-1.571	-0,14%
1993	1.143.942	1.142.373	-1.569	-0,14%
1994	1.125.122	1.123.514	-1.608	-0,14%
1995	1.121.948	1.120.208	-1.740	-0,16%
1996	1.139.925	1.138.073	-1.852	-0,16%
1997	1.105.483	1.103.585	-1.898	-0,17%
1998	1.079.976	1.078.014	-1.962	-0,18%
1999	1.046.882	1.044.821	-2.062	-0,20%
2000	1.046.125	1.042.736	-3.388	-0,32%
2001	1.060.798	1.057.542	-3.256	-0,31%
2002	1.039.747	1.036.481	-3.266	-0,31%
2003	1.036.536	1.033.330	-3.206	-0,31%
2004	1.019.480	1.016.949	-2.531	-0,25%
2005	994.386	991.530	-2.856	-0,29%
2006	1.002.144	998.779	-3.365	-0,34%
2007	974.395	971.822	-2.573	-0,26%
2008	977.226	973.795	-3.431	-0,35%
2009	909.609	906.353	-3.256	-0,36%
2010	944.406	941.049	-3.357	-0,36%
2011	924.472	921.840	-2.633	-0,28%
2012	929.864	926.404	-3.460	-0,37%
2013	952.460	945.227	-7.233	-0,76%

„2015“: gemäß Submission 2015; „2016“: gemäß Submission 2016

Quelle: eigene Berechnungen

Tabelle 412: durch Rückrechnungen bedingte prozentuale Veränderungen der nachrichtlichen Inventardaten gegenüber der vorjährigen Berichterstattung

	1990	2013
nachrichtliche Emissionen:	16,24%	0,82%
aus internationalen Verkehren	0,55%	-0,31%
<i>davon: internationaler ziviler Flugverkehr</i>	0,76%	-0,46%
<i>davon: internationaler Schiffsverkehr</i>	0,15%	0,28%
aus Multilaterale Militäreinsätze	NE	NE
CO <sub>2</sub> aus der Verbrennung von Biomasse	0,00%	1,84%
aufgefangenes CO <sub>2</sub> (CCS)	0,00%	0,00%
in Deponien festgesetzter Kohlenstoff	0,00%	0,00%
indirektes N <sub>2</sub> O	0,00%	0,00%

Quelle: eigene Berechnungen

### 10.2.1.1 Auswirkung auf die Emissionshöhe von Kategorien 1990

Die Gesamtemissionen (ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF) für 1990 werden um etwa 0,14 % bzw. 1.810 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalente nach unten korrigiert (siehe Tabelle 413).

Die maßgebliche inventarwirksame Korrektur erfolgt dabei mit einem Minus von 1.481 kt bzw. 0,14 % im Sektor Energie.

In den meisten weiteren Sektoren kam es zu recht ähnlichen relativen Veränderungen. Diese wirken sich absolut aber kaum auf das Gesamtinventar aus.

Lediglich hinsichtlich der für den LULUCF-Sektor berichteten Methan- und Lachgas-Emissionen kam es mit einem Minus von fast 7% zu einer deutlicheren Korrektur nach unten.

Zusätzliche, jedoch nicht in das Inventar einfließende Änderungen erfolgten für die CO<sub>2</sub>-Einbindungen und -Emissionen des LULUCF-Sektors. Hier führt die oben beschriebene Überarbeitung zu einer Verminderung der Senkenwirkung um 1.380 kt bzw. rund 4 %.

Detailliertere Informationen sind, in Ergänzung zu nachfolgender Tabelle, in den CRF-Tabellen 8(a)s1 und 8(a)s2 verfügbar.

Tabelle 413: Rückrechnung der CRF-spezifischen Gesamtemission über alle Treibhausgase 1990

	2015	2016	Änderung ggü. 2015	
<b>Nationale Gesamtemissionen (ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF)</b>	<b>1.249.701</b>	<b>1.247.892</b>	<b>-1.810</b>	<b>-0,14%</b>
1. Energie	1.037.165	1.035.684	-1.481	-0,14%
2. IPPU	96.404	96.493	89	0,09%
3. Landwirtschaft	77.889	77.698	-191	-0,25%
4. LULUCF: N <sub>2</sub> O + CH <sub>4</sub> (Emissionen)	1.834	1.706	-128	-6,97%
5. Abfall	36.409	36.311	-98	-0,27%
LULUCF: CO <sub>2</sub> (Netto-Emissionen/Einbindung)	-34.365	-32.985	1.380	4,02%

„2015“: gemäß Submission 2015; „2016“: gemäß Submission 2016

Quelle: eigene Berechnungen

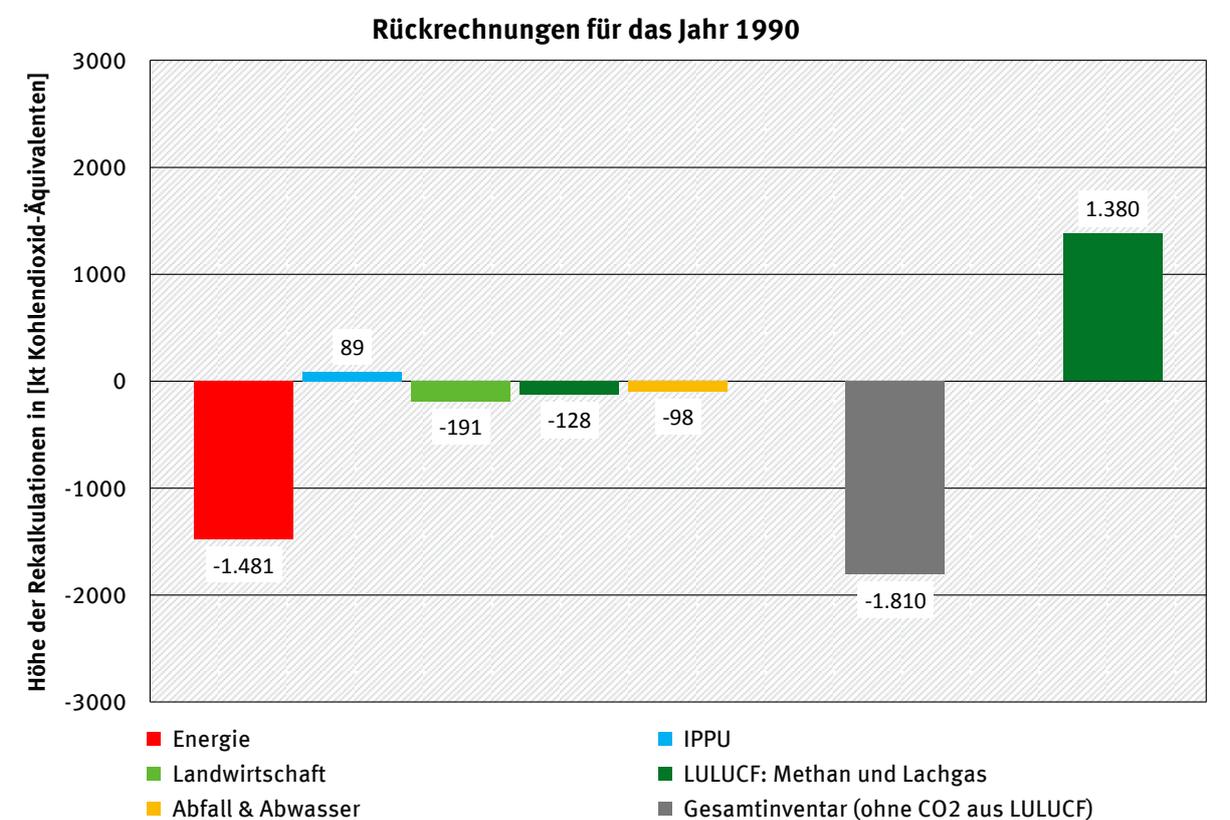


Abbildung 80: Auswirkung der Rückrechnungen auf CRF-Sektoren und Gesamtinventar 1990

### 10.2.1.2 Auswirkung auf die Emissionshöhe von Kategorien 2013

Die für das Jahr 2013 berichteten Gesamtemissionen ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF verringern sich im Vergleich zur Submission 2013 um 7.233 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalente bzw. 0,76 % (siehe Tabelle 414).

Die maßgebliche inventarwirksame Korrektur erfolgt dabei mit einem Minus von 7.031 kt bzw. 0,86 % im Sektor Energie - insbesondere als Folge der Überarbeitung der Energiebilanz 2013.

In den meisten weiteren Sektoren kam es zu recht ähnlichen relativen Veränderungen, die in der Regel ebenfalls auf das Vorliegen aktualisierter statistischer Daten zurückzuführen sind. Diese Änderungen wirken sich absolut aber kaum auf das Gesamtinventar aus.

Lediglich hinsichtlich der für den LULUCF-Sektor berichteten Methan- und Lachgas-Emissionen kam es mit einem Minus von fast 4,5 % zu einer deutlicheren Korrektur nach unten.

Zusätzliche, jedoch nicht in das Inventar einfließende Änderungen erfolgten für die CO<sub>2</sub>-Einbindungen und -Emissionen des LULUCF-Sektors. Hier führt die oben beschriebene Überarbeitung zu einer Verminderung der Senkenwirkung um 1.456 kt bzw. rund 8,3 %.

Ergänzende Informationen enthalten die CRF-Tabellen 8(a) und 8(b) und nachfolgende Zusammenstellung.

Tabelle 414: Rückrechnung der CRF-spezifischen Gesamtemission über alle Treibhausgase 2013

	2015	2016	Änderung ggü. 2015	
<b>Nationale Gesamtemissionen</b> (ohne CO <sub>2</sub> aus LULUCF)	952.460	945.227	-7.233	-0,76%
1. Energie	813.439	806.408	-7.031	-0,86%
2. IPPU	61.372	61.010	-363	-0,59%
3. Landwirtschaft	64.243	64.650	407	0,63%
4. LULUCF: N <sub>2</sub> O + CH <sub>4</sub> (Emissionen)	1.787	1.707	-79	-4,45%
5. Abfall	11.620	11.452	-168	-1,44%
LULUCF: CO <sub>2</sub> (Netto-Emissionen/Einbindung)	-17.481	-16.025	1.456	8,33%

„2015“: gemäß Submission 2015; „2016“: gemäß Submission 2016

Quelle: eigene Berechnungen

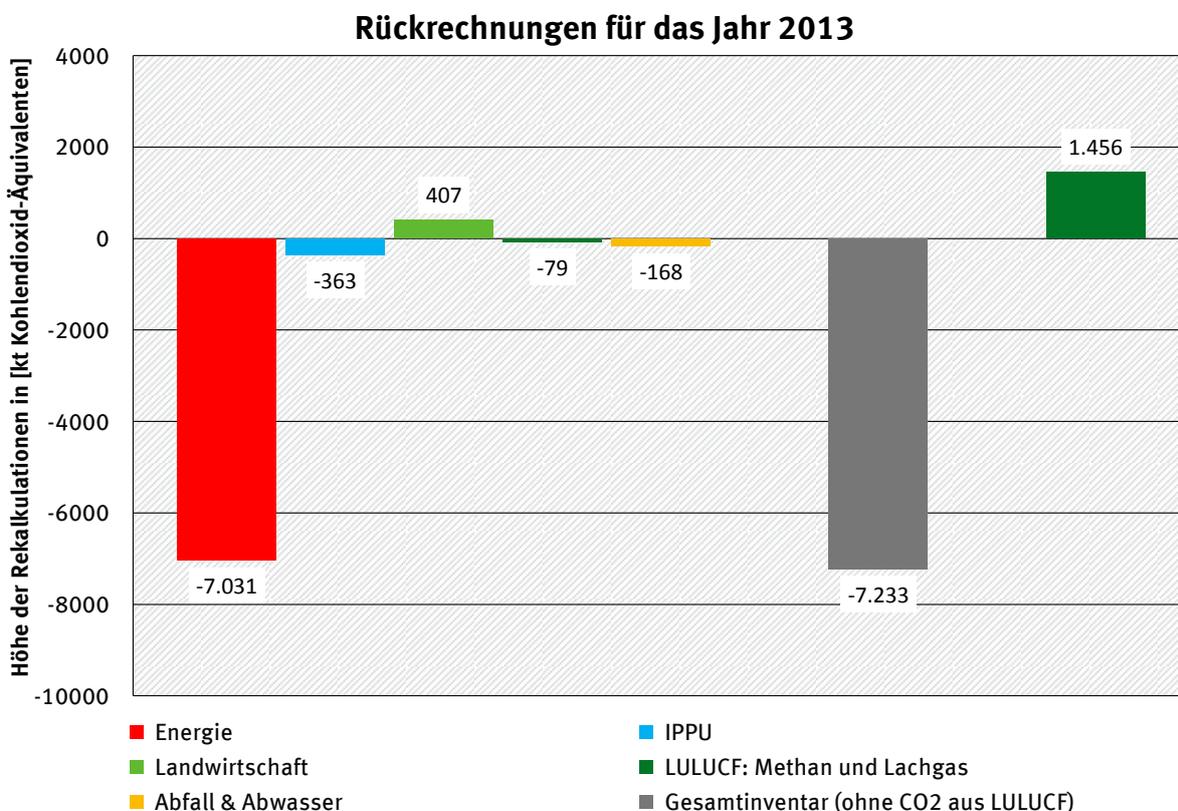


Abbildung 81: Auswirkung der Rückrechnungen auf CRF-Sektoren und Gesamtinventar 2013

## 10.2.2 KP-LULUCF-Inventar

### 10.2.2.1 Auswirkung auf die Emissionshöhe von Kategorien 1990

Die Gesamtsenke für 1990 verringert sich gegenüber der Submission 2015 um 2,23 %. Dies ist vor allem auf die Methodenänderung bei der Herleitung der organischen Böden zurückzuführen. Die veränderten organischen Bodenflächen führen bei der Landnutzungskategorie Grünland zu einem Anstieg (22,36 %) und bei der Kategorie Ackerland zu einer Verringerung (-17,21 %) der Emission. Dagegen sind die Änderungen bei den Waldkategorien gering (siehe Tabelle 415).

Tabelle 415: Rückrechnung der KP-LULUCF-Gesamtemission über alle Treibhausgase 1990

	2015	2016	Änderung ggü. 2015	
Aufforstung (KP3.3)	633	585	-48	-7,58 %
Entwaldung (KP3.3)	1.778	1.763	-15	-0,84 %
Waldbewirtschaftung (KP3.4)	-73.605	-74.836	-1.231	1,67 %
Ackerlandbewirtschaftung (KP3.4)	15.342	12.702	-2.640	-17,21 %
Grünlandbewirtschaftung (KP3.4)	21.057	25.766	4.709	22,36 %
gesamt	-34.795	-34.020	775	-2,23 %

„2015“: gemäß Submission 2015; „2016“: gemäß Submission 2016

Quelle: eigene Berechnungen

### 10.2.2.2 Auswirkung auf die Emissionshöhe von Kategorien 2013

Die Gesamtsenkenleistung steigt für das Jahr 2013 im Vergleich zur Submission 2015 um 8,77 %. Wie bei den Änderungen für das Jahr 1990 (Kapitel 10.2.2.1) sind hier hauptsächlich die Änderungen bei den organischen Flächen Ursache für die Unterschiede. Die größte relative Änderung gab es bei der Kategorie Entwaldung mit -28,76 %. Allerdings sind die Emissionen bei Entwaldung zur Gesamtemissionen gering. Hauptursache für die größere Senke in der Submission 2016 ist die Änderung bei der Waldbewirtschaftung (2,31 %) (siehe Tabelle 416).

Tabelle 416: Rückrechnung der KP-LULUCF-Gesamtemission über alle Treibhausgase 2013

	2015	2016	Änderung ggü. 2015	
Aufforstung (KP3.3)	-6,061	-6.228	-167	2,76 %
Entwaldung (KP3.3)	2.764	1.969	-795	-28,76 %
Waldbewirtschaftung (KP3.4)	-54.143	-55.394	-1.251	2,31 %
Ackerlandbewirtschaftung (KP3.4)	13.942	14.629	687	4,93 %
Grünlandbewirtschaftung (KP3.4)	22.664	22.362	-302	-1,33 %
gesamt	-20.834	-22.662	-1.828	8,77 %

## 10.3 Auswirkung auf die Emissionstrends und die Konsistenz der Zeitreihe

### 10.3.1 Treibhausgas-Inventar

Die Konsistenz der Zeitreihen hat sich auf Grund der Rückrechnungen verbessert.

Im Ergebnis stellt sich der Trend der nationalen Gesamtemissionen (ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF) gegenüber dem aktuellen Basisjahr in einer Reduktion von knapp 28 % dar.

Nach dem zuletzt deutlichen Anstieg liegen die reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen mehr als 5 % unter den Werten des Vorjahres. Ähnliches gilt mit einem Minus von 2,4 % für Methan. Die Lachgas-Emissionen nehmen im Gegensatz dazu um 1,8 % zu.

Die HFC-, PFC-, SF<sub>6</sub>- und NF<sub>3</sub>-Emissionen entwickeln sich weiterhin uneinheitlich: Gegenüber 2013 werden 1,3 % mehr HFCs aber 9,3 % weniger PFCs freigesetzt. Die emittierten Mengen SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub> nehmen um 4,1 % bzw. 26,5 % zu.

### **10.3.2 KP-LULUCF-Inventar**

Die Konsistenz der Zeitreihen blieb durch die Rückrechnung gewahrt. Vor allem durch die Methodenverbesserung bei der Bestimmung der organischen Bodenflächen konnte eine wesentliche Verbesserung der Emissionsschätzung erfolgen. Insgesamt führte das für alle Kategorien zu einer Anpassung der Emissionen (siehe Kapitel 10.2.2).

## **10.4 Verbesserungen des Inventars**

### **10.4.1 Treibhausgas-Inventar**

Die folgende Tabelle fasst die durchgeführten Verbesserungen der THG-Emissionsberichterstattung aufgrund der Hinweise und Anmerkungen des ERT aus den zurückliegenden Überprüfungen unter der Klimarahmenkonvention und unter dem Kyoto Protokoll zusammen. Die Tabelle nennt nur Aspekte, die nicht bereits während der Überprüfung gelöst wurden.

Tabelle 417: Zusammenstellung der mit der aktuellen Berichterstattung erledigten Review-Empfehlungen

CRF	Review Findings	Improvement	Report [year]	Source	Reference	Resolved in NIR-Chapter
0	With regard to QA/QC procedures, the NIR states that "Due to a lack of relevant specialized staff, it has not yet been possible to have source category experts carry out quality control and quality assurance for the area of CO2 emission factors". The ERT asked the Party to clarify whether this statement refers to category-specific (tier 2) QC procedures during the inventory preparation process and/or to QA activities performed by personnel not directly involved in the inventory preparation process. The Party responded that all CO2 EFs and NCVs are thoroughly checked by an experienced expert, including comparisons with IPCC default values, the EFs of other countries and EFs based on EU ETS data. The Party also explained that there are regular discussions with the Federal Statistical Office and the industry about NCVs and the composition of special gases. The ERT found that no experts outside the inventory team are involved in the performance of regular QA/QC procedures and considers that QA checks would further enhance the quality of the Party's GHG inventory. The ERT encourages Germany to establish a process for external QA of its annual submissions.	The conclusion that there is no external QA is wrong. Please see NIR, (role concept and process organisation). If in some cases an expert or the belonging superior is missing (e.g. illness) and cannot be replaced in short-term there is always a back-up within the national entity responsible for qc and qa. More over there is a basic expert peer review mechanism established on a routinely and yearly basis.	2014	ARR	§ 26	1.3.3.1.3+4
0.	The ERT recommends that the Party report in its next annual submission any change(s) in its national registry in accordance with chapter I.G of the annex to decision 15/CMP.1. In response to the draft review report, Germany informed the ERT that this recommendation is addressed in its 2012 submission.	Issue has been resolved	2011	ARR	§ 121	-
0.	The ERT noted that the reasons for the higher uncertainty estimates in the current annual submission were not clearly explained in the NIR. To increase transparency, the ERT encourages Germany to explain the differences in the uncertainty estimates for the consecutive annual submissions in the NIR	Issue has been resolved	2013	ARR	§ 13, Table 4	1.7
0.	The ERT noted that in general, quantitative uncertainties for AD and EFs at an aggregated level are available in the NIR (table 387), but quantitative uncertainty estimates are not provided in the category-specific sections of the NIR. In response to questions raised by the ERT during the review, Germany provided the ERT with the spreadsheets which included category-specific uncertainties for AD, EFs and combined uncertainty of emissions according to the fuel type. The ERT recommends that the Party include brief information on quantitative uncertainties in the category-specific sections in the NIR.	Issue has been resolved	2013	ARR	§ 25	-
1.	greater focus on explaining the recalculations that led to the largest changes --> energy balance and particularly natural gas consumption	Issue has been resolved. There are quantitative and qualitative analyses of recalculations available in the sector specific chapters of 1.A.	2014	ARR	§ 18	1.A

CRF	Review Findings	Improvement	Report [year]	Source	Reference	Resolved in NIR-Chapter
1.	identisch zum Handlungsbedarf, aber in der Herleitung klar bezogen auf den energy sector.	This takes place every year on an ongoing basis.	2014	ARR	§ 20	-
1.A.	Germany also compares its sectoral approach data with aggregated data from all sixteen Länder. The difference in total emissions is only partly explained in the NIR. The ERT commends the Party for this additional comparison and encourages it to provide a more comprehensive explanation of the differences in its next annual submission.	Issue has been resolved	2010	ARR	§ 65	-
1.A., 1.B	Inconsistencies in the Party's reporting of non-energy use of fuels among CRF tables 1.A(b), 1.A(c) and 1.A(d), including in the use of the notation keys (e.g. "NA" (not applicable) instead of "NO" (not occurring)). For example, the sum of total carbon stored reported in CRF table 1.A(b) (67,777.26 Gg CO <sub>2</sub> ) is not equal to the sum of CO <sub>2</sub> not emitted reported in CRF table 1.A(d) (68,429.68 Gg CO <sub>2</sub> ). Also, the difference between the apparent consumption and the apparent consumption excluding non-energy use and feedstocks reported in CRF table 1.A(c) (1,109,155 TJ) is not equal to the sum of all fuel quantities reported in CRF table 1.A(d) (1,116,767 TJ). In addition to these findings regarding the consistency of the reported information, the ERT considers that the reporting of non-energy use of fuels and feedstocks could be improved in relation to transparency. For example, the relevant information in the last three columns of CRF table 1.A(d) (i.e. subtracted from energy sector, associated CO <sub>2</sub> emissions and allocated under) has not been reported. The ERT considers that ensuring access to this information by the inventory compiler is important for improving the transparency of the reporting of the energy and industrial processes sectors.	Given the fundamental revision and harmonisation of the named CRF tables after submission 2014, going along with changes in the data compilation work flow, the inventory compiler regards this issue as solved until a contrary assessments of a future ERT.	2014	ARR	§ 30	-
1.A.1-2	Germany reported a consumption of solid fuels equivalent to 191,340 TJ in 2012 for iron and steel. For the same year, the data reported to Eurostat show a consumption of 363,690 TJ. The Party explained that this difference is a result of the different reporting structure in the GHG inventory compared with the national energy statistics. The ERT notes that the AD used to estimate emissions from iron and steel in Germany include coke breeze, hard coal use of sinter plants, blast furnace gas and basic oxygen furnace gas, as well as coke oven gas used in power plants and in boilers of the different steel-making processes. Also, an important part of the emissions from solid fuels is reported under iron and steel production in the industrial processes sector. During the review, the ERT asked Germany to provide the carbon balance for the iron and steel category. The Party responded that the current reporting structure, as well as the carbon balance, is the result of the in-country review conducted in 2010. The carbon balance shows that the output is indeed higher than the input, with a very high statistical difference. The Party explained that there was an intensive discussion with the Iron and Steel Association and the Federal Statistical Office to determine the exact reason for this inconsistency. The reason for the imbalance is an overestimation of the blast furnace gas volume as a result of high measurement uncertainties. The ERT notes that Germany is planning to revise its calculation method and increase the consistency with the EU ETS data in its 2015 annual submission.	Issue has been resolved. In chapter 1.A.2.a and 2.C.1 a comprehensive explanation of the reporting structure ist available. A couple of graphs help to illustrate this subject. The carbon balance cannot be reported due to confidential data. Information on the carbon balance can be supplied to the review experts upon request.	2014	ARR	§ 31	1.A.2.a and 2.C.1 a

CRF	Review Findings	Improvement	Report [year]	Source	Reference	Resolved in NIR-Chapter
2.A.1.	Germany has calculated CO <sub>2</sub> emissions from cement production on the basis of clinker production, with a country-specific EF of 0.53 t CO <sub>2</sub> /t clinker, which is higher than the IPCC default value (0.51 t CO <sub>2</sub> /t clinker). Although the overall EF is higher than the IPCC default value, the previous ERT noted that Germany did not apply a correction for cement kiln dust. Germany explained in the NIR that there is no need to take account of significant losses via the exhaust-gas pathway because dust separated from the exhaust gases is returned to the burning process in the German cement industry. This means that the cement kiln dust correction factor is 1.00. Based on the explanation given by Germany in the NIR, the ERT considers that the method used corresponds to the IPCC tier 2 method, which is appropriate for this key category. In the previous review report, the Party was encouraged to verify the emission data with data from the EU ETS. In response to questions raised by the ERT during the current review, Germany provided the comparison of CO <sub>2</sub> emission data presented in the NIR and those in the EU ETS reports between 2005 and 2011. The ERT noted that the CO <sub>2</sub> emissions from cement production reported in the NIR are higher than those reported in the EU ETS reports. The range of difference is from 1.2 per cent in 2005 to 7.3 per cent in 2011. The ERT commends Germany for providing this information and encourages the Party to include CO <sub>2</sub> emissions at the national level from the EU ETS report in the NIR for verification purposes, and to explain the significant difference.	Verification has been performed and been documented internally.	2013	ARR	§ 42	4.2.1
1.A.3-5	The ERT notes that some of the uncertainties reported in the NIR are relatively large. For example, the uncertainty of the AD related to CO <sub>2</sub> emissions from road transportation is around 9 per cent and the uncertainties for the residential and commercial categories are around 8 per cent. The ERT notes that these are very large emission sources and well-established statistical flows in the energy balance. During the review, the Party explained that the uncertainty of 8 per cent for the residential and commercial categories takes into account the uncertainty of the net calorific value (NCV) and the AD. The ERT notes that accurate and reliable AD are prerequisites for the calculation of good-quality emission estimates for the energy sector.	Issue has been explained.	2014	ARR	§ 25	1.7.1.2
1.D.1.b.	Germany cannot distinguish the amount of bunker fuel that is used for international transport on inland waterways (such as on the Rhine river) from that used for domestic navigation because of a lack of statistical data. The ERT notes that the approach followed by Germany leads to an overestimation of emissions from navigation as all fuel and emissions are considered domestic and reported under navigation. During the review, Germany explained that no statistics are available to report this breakdown. The IPCC good practice guidance also requires that estimates are accurate in the sense that they do not systematically overestimate or underestimate true emissions or removals.	Issue has been resolved.	2014	ARR	§ 29	NIR 2015 3.2.10.4
2.A.2.	Germany uses lime production data to estimate CO <sub>2</sub> emissions for the entire time series. The estimated emissions and collected production-quantity data were compared with findings from the EU ETS and with national statistical data. Responding to recommendations made in previous review reports, Germany reported on the analysis of the differences between the CO <sub>2</sub> emissions reported in the NIR and those from the EU ETS. Germany has reported in the NIR that these comparisons have revealed a need for further review of the EU ETS methodology.	It's checked, but it is not possible to provide EU ETS methodology over three trading periods.	2014	ARR	§ 35	NIR 2015 4.2.2

CRF	Review Findings	Improvement	Report [year]	Source	Reference	Resolved in NIR-Chapter
2.B.3.	In Germany, emissions from adipic acid production were estimated based on IPCC default EFs and the amount of adipic acid produced until the mid-1990s. In recent years, the emissions were estimated using confidential AD. The NIR reports that there are three facilities producing adipic acid and these facilities have installed abatement technologies for which no description has been provided.	Issue has been resolved	2014	ARR	§ 36	4.3.3
2.B.9.	Germany has reported hydrofluorocarbon-23 (HFC-23) emissions as "NA" under by-product emissions in CRF table 2(II).E, while other HFCs are reported as "C" (confidential) and "NO" under fugitive emissions. There is no information in the NIR that shows that direct production of HFC-23 occurs in Germany. In response to questions raised by the ERT during the review, Germany agreed that it has used the incorrect notation keys.	Issue has been resolved. Notation key was changed into NO	2014	ARR	§ 38	-
2.C.1.	In iron and steel production, the ERT noted that the trend in the CO2 implied emission factor (IEF) decreased by 22.7 per cent between 2004 (0.48 t/t) and 2012 (0.37 t/t). Also, several large inter-annual changes were identified (...). During the review, Germany explained that the inter-annual fluctuations are caused by the reallocation of fuel provided from the blast furnace from the category iron and steel in the energy sector to the category iron and steel production in the industrial processes sector, and by changes in production. The Party also explained that because the allocation methods are different, the aggregation of steel, pig iron and sinter production for the determination of the IEF could lead to incorrect conclusions.	Issue has been resolved.	2014	ARR	§ 37	NIR-Kapitel 3.2.9.1.1 und 4.4.1.2
3.	The NIR includes a separate section describing the different data sources, database and statistics used for the estimation of the AD (mainly animal numbers). The ERT noted that in several animal categories (i.e. poultry, goats and horses) the AD were not available for the latest reporting year (i.e. 2012) and, therefore, the same values as for 2011 were used to estimate the emissions. The ERT also noted several discrepancies with the international statistics published in the database of the Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). During the review, Germany provided an additional document regarding the comparison of data published in FAOSTAT with the national background data on goats, horses, sheep, pigs and poultry, and information that justifies the differences (e.g. meat production in Germany).	Issue has been resolved.	2014	ARR	§ 41	NIR 2016, chapter 5.1.3.2.4

CRF	Review Findings	Improvement	Report [year]	Source	Reference	Resolved in NIR-Chapter
3.	HB (recommendation) passt nicht zum Issue (dieses enthält keine Empfehlung, daher hier nicht wiedergegeben)	Issue has been resolved. In NIR 2016, chapter 5.1.3.2.1 it is clearly described for which animal categories (and how often) the German Federal Statistical Office is carrying out surveys. In years without agricultural-structure surveys there is no information about animal numbers of sheep, goats, horses and poultry. In line with the IPCC guidelines, these animal numbers are estimated by inter-/extrapolation.	2014	ARR	§ 40	NIR 2016, chapter 5.1.3.2.1
3.B.	In response to a recommendation made in the previous review report, Germany has made improvements in the reporting of emissions from biogas plants and in providing information on the share of slurry digested, disaggregated by cattle and swine. The ERT commends Germany for these improvements and considers the explanation provided transparent.	As stated in the review findings, the German methodology is explained transparently. The NIR is not the place to conduct an additional literature review, so this point is rejected.	2014	ARR	§ 44	-
3.B.	Germany uses an N2O IEF for solid storage and dry lot (0.0091 kg N2O-N/kg N) which is lower than the IPCC default value (0.02 kg N2O-N/kg N). In response to questions raised by the ERT during the review, Germany provided additional information about the methodology used to estimate a country-specific EF for solid manure ("N2O emissions from solid manure storage. Calculation of a national emission factor").	Derivation and justification of the country specific EF for solid manure is given in VANDRE et. al. (2013) and has been made available to the ERT. Due to the change to IPCC 2006 this EF now is higher than the IPCC default EF (German EF: 0.013; IPCC default: 0.005).	2014	ARR	§ 45	-

CRF	Review Findings	Improvement	Report [year]	Source	Reference	Resolved in NIR-Chapter
4.A.(a)	During the period 1990–2012, emissions from forest land remaining forest land increased by 16,379.09 Gg CO <sub>2</sub> eq/year from –63,332.15 Gg CO <sub>2</sub> eq in 1990 to –47,074.09 Gg CO <sub>2</sub> eq in 2012. The carbon stock change method used by Germany integrates the gains and losses of carbon stocks over the time period between inventory years. The increase in emissions over the period 1990–2012 was the result of a generally high rate of harvesting in the period 2000–2012, which is broadly reflected in the inventory results obtained from the national forest inventory (NFI) in 2012. The forest inventory method underestimates the amount of roundwood production by up to 35 per cent based on the national statistics. In response to a question raised by the ERT during the review, Germany explained that wood harvested is considered implicitly by the inventory method. The ERT sought information that would aid the transparency of reporting of emissions on forest land, specifically in relation to harvesting activity. In response to a draft version of this report, Germany stated that “German logging statistics is flawed. It is not based on measurements, but partly on expert judgments with a very high uncertainty and has been considered inappropriate for inventory purposes by the national logging and timber trade experts”.	Issue has been closed due to incorrect assumptions by the reviewer. The wood harvest statistics have been deleted from the NIR.	2014	ARR	§ 49	-
5.A.1.	Germany has reported the fraction of municipal solid waste (MSW) disposed using the notation key “NE” (not estimated) in the CRF tables. The ERT considers that this is not in accordance with the UNFCCC reporting guidelines. In response to a question raised by the ERT during the review, the Party explained that as a result of regulations in force since June 2005, the landfilling of biodegradable waste is no longer permitted in Germany. The outcome of this is that municipal waste and other biodegradable waste must be pre-treated via thermal or mechanical biological processes and the fraction of MSW disposed has been zero since that time.	Tere is no additional information box in the CRF tables anymore.	2014	ARR	§ 53	-
5.B.1.	The ERT noted that the EF for waste composting is high compared with other reporting Parties. This issue was raised by the ERT during the review and the Party explained that research projects relating to this issue are currently under way and that improved data will be reported as they become available.	Issue has been resolved.	2014	ARR	§ 56	NIR-Kapitel 7.3.1.2
5.D.2.	In response to the question raised by the ERT during the review regarding the values of total organic product for industrial wastewater in CRF table 6.B1 which are reported as “NE”, the Party informed the ERT that currently the values are unavailable but under review and research. The ERT recommends that the Party obtain these values and provide them in the next possible annual submission, in order to improve the transparency of its reporting.	Issue has been resolved	2012	ARR	§ 103	7.5.2.1.2
5.D.2.	During the review, the ERT noted that there were errors in the formula described in the NIR and the AD presented were not consistent across the annual submission. In response to questions raised by the ERT during the review, Germany explained that the AD have been completely updated to reflect 2012 values and were used in the correct formula, but the values were not correctly described in the NIR.	Issue has been resolved. AD have been revised.	2014	ARR	§ 54	7.5.2.1.5

CRF	Review Findings	Improvement	Report [year]	Source	Reference	Resolved in NIR-Chapter
KP-LULUCF	During the first commitment period, Germany reported average annual net emissions of 2,283.19 Gg CO <sub>2</sub> eq/year. The deforestation area and emission estimates were subject to a significant recalculation in the 2014 annual submission. The average annual recalculation over the first commitment period was 515 per cent for deforestation area and 1,691.9 per cent for emissions. These recalculations were primarily undertaken following the availability of the results from the third NFI, which provided a basis for more accurate estimates of deforested area and on-site biomass on deforested land.	Issue has been closed due to not being relevant for improvement.	2014	ARR	§ 61	-
KP-LULUCF	Germany reported in CRF table 5(KP-I)A2.1 the total area of deforestation as otherwise subject to elected activities under Article 3, paragraph 4, of the Kyoto Protocol. The ERT noted that the Party misinterpreted the purpose of the table.	Issue has been resolved.	2014	ARR	§ 62	-
KP-LULUCF	All forests in Germany, except those classified under afforestation or reforestation, were included within the forest management activity. By 2012, net removals on forest management land were estimated to amount to 46,692.65 Gg CO <sub>2</sub> eq from 10.76 million ha of forest land. The forest management removal estimates were subject to a significant recalculation in the 2014 annual submission. The average annual recalculation of forest management removals over the first commitment period was 68.5 per cent. This recalculation increased net removals from forest management land by an average of 18,978.24 Gg CO <sub>2</sub> eq/year throughout the first commitment period. This recalculation was primarily undertaken following the availability of the results of the third NFI, which provided a basis for more accurate estimates of on-site biomass. In response to a draft version of this report, Germany explained that “before the new data of the NFI 2012 became available, the removals on forest management land were estimated up to submission 2013 by applying the same removal rate as between 2002 and 2008 (extrapolation method), when harvest rates were very high. The logging statistics – with all their flaws and uncertainties – had suggested for years that harvest rates have declined since then, which is supported by lower timber prices”. The ERT agrees with Germany that declines in logging activity may help to explain the increase in removals on forest management land during the first commitment period	Issue has been closed due to incorrect assumptions by the reviewer. The wood harvest statistics have been deleted from the NIR.	2014	ARR	§ 63	-

Alle Maßnahmen zielen auf volle Konsistenz mit den UNFCCC-Berichtsguidelines und den IPCC-Guidelines ab und sollen Adjustments unter dem Kyoto-Protokoll verhindern.

In der folgenden Tabelle werden die in den Quellgruppen-Kapiteln gemachten Aussagen der Inventarberichte (seit 2011) zu den geplanten Verbesserungen zusammengefasst. Sie werden ergänzt um Informationen zum daraus abgeleiteten Handlungsbedarf, dem avisierten Termin zur Umsetzung der Maßnahme (Deadline) und dem aktuellen Bearbeitungsstand.

Tabelle 418: Zusammenfassung der mit der aktuellen Berichterstattung erledigten und der offenen in den NIR-Kategoriekapiteln genannten geplanten Verbesserungen

CRF-New	Planned improvement	Data quality objective	Deadline	STATUS	Comment	Resolved in NIR-Chapter	Year of Reporting	Reference NIR-Chapter
1.A.3.a	As soon as Eurocontrol provides data from the AEM 3 model, such data can be used in reporting. With such data, the applicable share for national air transports, the breakdown of kerosene consumption by the two relevant flight phases and NO <sub>x</sub> , HC and CO emissions data would all be based on calculations pursuant to Tier 3b.	As soon as an agreement between the EU and EUROCONTROL, concerning the availability of data (AEM 3 data), has been achieved, Eurocontrol data have to be integrated within the inventory	-	closed	Now, data from the federal statistics (DESTATIS) are used. Eurocontrol data for verification purposes only.	-	2011	Kap. 3.2.10.1.6
1.A.3.a	As soon as Eurocontrol provides data from the AEM 3 model, such data can be used in reporting. With such data, the applicable share for national air transports, the breakdown of kerosene consumption by the two relevant flight phases and NO <sub>x</sub> , HC and CO emissions data would all be based on calculations pursuant to Tier 3b.	As soon as an agreement between the EU and EUROCONTROL, concerning the availability of data (AEM 3 data), has been achieved, Eurocontrol data have to be integrated within the inventory	-	closed	Now, data from the federal statistics (DESTATIS) are used. Eurocontrol data for verification purposes only.	-	2012	Kap. 3.2.10.1.6
1.A.3.a		The data collected in Eurocontrol's PAGODA model has to be tested for their suitability as the basis of the emission inventories of air traffic. If the data is suitable, and permanently available, its usage for verification purposes has to be checked.	-	closed	Now, data from the federal statistics (DESTATIS) are used. Eurocontrol data for verification purposes only.	-	2012	Kap. 3.2.10.1.6
1.A.3.a	No improvements are currently planned, apart from ongoing routine revisions of the TREMOD AV model.	Improvements due to the revision of the TREMOD-Aviation model are to be implemented into the inventory and completely documented.	[2016]	done		3.2.10.1	2015	3.2.10.1.6
1.A.3.b.	No improvements are currently planned, apart from ongoing routine revisions of the TREMOD AV model.	Improvements due to the revision of the TREMOD model are to be implemented into the inventory and completely documented.	[2016]	done		3.2.10.2	2015	3.2.10.2.6
1.A.3.d.	In the framework of updating of the BSH model (BSH = Federal Maritime and Hydrographic Agency), various types of maintenance work on the model are carried out. Such work cannot be specified at present, however.	Improvements due to the revision of the TREMOD- and the BSH-Modell are to be integrated into the inventory and be completely documented.	[2016]	done		3.2.10.4	2015	3.2.10.4.6

CRF-New	Planned improvement	Data quality objective	Deadline	STATUS	Comment	Resolved in NIR-Chapter	Year of Reporting	Reference NIR-Chapter
1.A.4.a.i.	With regard to reporting on stationary combustion systems, review is currently being carried out to determine whether the applicable percentage for wood use can be determined via other scientific studies.	After finalization of a survey project of wood firing facilities new EFs are to be integrated into the inventory and be completely documented.	[2017]	to do			2015	3.2.11.6
1.A.4.c.i.			[2017]	to do			2016	?
1.D.1.a.	As soon as Eurocontrol provides data from the AEM 3 model, such data can be used in reporting. With such data, the applicable share for national air transports, the breakdown of kerosene consumption by the two relevant flight phases and NO <sub>x</sub> , HC and CO emissions data would all be based on calculations pursuant to Tier 3b.	As soon as an agreement between the EU and EUROCONTROL, concerning the availability of data (AEM 3 data), has been achieved, Eurocontrol data have to be integrated within the inventory		closed	Now, data from the federal statistics (DESTATIS) are used. Eurocontrol data for verification purposes only.	-	2012	Kap. 3.2.2.2.6
1.D.1.a.		The data collected in Eurocontrol's PAGODA model has to be tested for their suitability as the basis of the emission inventories of air traffic. If the data is suitable, and permanently available, its usage for verification purposes has to be checked.		closed	Now, data from the federal statistics (DESTATIS) are used. Eurocontrol data for verification purposes only.	-	2012	Kap. 3.2.2.2.6
1.D.1.a.	No improvements are currently planned, apart from ongoing routine revisions of the TREMOD AV model.	Improvements due to the revision of the TREMOD-Aviation model are to be implemented into the inventory and completely documented.	[2016]	done		3.2.2.2	2015	3.2.2.2.6
1.D.1.b.	No improvements are currently planned, apart from ongoing routine revisions of the calculation model used pursuant to (BSH, 2014).	Improvements due to the revision of the BSH model are to be implemented into the inventory and completely documented.	[2016]	done		3.2.2.3	2015	3.2.2.3.6
1.D.1.b.	In 2013 or later, use will begin of LNG bunkered in Germany. Such use will duly be taken into account in future reports.	LNG bunkered in Germany shall be included into the inventory.	[2015]	overdue			2013	3.2.2.3.6
2.B.2			[2017]	to do			2016	4.3.2.6
2.B.4.a.	Plans call for the production quantities of ε-caprolactam as of 2009 to be determined via other sources, and for the N <sub>2</sub> O reductions of other producers to be determined.	Results of the survey related to verification of produced caprolactam and of N <sub>2</sub> O-mitigation efforts have to be implemented in the national inventory and reporting and be completely documented.	[2016]	overdue			2015	4.3.4.6
2.B.8			[2017]	to do			2016	4.3.8.1.6

CRF-New	Planned improvement	Data quality objective	Deadline	STATUS	Comment	Resolved in NIR-Chapter	Year of Reporting	Reference NIR-Chapter
2.C.6.	Specific data for determination of emission factors will be collected in the next rounds of reporting.	Revision of EF as well as complete documentation of results..	[2016]	overdue			2015	4.4.6.6
2.D.3.(a)			[2017]	to do			2016	4.5.3.6
2.D.3.(b)	Relevant findings currently available from a research project are to be used for specific evaluation of emission factors.	The emission factors need to be evaluated on the basis of the existing project report.	[2012]	overdue			2011	4.2.6.6
2.D.3.(b)	Relevant findings currently available from a research project are to be used for specific evaluation of emission factors.	The emission factors need to be evaluated on the basis of the existing project report.	[2012]	overdue			2012	4.2.6.6
2.D.3.(c)	The VDD plans to carry out additional considerations relative to export-import offsetting.	A new relevant expert (Fachverantwortlicher) will have to re-study the data relative to correction of foreign-trade statistics – possibly, via the National Co-ordinating Committee. (cf. also "additional need for action")	[2012]	closed	Closed because not possible to facilitate.	-	2011	4.2.5.6
2.D.3.(c)	The VDD plans to carry out additional considerations relative to export-import offsetting.	A new relevant expert (Fachverantwortlicher) will have to re-study the data relative to correction of foreign-trade statistics – possibly, via the National Co-ordinating Committee.	[2012]	closed	Closed because not possible to facilitate.	-	2012	4.2.5.6
3.A.	In data management and emissions calculations for this area, a transition is being made from spreadsheet files to a relational database and procedural programmes. That step, for which work began in summer 2010, is oriented primarily to QC/QA purposes. Its benefits, for example, will include facilitation of automatic plausibility checks.	The relational database needs to be completed.	[2017]	to do			2011	6.2.6
3.A.	In data management and emissions calculations for this area, a transition is being made from spreadsheet files to a relational database and procedural programmes. That step, for which work began in 2010, is oriented primarily to QC/QA purposes. Its benefits, for example, will include facilitation of automatic plausibility checks.	The relational database needs to be completed.	[2017]	to do			2012	6.2.6

CRF-New	Planned improvement	Data quality objective	Deadline	STATUS	Comment	Resolved in NIR-Chapter	Year of Reporting	Reference NIR-Chapter
3.B.	In data management and emissions calculations for this area, a transition is being made from spreadsheet files to a relational database and procedural programmes. That step, for which work began in summer 2010, is oriented primarily to QC/QA purposes. Its benefits, for example, will include facilitation of automatic plausibility checks.	The relational database needs to be completed.	[2017]	to do			2011	6.3.2.6
3.B.	In data management and emissions calculations for this area, a transition is being made from spreadsheet files to a relational database and procedural programmes. That step, for which work began in 2010, is oriented primarily to QC/QA purposes. Its benefits, for example, will include facilitation of automatic plausibility checks.	The relational database needs to be completed.	[2017]	to do			2012	6.3.2.6
3.D	In data management and emissions calculations for this area, a transition is being made from spreadsheet files to a relational database and procedural programmes. That step, for which work began in summer 2010, is oriented primarily to QC/QA purposes. Its benefits, for example, will include facilitation of automatic plausibility checks.	The relational database needs to be completed.	[2017]	to do			2011	6.5.6
3.D	In data management and emissions calculations for this area, a transition is being made from spreadsheet files to a relational database and procedural programmes. That step, for which work began in summer 2010, is oriented primarily to QC/QA purposes. Its benefits, for example, will include facilitation of automatic plausibility checks.	The relational database needs to be completed.	[2017]	to do			2012	6.5.6
4.	The results of the Agricultural Soil Inventory are being used for step-by-step validation of the current emission factors.	The currently used EF are to be verified with the results of the Agricultural Soil Inventory	[2019]	to do			2014	19.5.2.3

CRF-New	Planned improvement	Data quality objective	Deadline	STATUS	Comment	Resolved in NIR-Chapter	Year of Reporting	Reference NIR-Chapter
4. LULUCF (Total area)	Complete integration of the organic soils map within the sampling procedure used in the grid-point approach for determination of the land-use matrix.	Integration of resulting changes into the inventory and complete documentation of background data, results and assumptions.	[2016]	done		Kap. 6.3	2015	6.1.5
4. LULUCF (Total area)	Development of new, country-specific emission factors for mineral soils, via a major inventory (Agricultural Soil Inventory).	Integration of new EF for mineral soils into the inventory and complete documentation of background data, results and assumptions.	[2021]	to do			2015	6.1.5
4. LULUCF (Total area)	Derivation of country-specific emission factors, and development of models for determination of the impacts of cultivation on cropland and grassland areas, using data from the Agricultural Soil Inventory, data from long-term soil monitoring and mathematical models.	Integration of new EF for mineral soils into the inventory and complete documentation of background data, results and assumptions.	[2019]	to do			2015	6.1.5
4. LULUCF (Total area)			[2018]	to do			2016	6.1.4
	<i>Litter and mineral soils</i>							
4.A.	Evaluation of the data relative to changes in organic carbon in the upper 30 cm of mineral soil shows that sandy soils in particular, soils whose distribution is concentrated in northern Germany, have accumulated carbon since the BZE I survey. A study is already underway, with regard to the BZE, to determine the reasons for the carbon increase. A comparison with a regional soil inventory carried out on long-term study areas (KONOPATZKY 2009) indicates that changes have taken place primarily in recent years. On the other hand, a study carried out in the framework of the BZE has concluded that significant changes of carbon stocks in mineral soil take at least 10 years to become apparent in surveys (MELLERT et al. 2007). It is thus necessary to determine the relevant rate of change via a follow-on inventory. The time for that inventory will be determined after evaluation of the BZE II survey has been completed.	Once the Forest Soil Inventory II (BZE II) has been evaluated, a follow-on inventory needs to be initiated to determine changes in organic carbon in the top 30cm of mineral soils (cf. the relevant individual objective).	[2017]	to do			2011	7.2.8.2

CRF-New	Planned improvement	Data quality objective	Deadline	STATUS	Comment	Resolved in NIR-Chapter	Year of Reporting	Reference NIR-Chapter
4.A.	Evaluation of the data relative to changes in organic carbon in the upper 30 cm of mineral soil shows that sandy soils in particular, soils whose distribution is concentrated in northern Germany, have accumulated carbon since the BZE I survey. A study is already underway, with regard to the BZE, to determine the reasons for the carbon increase. A comparison with a regional soil inventory carried out on long-term study areas (KONOPATZKY 2009) indicates that the changes have taken place primarily in recent years. On the other hand, a study carried out in the framework of the BZE has concluded that significant changes of carbon stocks in mineral soil take at least 10 years to become apparent in surveys (MELLERT et al. 2007). It is thus necessary to determine the relevant rate of change via a follow-on inventory. The time at which that inventory is to be carried out will not be decided until after the BZE II inventory has been evaluated.	Once the Forest Soil Inventory II (BZE II) has been evaluated, a follow-on inventory needs to be initiated to determine changes in organic carbon in the top 30cm of mineral soils.	[2017]	to do			2012	7.2.8.2
4.B, 4.C	Improvement of the area data for organic soils under cultivation: ongoing research project.	The area data for organic soils on cropland need to be improved.	[2016]	overdue			2012	7.3.8
4.B, 4.C	Mineral soils: Agricultural soil inventory: generation of national measurements of C stocks, for cropland and grassland.	On the basis of the Agricultural Soil Inventory, data on C stocks in mineral soils need to be derived for cropland and grassland, and the inventory has to be improved accordingly.	[2020]	to do			2012	7.3.8
5.A.1.	In an international comparison, collection rates of landfill gas, at about 20 %, seem very low. They also seem low in that nearly all German landfills have gas-collection facilities and that the technical characteristics of German landfills would seem to provide a comparatively good basis for high collection rates. This apparent contradiction will need to be cleared up for future reports.	The causes for the high differences between statistical data and estimated amount of landfill gas shall be determined.	[2018]	to do			2013	8.2.1.6
5.D.1.			[2019]	to do			2016	7.5.1.1.1

CRF-New	Planned improvement	Data quality objective	Deadline	STATUS	Comment	Resolved in NIR-Chapter	Year of Reporting	Reference NIR-Chapter
5.E.1	The emission factors used to date for methane and nitrous oxide are the emission limit values specified in the 30th BImSchV. The actual emissions of the facilities involved are considerably lower than those emission limit values. For future reporting, therefore, it will be necessary to evaluate the actual facility emissions and to review the pertinent emission factors.	Until now emission thresholds based on the 30. BImSchV are used as emission factors for CH4 and N2O. Real plant emissions are assumed to be far below these thresholds. Actual plant emissions shall be evaluated, the emission factors be checked and the inventory be updated.	[2015]	done		7.6.1.2	2013	8.5.2.6

## 10.4.2 KP & LULUCF

Die für das Konventionsinventar beschriebenen Verbesserungen für den Sektor LULUCF im Kapitel 6.1.3 sind auch für das KP-LULUCF-Inventar anzuwenden.

## 10.4.3 Implementing Regulation Article 9: Reporting on implementation of recommendations and adjustments

Tabelle 419: Implementing Regulation Article 9: Reporting on implementation of recommendations and adjustments, Article 9.1

Member State:	Germany			
Reporting year:	UNFCCC Annual Review Report 2014 -- <b>Implementation of ARR 2015 was not possible due to its non-existence!</b>			
CRF category / issue	Review recommendation	Review report / paragraph	MS response / status of implementation	Chapter/section in the NIR
0	With regard to QA/QC procedures, the NIR states that "Due to a lack of relevant specialized staff, it has not yet been possible to have source category experts carry out quality control and quality assurance for the area of CO <sub>2</sub> emission factors". The ERT asked the Party to clarify whether this statement refers to category-specific (tier 2) QC procedures during the inventory preparation process and/or to QA activities performed by personnel not directly involved in the inventory preparation process. The Party responded that all CO <sub>2</sub> EFs and NCVs are thoroughly checked by an experienced expert, including comparisons with IPCC default values, the EFs of other countries and EFs based on EU ETS data. The Party also explained that there are regular discussions with the Federal Statistical Office and the industry about NCVs and the composition of special gases. The ERT found that no experts outside the inventory team are involved in the performance of regular QA/QC procedures and considers that QA checks would further enhance the quality of the Party's GHG inventory. The ERT encourages Germany to establish a process for external QA of its annual submissions.	§ 26	The conclusion that there is no external QA is wrong. Please see NIR, (role concept and process organisation). If in some cases an expert or the belonging superior is missing (e.g. illness) and cannot be replaced in short-term there is always a back-up within the national entity responsible for qc and qa. More over there is a basic expert peer review mechanism established on a routinely and yearly basis.	1.3.3.1.3+4
1.	The ERT is of the view that the GHG inventory compiler should have access to any data that allow the Party to improve the quality of its GHG emissions inventory, including for QA and quality control (QC) purposes. The ERT also considers that the new reporting requirements for the energy sector, the ongoing and planned quality inventory improvements and the thoroughness of the reviews will also place additional demands on the inventory compiler.	§ 24	Germany is continuing to work on that issue.	
1.A.	The Party explained that the German inventory compiler has no access to plant-specific EU ETS data, or to plant-specific statistical data. The responsibility for the QA of data collected under the EU ETS lies strictly with the national emissions trading authority. The inventory compiler has initiated activities to perform the verification of aggregated data collected under the EU ETS with those used for the compilation of the inventory. The ERT notes that this is a very big task given the number of installations, legal restrictions and different responsibilities within the Quality System for Emissions Inventories. During the review, Germany also indicated that it has already started a discussion between the Federal Statistical Office, the single national entity (the coordinating agency for the national system) and EU ETS authorities to extend the cooperation regarding the QA of the EU ETS data and energy statistics.	§ 23	Germany is continuing to work on that issue.	

Member State:	Germany			
Reporting year:	UNFCCC Annual Review Report 2014 -- <b>Implementation of ARR 2015 was not possible due to its non-existence!</b>			
CRF category / issue	Review recommendation	Review report / paragraph	MS response / status of implementation	Chapter/section in the NIR
1.	greater focus on explaining the recalculations that led to the largest changes --> energy balance and particularly natural gas consumption	§ 18	Issue has been resolved. There are quantitative and qualitative analyses of recalculations available in the sector specific chapters of 1.A.	1.A
1.	identisch zum Handlungsbedarf, aber in der Herleitung klar bezogen auf den energy sector.	§ 20	This takes place every year on an ongoing basis.	-
1.A., 1.B	Inconsistencies in the Party's reporting of non-energy use of fuels among CRF tables 1.A(b), 1.A(c) and 1.A(d), including in the use of the notation keys (e.g. "NA" (not applicable) instead of "NO" (not occurring)). For example, the sum of total carbon stored reported in CRF table 1.A(b) (67,777.26 Gg CO <sub>2</sub> ) is not equal to the sum of CO <sub>2</sub> not emitted reported in CRF table 1.A(d) (68,429.68 Gg CO <sub>2</sub> ). Also, the difference between the apparent consumption and the apparent consumption excluding non-energy use and feedstocks reported in CRF table 1.A(c) (1,109,155 TJ) is not equal to the sum of all fuel quantities reported in CRF table 1.A(d) (1,116,767 TJ). In addition to these findings regarding the consistency of the reported information, the ERT considers that the reporting of non-energy use of fuels and feedstocks could be improved in relation to transparency. For example, the relevant information in the last three columns of CRF table 1.A(d) (i.e. subtracted from energy sector, associated CO <sub>2</sub> emissions and allocated under) has not been reported. The ERT considers that ensuring access to this information by the inventory compiler is important for improving the transparency of the reporting of the energy and industrial processes sectors.	§ 30	Given the fundamental revision and harmonisation of the named CRF tables after submission 2014, going along with changes in the data compilation work flow, the inventory compiler regards this issue as solved until a contrary assessments of a future ERT.	-
1.A.1-2	Germany reported a consumption of solid fuels equivalent to 191,340 TJ in 2012 for iron and steel. For the same year, the data reported to Eurostat show a consumption of 363,690 TJ. The Party explained that this difference is a result of the different reporting structure in the GHG inventory compared with the national energy statistics. The ERT notes that the AD used to estimate emissions from iron and steel in Germany include coke breeze, hard coal use of sinter plants, blast furnace gas and basic oxygen furnace gas, as well as coke oven gas used in power plants and in boilers of the different steel-making processes. Also, an important part of the emissions from solid fuels is reported under iron and steel production in the industrial processes sector. During the review, the ERT asked Germany to provide the carbon balance for the iron and steel category. The Party responded that the current reporting structure, as well as the carbon balance, is the result of the in-country review conducted in 2010. The carbon balance shows that the output is indeed higher than the input, with a very high statistical difference. The Party explained that there was an intensive discussion with the Iron and Steel Association and the Federal Statistical Office to determine the exact reason for this inconsistency. The reason for the imbalance is an overestimation of the blast furnace gas volume as a result of high measurement uncertainties. The ERT notes that Germany is planning to revise its calculation method and increase the consistency with the EU ETS data in its 2015 annual submission.	§ 31	Issue has been resolved. In chapter 1.A.2.a and 2.C.1 a comprehensive explanation of the reporting structure ist available. A couple of graphs help to illustrate this subject. The carbon balance cannot be reported due to confidential data. Information on the carbon balance can be supplied to the review experts upon request.	1.A.2.a and 2.C.1 a

Member State:	Germany			
Reporting year:	UNFCCC Annual Review Report 2014 -- <b>Implementation of ARR 2015 was not possible due to its non-existence!</b>			
CRF category / issue	Review recommendation	Review report / paragraph	MS response / status of implementation	Chapter/section in the NIR
1.A.3-5	The ERT notes that some of the uncertainties reported in the NIR are relatively large. For example, the uncertainty of the AD related to CO2 emissions from road transportation is around 9 per cent and the uncertainties for the residential and commercial categories are around 8 per cent. The ERT notes that these are very large emission sources and well-established statistical flows in the energy balance. During the review, the Party explained that the uncertainty of 8 per cent for the residential and commercial categories takes into account the uncertainty of the net calorific value (NCV) and the AD. The ERT notes that accurate and reliable AD are prerequisites for the calculation of good-quality emission estimates for the energy sector.	§ 25	Issue has been explained.	1.7.1.2
1.D.1.b.	Germany cannot distinguish the amount of <b>bunker fuel</b> that is used for international transport on inland waterways (such as on the <b>Rhine</b> river) from that used for domestic navigation because of a lack of statistical data. The ERT notes that the approach followed by Germany leads to an overestimation of emissions from navigation as all fuel and emissions are considered domestic and reported under navigation. During the review, Germany explained that no statistics are available to report this breakdown. The IPCC good practice guidance also requires that estimates are accurate in the sense that they do not systematically overestimate or underestimate true emissions or removals.	§ 29	Issue has been resolved.	NIR 2015 3.2.10.4
2.A.2.	Germany uses lime production data to estimate CO2 emissions for the entire time series. The estimated emissions and collected production-quantity data were compared with findings from the EU ETS and with national statistical data. Responding to recommendations made in previous review reports, Germany reported on the analysis of the differences between the CO2 emissions reported in the NIR and those from the EU ETS. Germany has reported in the NIR that these comparisons have revealed a need for further review of the EU ETS methodology.	§ 35	It's checked, but it is not possible to provide EU ETS methodology over three trading periods.	NIR 2015 4.2.2
2.B.3.	In Germany, emissions from adipic acid production were estimated based on IPCC default EFs and the amount of adipic acid produced until the mid-1990s. In recent years, the emissions were estimated using confidential AD. The NIR reports that there are three facilities producing adipic acid and these facilities have installed abatement technologies for which no description has been provided.	§ 36	Issue has been resolved	4.3.3
2.B.9.	Germany has reported hydrofluorocarbon-23 (HFC-23) emissions as "NA" under by-product emissions in CRF table 2(II).E, while other HFCs are reported as "C" (confidential) and "NO" under fugitive emissions. There is no information in the NIR that shows that direct production of HFC-23 occurs in Germany. In response to questions raised by the ERT during the review, Germany agreed that it has used the incorrect notation keys.	§ 38	Issue has been resolved. Notation key was changed into NO	-
2.C.1.	In iron and steel production, the ERT noted that the trend in the CO2 implied emission factor (IEF) decreased by 22.7 per cent between 2004 (0.48 t/t) and 2012 (0.37 t/t). Also, several large inter-annual changes were identified (...). During the review, Germany explained that the inter-annual fluctuations are caused by the reallocation of fuel provided from the blast furnace from the category iron and steel in the energy sector to the category iron and steel production in the industrial processes sector, and by changes in production. The Party also explained that because the allocation methods are different, the aggregation of steel, pig iron and sinter production for the determination of the IEF could lead to incorrect conclusions.	§ 37	Issue has been resolved.	NIR-Kapitel 3.2.9.1.1 und 4.4.1.2

Member State:	Germany			
Reporting year:	UNFCCC Annual Review Report 2014 -- <b>Implementation of ARR 2015 was not possible due to its non-existence!</b>			
CRF category / issue	Review recommendation	Review report / paragraph	MS response / status of implementation	Chapter/section in the NIR
3.	The NIR includes a separate section describing the different data sources, database and statistics used for the estimation of the AD (mainly animal numbers). The ERT noted that in several animal categories (i.e. poultry, goats and horses) the AD were not available for the latest reporting year (i.e. 2012) and, therefore, the same values as for 2011 were used to estimate the emissions. The ERT also noted several discrepancies with the international statistics published in the database of the Statistics Division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). During the review, Germany provided an additional document regarding the comparison of data published in FAOSTAT with the national background data on goats, horses, sheep, pigs and poultry, and information that justifies the differences (e.g. meat production in Germany).	§ 41	Issue has been resolved.	NIR 2016, chapter 5.1.3.2.4
3.	HB (recommendation) passt nicht zum Issue (dieses enthält keine Empfehlung, daher hier nicht wiedergegeben)	§ 40	Issue has been resolved. In NIR 2016, chapter 5.1.3.2.1 it is clearly described for which animal categories (and how often) the German Federal Statistical Office is carrying out surveys. In years without agricultural-structure surveys there is no information about animal numbers of sheep, goats, horses and poultry. In line with the IPCC guidelines, these animal numbers are estimated by inter-/extrapolation.	NIR 2016, chapter 5.1.3.2.1
3.B.	In response to a recommendation made in the previous review report, Germany has made improvements in the reporting of emissions from biogas plants and in providing information on the share of slurry digested, disaggregated by cattle and swine. The ERT commends Germany for these improvements and considers the explanation provided transparent.	§ 44	As stated in the review findings, the German methodology is explained transparently. The NIR is not the place to conduct an additional literature review, so this point is rejected.	-
3.B.	Germany uses an N <sub>2</sub> O IEF for solid storage and dry lot (0.0091 kg N <sub>2</sub> O-N/kg N) which is lower than the IPCC default value (0.02 kg N <sub>2</sub> O-N/kg N). In response to questions raised by the ERT during the review, Germany provided additional information about the methodology used to estimate a country-specific EF for solid manure ("N <sub>2</sub> O emissions from solid manure storage. Calculation of a national emission factor").	§ 45	Derivation and justification of the country specific EF for solid manure is given in VANDRE et. al. (2013) and has been made available to the ERT. Due to the change to IPCC 2006 this EF now is higher than the IPCC default EF (German EF: 0.013; IPCC default: 0.005).	-

Member State:	Germany			
Reporting year:	UNFCCC Annual Review Report 2014 -- <b>Implementation of ARR 2015 was not possible due to its non-existence!</b>			
CRF category / issue	Review recommendation	Review report / paragraph	MS response / status of implementation	Chapter/section in the NIR
4.A.(a)	<p>During the period 1990–2012, emissions from forest land remaining forest land increased by 16,379.09 Gg CO<sub>2</sub> eq/year from –63,332.15 Gg CO<sub>2</sub> eq in 1990 to –47,074.09 Gg CO<sub>2</sub> eq in 2012. The carbon stock change method used by Germany integrates the gains and losses of carbon stocks over the time period between inventory years. The increase in emissions over the period 1990–2012 was the result of a generally high rate of harvesting in the period 2000–2012, which is broadly reflected in the inventory results obtained from the national forest inventory (NFI) in 2012. The forest inventory method underestimates the amount of roundwood production by up to 35 per cent based on the national statistics. In response to a question raised by the ERT during the review, Germany explained that wood harvested is considered implicitly by the inventory method.</p> <p>The ERT sought information that would aid the transparency of reporting of emissions on forest land, specifically in relation to harvesting activity. In response to a draft version of this report, Germany stated that “German logging statistics is flawed. It is not based on measurements, but partly on expert judgments with a very high uncertainty and has been considered inappropriate for inventory purposes by the national logging and timber trade experts”.</p>	§ 49	Issue has been closed due to incorrect assumptions by the reviewer. The wood harvest statistics have been deleted from the NIR. falsche Annahme und Forderung vom Reviewer - Textpassagen zur Holzeinschlagsstatistik wurden aus dem NIR entfernt	-
5.A.1.	Germany has reported the fraction of municipal solid waste (MSW) disposed using the notation key “NE” (not estimated) in the CRF tables. The ERT considers that this is not in accordance with the UNFCCC reporting guidelines. In response to a question raised by the ERT during the review, the Party explained that as a result of regulations in force since June 2005, the landfilling of biodegradable waste is no longer permitted in Germany. The outcome of this is that municipal waste and other biodegradable waste must be pre-treated via thermal or mechanical biological processes and the fraction of MSW disposed has been zero since that time.	§ 53	Tere is no additional information box in the CRF tables anymore.	-
5.B.1.	The ERT noted that the EF for waste composting is high compared with other reporting Parties. This issue was raised by the ERT during the review and the Party explained that research projects relating to this issue are currently under way and that improved data will be reported as they become available.	§ 56	Issue has been resolved.	NIR-Kapitel 7.3.1.2

Member State:	Germany			
Reporting year:	UNFCCC Annual Review Report 2014 -- <b>Implementation of ARR 2015 was not possible due to its non-existence!</b>			
CRF category / issue	Review recommendation	Review report / paragraph	MS response / status of implementation	Chapter/section in the NIR
1.A.	<p>ERT found that the Party's reporting on the energy sector could be improved in relation to the comparability of its emission estimates and emission factors (EFs) with those of other Parties included in Annex I to the Convention (Annex I Parties). The ERT notes there has been no change regarding the recommendation made in the 2013 annual review report that Germany assess the possibility of <b>preparing emission data at the level of disaggregation in the CRF tables.5</b> During the review, the Party explained that it does not believe that the inventory quality would improve by providing the relevant breakdown of industrial activities in the CRF tables. Germany provided a detailed line of reasoning on why it believes that comparability with other Annex I Parties would not improve by reporting emission estimates for manufacturing industries and construction according to the "Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, Part I (...). This is mainly a result of the reporting of <b>autoproduction</b> (e.g. combined heat and power plants, which are part of <b>industrial installations</b>), the <b>size of the plants</b> (e.g. thresholds), ownership issues, as well as feedback between industrial installations and the main <b>electricity producers</b> (e.g. industrial plants selling electricity back to the main activity producers). The ERT (...) still notes that emissions from autoproducers <b>are to be assigned to the category where they were generated</b>. The ERT also notes that the comparability of emission estimates and EFs, at the required level of disaggregation provided in the CRF tables, is one of the quality criteria provided in the UNFCCC reporting guidelines. In addition, as Germany already reports the required breakdown to the Statistical Office of the European Union (Eurostat) under the European Union (EU) Regulation No 147/2013 on energy statistics, it should be possible for Germany to report the emissions using the required CRF breakdown.</p>	§ 21	Germany is continuing to work on that issue.	
1.A.	<p>The energy statistics reported by Germany to <b>Eurostat</b> under the EU regulation on energy statistics show that, in 2012, gas consumption by households was 2.4 per cent higher according to the Eurostat data than in the data reported to the <b>UNFCCC</b> (905,134 TJ compared with 883,630 TJ). The difference in consumption of liquid fuels was 3.6 per cent: higher in the Eurostat data (545,477 TJ) than in the data reported in the CRF tables (525,833 TJ). Finally, the difference in consumption of liquid fuels in the commercial sector was even greater (36.9 per cent): 308,317 according to the Eurostat data compared with 194,647 reported in the CRF tables. During the review, the Party informed the ERT that data pertaining to the Joint Annual Questionnaires, which are submitted to both Eurostat and the International Energy Agency, have to be reported by the end of November when the final energy data are not yet available in Germany. The ERT notes that these differences partly reflect the reporting of 'preliminary' energy statistics to Eurostat by 30 November, which are more up to date, compared with the 'preliminary' energy statistics that are made available to the inventory compiler in August.</p>	§ 28	Germany is continuing to work on that issue.	
4.A.(b)	<p>Emissions from land converted to forest land have increased by 19 per cent over the period 1990–2012, from – 5,878.56 Gg CO<sub>2</sub> eq in 1990 to –4,776.83 Gg CO<sub>2</sub> eq in 2012. While the IEF for the carbon stock changes in living biomass was relatively constant over this period, the area of land converted to forest land decreased from 606.20 kha in 1990 to 400.18 kha in 2012. This decline occurred because the rate of land conversion to forest land decreased during that period. As a result, land is moving from the category land converted to forest land to the category forest land remaining forest land at a higher rate than it is being replaced with new land converted to forest land.</p>	§ 50	Germany is continuing to work on that issue.	

Member State:	Germany			
Reporting year:	UNFCCC Annual Review Report 2014 -- <b>Implementation of ARR 2015 was not possible due to its non-existence!</b>			
CRF category / issue	Review recommendation	Review report / paragraph	MS response / status of implementation	Chapter/section in the NIR
KP	Germany's description of the minimization of adverse impacts in accordance with Article 3, paragraph 14, of the Kyoto Protocol since the previous annual submission is the same as the reporting in the 2013 NIR. The ERT noted that Germany did not provide information on changes in its reporting of the minimization of adverse impacts in accordance with Article 3, paragraph 14, of the Kyoto Protocol in its annual submission. Although noting that changes have not been reported, the ERT concluded that the information provided continues to be complete and transparent.	§ 75	Germany is continuing to work on that issue.	
5.D.2.	During the review, the ERT noted that there were errors in the formula described in the NIR and the AD presented were not consistent across the annual submission. In response to questions raised by the ERT during the review, Germany explained that the AD have been completely updated to reflect 2012 values and were used in the correct formula, but the values were not correctly described in the NIR.	§ 54	Issue has been resolved. AD have been revised.	7.5.2.1.5
KP-LULUCF	During the first commitment period, Germany reported average annual net emissions of 2,283.19 Gg CO2 eq/year. The deforestation area and emission estimates were subject to a significant recalculation in the 2014 annual submission. The average annual recalculation over the first commitment period was 515 per cent for deforestation area and 1,691.9 per cent for emissions. These recalculations were primarily undertaken following the availability of the results from the third NFI, which provided a basis for more accurate estimates of deforested area and on-site biomass on deforested land.	§ 61	Issue has been closed due to not being relevant for improvement. nicht relevant für Verbesserungen	-
KP-LULUCF	Germany reported in CRF table 5(KP-I)A2.1 the total area of deforestation as otherwise subject to elected activities under Article 3, paragraph 4, of the Kyoto Protocol. The ERT noted that the Party misinterpreted the purpose of the table.	§ 62	Issue has been resolved.	-
KP-LULUCF	All forests in Germany, except those classified under afforestation or reforestation, were included within the forest management activity. By 2012, net removals on forest management land were estimated to amount to 46,692.65 Gg CO2 eq from 10.76 million ha of forest land. The forest management removal estimates were subject to a significant recalculation in the 2014 annual submission. The average annual recalculation of forest management removals over the first commitment period was 68.5 per cent. This recalculation increased net removals from forest management land by an average of 18,978.24 Gg CO2 eq/year throughout the first commitment period. This recalculation was primarily undertaken following the availability of the results of the third NFI, which provided a basis for more accurate estimates of on-site biomass. In response to a draft version of this report, Germany explained that "before the new data of the NFI 2012 became available, the removals on forest management land were estimated up to submission 2013 by applying the same removal rate as between 2002 and 2008 (extrapolation method), when harvest rates were very high. The logging statistics – with all their flaws and uncertainties – had suggested for years that harvest rates have declined since then, which is supported by lower timber prices". The ERT agrees with Germany that declines in logging activity may help to explain the increase in removals on forest management land during the first commitment period	§ 63	Issue has been closed due to incorrect assumptions by the reviewer. The wood harvest statistics have been deleted from the NIR. falsche Annahme und Forderung vom Reviewer - Textpassagen zur Holzeinschlagsstatistik wurden aus dem NIR entfernt	-

## 11 ERGÄNZENDE INFORMATIONEN WIE NACH ARTIKEL 7, ABSATZ 1 DES KYOTO-PROTOKOLLS GEFORDERT

### 11.1 Allgemeine Informationen

#### 11.1.1 Walddefinition und andere Kriterien

Die wesentliche Datenquelle, die zur Ermittlung der Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren verwendet wurde, ist die Bundeswaldinventur. Deren Walddefinition ist unter anderem Grundlage für die Berichterstattung und findet sich in Kapitel 6.2.1.

Entsprechend dem deutschen Eröffnungsbericht des Kyoto-Protokolls (UNFCCC 2007) hat Deutschland für die Walddefinition folgende spezifische Parameter festgesetzt:

Tabelle 420: Walddefinition in Deutschland

Parameter	Spannbreite (range)	Gewählter Wert (selected value)
<b>Mindestflächengröße</b> (minimum area of land)	0,05 – 1,00 ha	0,1 ha
<b>Mindestüberschirmungsgrad</b> (tree crown cover or equivalent stocking level)	10 – 30 %	10 %
<b>Potenzielle Baumhöhe</b> (potential tree height at maturity)	2 – 5 m	5 m

Innerhalb der in den Marrakesh Accords gesetzten Grenzen (s.o. range) kommen diese Werte der in der Bundeswaldinventur verwendeten Definition am nächsten. Untersuchungen haben gezeigt, dass der Vergleich zwischen Berechnungen der Aktivitätsdaten nach den oben aufgeführten Werten zu vernachlässigbaren Unterschieden führt.

Für die neuen Bundesländer fehlen die Daten der ersten Bundeswaldinventur. Aufgrund dieser Besonderheit wurde mit dem Projekt GSE Forest Monitoring (GSE 2003, GSE 2006, GSE 2007, GSE 2009) die Waldbedeckung und deren Veränderungen zwischen 1990 und 2002 bzw. 2005/2006 anhand von Karten entwickelt. Die dabei verwendete Walddefinition basiert jedoch auf der international anerkannten Definition der FAO mit einer Mindestflächengröße von 0,5 ha (siehe auch OEHMICHEN et al. (2011b)). Die dem Thünen-Institut zur Verfügung stehenden Originaldaten weisen jedoch auch unterhalb der Schwelle von 0,5 ha Flächen und Flächenveränderungen bis zur Pixelgröße von 25m x 25m aus, so dass hier eine zur BWI vergleichbare „Minimum Mapping Unit“ erreicht wird (siehe auch Kapitel 6.3.2.1). Aufgrund der Unsicherheiten in den GSE-Daten wird die Waldfläche 1990 in den neuen Bundesländern aber seit einigen Jahren hauptsächlich aus den qualitativ hervorragenden, hochaufgelösten CIR-Daten bestimmt (Kapitel 6.3.2.1) und durch das Baumalter bei der zweiten Bundeswaldinventur validiert.

Nach dem Kyoto Protokoll (UNFCCC 1998) werden Flächen den Aktivitäten Aufforstung und Entwaldung zugeordnet, wenn sie seit 1990 aufgeforstet bzw. entwaldet wurden. Diese Flächen bleiben bis zum Ende der Verpflichtungsperiode in diesen Kategorien, was einen kontinuierlichen Anstieg der Flächen bedingt. Kurzumtriebsplantagen werden unter der Treibhausgasberichterstattung nicht als Wald erfasst (vgl. Kapitel 6.3.2.1), sondern werden unter Ackerland berichtet.

Generell gilt in Deutschland das Wiederaufforstungsgebot (vgl. § 11 (1) S. 2 BWaldG), wonach kahlgeschlagene Waldflächen oder verlichtete Waldbestände wieder aufzuforsten oder zu

ergänzen sind. Flächen, die seit 1990 aufgeforstet wurden und aufgrund von Naturkatastrophen kurzzeitig keine Bestockung aufweisen fallen also weiterhin unter die Walddefinition und müssen wiederaufgeforstet werden. Entwaldung durch Naturkatastrophen gibt es in Deutschland nicht.

### **11.1.2 Gewählte Aktivitäten unter Artikel 3, Absatz 4 des Kyoto-Protokolls**

Deutschland muss in der zweiten Verpflichtungsperiode die forstlicher Tätigkeiten *Forest Management (FM)* nach Artikel 3, Absatz 4 des Kyotos-Protokolls anrechnen. Des Weiteren berichtet Deutschland die Emissionen aus Holzprodukten. Die Option *natürliche Störungen* hat Deutschland nicht gewählt.

Deutschland hat die folgenden freiwilligen Aktivitäten unter Artikel 3.4 des Kyoto-Protokolls gewählt:

- Ackerlandbewirtschaftung (Cropland management, CM)
- Weidelandbewirtschaftung (Grazing land management, GM).

Deutschland wählt die Abrechnung am Ende der zweiten Verpflichtungsperiode.

### **11.1.3 Beschreibung wie die Definitionen aller Aktivitäten nach Artikel 3.3 und aller gewählten Aktivitäten nach Artikel 3.4 umgesetzt und im Zeitverlauf konstant angewandt wurden**

#### **11.1.3.1 Neu- und Wiederaufforstung und Entwaldung (ARD)**

Die Definitionen von Neu- und Wiederaufforstung sowie Entwaldung werden entsprechend der Marrakesh Accords verwendet. Danach wird Aufforstung definiert als „die direkte vom Mensch induzierte Umwandlung von Flächen, die für einen Zeitraum von mindestens 50 Jahren nicht bewaldet waren, zu bewaldeten Flächen durch Pflanzung, Aussaat und / oder vom Mensch induzierte Förderung der natürlichen Bestockung (Sukzession)<sup>142</sup>.“ Die Wiederaufforstung unterscheidet sich von der Neuaufforstung lediglich durch den Zeitpunkt der letzten Bewaldung, da die Flächen, die nach IPCC als neu aufgeforstet anzusehen sind, seit dem 31.12.1989 nicht bewaldet waren<sup>143</sup>. Da der Zeitpunkt der Berichterstattung für Deutschland mit dem Basisjahr 1990 beginnt und eine ausreichende Datengrundlage zur Abgrenzung der Landnutzungsformen erst ab 1970 vorhanden ist, werden hier Neu- und Wiederaufforstung zusammengefasst betrachtet (im Folgenden als Aufforstung bezeichnet). Darunter wird die Ansiedlung von Bäumen auf aufgelassenem bewirtschaftetem Land verstanden, insofern die Verjüngung in ausreichendem Maße vorhanden ist, um Wald gemäß der nationalen Walddefinition werden zu können. Der Zeitpunkt der Neuaufforstung ist im Allgemeinen der Punkt, an dem die erste Aktivität des Regenerationsprozesses durchgeführt wurde. Im Fall einer spontanen Regeneration von Bäumen ist der Zeitpunkt der Aufforstung der, ab dem die nationalen Bedingungen zur Erfüllung der Walddefinition eingetreten sind, also wenn die

---

<sup>142</sup> Original: "Afforestation is the direct human-induced conversion of land that has not been forested for a period of at least 50 years to forested land through planting, seeding and/or the human-induced promotion of natural seed sources", Annex A Paragraph 1 lit. b to Decision 16/CMP.1 (FCCC/KP/2005/8/Add.3, page 5).

<sup>143</sup> Original: "Reforestation" is the direct human-induced conversion of non-forested land to forested land through planting, seeding and/or the human-induced promotion of natural seed sources, on land that was forested but that has been converted to non-forested land. For the first commitment period, Reforestation activities will be limited to Reforestation occurring on those lands that did not contain forest on 31 December 1989. (IPCC KP Supplements (2014))

Bewaldung ein durchschnittliches Alter von fünf Jahren erreicht hat und mindestens 50 % der Fläche bestockt sind (vgl. Kapitel 6.2.1).

Tabelle 421: Aufforstung in KP- und UNFCCC-Kategorien

Kategorie unter KP-Berichterstattung	Kategorie nach UNFCCC
<b>Aufforstung nach Art. 3.3 KP</b>	4.A.2.1 Ackerland zu Wald
	4.A.2.2. Grünland zu Wald
	4.A.2.3. Feuchtgebiete zu Wald
	4.A.2.4. Siedlungen zu Wald
	4.A.2.5. Sonstige Flächen zu Wald
	4.A.2.2.1 Grünland i.e.S. zu Wald
	4.A.2.2.2 Gehölze zu Wald
	4.A.2.3.1 Terrestrische Feuchtgebiete zu Wald
	4.A.2.3.2 Gewässer zu Wald

Entwaldung wird nach IPCC als „die direkte vom Mensch induzierte Umwandlung von Waldflächen in Nichtwaldflächen<sup>144</sup>“ definiert. Nicht als Entwaldung gilt das Ernten von Waldflächen, die danach wieder verjüngt werden, da dieser Vorgang gemäß Art. 3.4 zur Waldbewirtschaftung zählt. Nicht als entwaldet in diesem Sinne gelten ebenfalls die Flächen, die durch natürliche Störereignisse wie Waldbrände, Insektenkalamitäten oder Stürme vorübergehend unbestockt sind, da derartige Flächen von sich aus oder durch waldbauliche Maßnahmen wiederbewaldet werden. Auch diese Flächen fallen unter bewirtschaftete Flächen nach Art. 3.4 oder, wenn es sich um aufgeforstete Flächen handelt, in die Kategorie der aufgeforsteten Flächen nach Art. 3.3.

Finden auf derartigen vorübergehend unbestockten Flächen seit 1990 jedoch menschliche Aktivitäten, wie Straßen-, Siedlungsbau oder andere Landnutzungsarten (Bewirtschaftung von Grünland oder Feuchtflächen) statt, so dass eine Wiederbewaldung der Flächen durch die Änderung der Landnutzung ausgeschlossen wird, so sind diese Flächen entsprechend IPCC als entwaldet zu bezeichnen.

Die Kategorie Entwaldung entspricht den folgenden Kategorien nach der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention:

Tabelle 422: Entwaldung in KP- und UNFCCC-Kategorien

Kategorie unter KP-Berichterstattung	Kategorie nach UNFCCC
<b>Entwaldung nach Art. 3.3 KP</b>	4.B.2.1. Wald zu Ackerland
	4.C.2.1. Wald zu Grünland
	4.D.2.1. Wald zu Feuchtgebiete
	4.E.2.1. Wald zu Siedlungen
	4.F.2.1. Wald zu Sonstigen Flächen
	4.C.2.1.1 Wald zu Grünland i.e.S.
	4.C.2.1.2 Wald zu Gehölze
	4.D.2.1.1 Wald zu Terrestrische Feuchtgebiete
	4.D.2.1.2 Wald zu Gewässer
	(NO)

NO: nicht vorkommend (not occurring)

<sup>144</sup> Original „Deforestation is the direct human-induced conversion of forested land to non-forested land“, Annex A No 1 lit. d FCCC/CP/2001/15/Add.1, page 58.

### 11.1.3.2 Waldbewirtschaftung (FM)

In Deutschland werden alle Waldflächen, die seit 1990 Wald sind, als bewirtschaftet im Sinne der Marrakesh Accords<sup>145</sup> angesehen und unter *forest management*<sup>146</sup> nach Art. 3.4 KP berichtet. Eine ausführliche Begründung findet sich in Kapitel 11.5.1.

Tabelle 423: Waldbewirtschaftung in KP- und UNFCCC-Kategorien

Kategorie unter KP-Berichterstattung	Kategorie nach UNFCCC
Waldbewirtschaftung nach Art. 3.4 KP	4.A.1 verbleibende Waldfläche

Da jede Landnutzungsänderung hin zu Wald als Aufforstung, jede Landnutzungsänderung von Wald in eine andere Landnutzungsart als Entwaldung und alle Waldflächen, die nicht Neuwald sind als bewirtschaftet betrachtet werden, ist eine Änderung hinsichtlich der Anwendung der Definitionen über die Zeit ausgeschlossen.

Die Abschätzung des Beitrags von Holzprodukten in Deutschland zu den Emissionen nach Quellen und Senken von Treibhausgasen wurde in dem Modell WoodCarbonMonitor mit einem Berechnungsansatz auf Basis der Daten zur Produktion von Holzprodukten vorgenommen. Die Abschätzung umfasst alle in Deutschland produzierten Holzprodukte, deren Holz aus heimischem Einschlag stammt und die stofflich genutzt werden.

### 11.1.3.3 Ackerlandbewirtschaftung (CM)

Ackerlandbewirtschaftung (CM) ist die landwirtschaftliche Nutzung von Land als Fläche für den Anbau von Feldfrüchten (z.B. Getreide, Hülsenfrüchte, Hackfrüchte) und Beerenfrüchten (z.B. Erdbeeren), Gartenland als Fläche für den Anbau von Gemüse, Obst und Blumen sowie die Aufzucht von Kulturpflanzen und für Sonderkulturen als Fläche zum Anbau bestimmter Pflanzen (z.B. Hopfen, Wein, Obstgärten). Ackerlandbewirtschaftung schließt annuelle Kulturen und Dauerkulturen wie Wein, Obstbäume, Weihnachtsbäume, Kurzumtriebsplantagen ein. Dauerkulturen fallen nicht unter die deutsche Walddefinition.

Die Definition der Ackerlandbewirtschaftung entspricht der Definition der Flächen unter Ackerland der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention (siehe Kapitel 6.2 und Tabelle 321).

Die Kategorie Ackerlandbewirtschaftung entspricht den folgenden Kategorien nach der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention:

<sup>145</sup> Paragraph 1 lit. f des Annex A der Decision 16/CMP.1

<sup>146</sup> Original: "Forest management" is a system of practices for stewardship and use of forest land aimed at fulfilling relevant ecological (including biological diversity), economic and social functions of the forest in a sustainable manner. (IPCC KP Supplements (2014))

Tabelle 424: Ackerlandbewirtschaftung in KP- und UNFCCC-Kategorien

Kategorie unter KP-Berichterstattung	Kategorie nach UNFCCC	
Ackerlandbewirtschaftung nach Art. 3.4 KP	4.B.1 Ackerland bleibt Ackerland	
	4.B.2.2 Grünland zu Ackerland	4.B.2.2.1 Grünland i.e.S. zu Ackerland
		4.B.2.2.2 Gehölze zu Ackerland
	4.B.2.3 Feuchtgebiete zu Ackerland	4.B.2.3.1 Terrestrische Feuchtgebiete zu Ackerland
		4.B.2.3.2 Gewässer zu Ackerland
	4.B.2.4 Siedlungen zu Ackerland	
	4.B.2.5 Sonstige Flächen zu Ackerland	
	4.C.2.2.2 Ackerland zu Gehölze <sup>1)</sup>	
	4.D.2.2 Ackerland zu Feuchtgebiete <sup>2)</sup>	4.D.2.2.3 Ackerland zu Terrestrische Feuchtgebiete <sup>3)</sup>
		4.D.2.2.2 Ackerland zu Gewässer <sup>4)</sup>
	4.E.2.2 Ackerland zu Siedlungen <sup>5)</sup>	
4.F.2.2 Ackerland zu Sonstige Flächen (NO) <sup>6)</sup>		

Nummern: 1), 2), 3), 4), 5) Emissionen und Senken werden mit Null angesetzt (IPCC KP Supplement (2014) Kap. 2.9.2). Fußnote 6) NO: Not occurring

Alle Flächen unter Ackerlandbewirtschaftung unterliegen periodischen Bewirtschaftungsmaßnahmen, so dass die Emissionen und Senken menschlichen Ursprungs sind.

#### 11.1.3.4 Weidelandbewirtschaftung (GM)

Weidelandbewirtschaftung (GM) ist die Nutzung von Land als Grünland im engen Sinne als Wiesen, Weiden, Almen, Hutungen, Heideflächen, naturbelassenes Grünland, Erholungsflächen sowie Sumpf/Ried.

Die Definition der Weidelandbewirtschaftung entspricht der Definition der Flächen unter Grünland i.e.S. der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention (siehe Kapitel 6.2 und Tabelle 321).

Die Kategorie Weidelandbewirtschaftung entspricht den folgenden Kategorien nach der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention:

Tabelle 425: Weidelandbewirtschaftung in KP- und UNFCCC-Kategorien

Kategorie unter KP-Berichterstattung	Kategorie nach UNFCCC	
Weidelandbewirtschaftung nach Art. 3.4 KP	4.C.1.1 Grünland i.e.S. bleibt Grünland i.e.S.	
	4.C.2.2.1 Ackerland zu Grünland i.e.S	
	4.C.1.3 Gehölze zu Grünland i.e.S	
	4.C.2.3.1 Feuchtgebiete zu Grünland i.e.S	4.C.2.3.3.1 Terrestrische Feuchtgebiete zu Grünland i.e.S.
		4.C.2.3.2.1 Gewässer zu Grünland i.e.S.
	4.C.2.4.1 Siedlungen zu Grünland i.e.S.	
	4.C.2.5.1 Sonstige Flächen zu Grünland i.e.S.	
	4.C.1.4 Grünland i.e.S. zu Gehölze <sup>1)</sup>	
	4.D.2.3 Grünland i.e.S. zu Feuchtgebiete <sup>2)</sup>	4.D.2.3.1.3 Grünland i.e.S. zu Terrestrische Feuchtgebiete <sup>3)</sup>
		4.D.2.3.1.2 Grünland i.e.S. zu Gewässer <sup>4)</sup>
		4.E.2.3.1 Grünland i.e.S. zu Siedlungen <sup>5)</sup>
	4.F.2.3.1 Grünland i.e.S. zu Sonstige Flächen <sup>6)</sup>	

Nummer 1), 2), 3), 4), 5) Emissionen und Senken werden mit Null angesetzt (IPCC KP Supplement (2014) Kap. 2.9.2). Fußnote 6) NO: Not occurring

Alle Flächen unter Weidelandbewirtschaftung unterliegen periodischen Bewirtschaftungsmaßnahmen, so dass die Emissionen und Senken menschlichen Ursprungs sind.

#### **11.1.4 Beschreibung der vorrangigen Bedingungen und/oder der Hierarchie unter den Aktivitäten nach Artikel 3.4, und wie sie konstant auf die Bestimmung der Landklassifizierung angewandt wurden**

Deutschland hat unter Art. 3.4 des Kyoto-Protokolls die Hierarchie der Aktivitäten gemäß der Vorgaben der IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014) festgelegt. Die Aktivität *forest management* ist verpflichtend und hat damit Vorrang vor den freiwilligen Aktivitäten *cropland management* und *grazing land management*. Deutschland hat in der ersten Verpflichtungsperiode *forest management* freiwillig gewählt. Die Hierarchie erlaubt eine konsistente Berichterstattung für die erste und zweite Verpflichtungsperiode.

Gemäß der Vorgaben der IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014) kann Waldbewirtschaftung (FM) nur auf Flächen stattfinden, die Wald sind. Die unter FM berichteten Waldflächen, sind die nach der Konvention unter *forest land remaining forest land* berichteten Waldflächen, abgesehen von unterschiedlich zu den Konversionsflächen zu Wald (Konvention) bzw. zur Aufforstung (Kyoto-Protokoll) zugeordneten Flächen. Die Gesamtwaldfläche ist unter der Konvention und dem Kyoto-Protokoll gleich. Der gesamte deutsche Wald wird als bewirtschaftet im Sinne der Vorgaben der Marrakesh Accords angesehen. Die Definition der Waldbewirtschaftung wird weit auslegt (siehe dazu ausführlich Kapitel 11.5.1).

Innerhalb der freiwilligen Aktivitäten hat die Zuordnung zu *cropland management* Vorrang vor *grazing land management*. Ackergras in Fruchtfolgen wird der Ackerlandbewirtschaftung zugeordnet. Dauerhafte Landnutzungsänderungen von Acker zu Grünland i.e.S. und umgekehrt werden dagegen als Änderung in der Aktivität von Ackerland- zu Weidelandbewirtschaftung und umgekehrt berichtet. Damit entspricht die Landklassifizierung

von Ackerland- und Weidelandbewirtschaftung der Klassifizierung von Ackerland und Grünland i.e.S. im Inventar unter UNFCCC.

## **11.2 Landbezogene Informationen**

### **11.2.1 *Methodik, die für die Bestimmung der Flächengröße nach Artikel 3.3 genutzt wird***

Die verwendete Methodik zur Herleitung der Aktivitätsdaten (Flächen) ist in Kapitel 6.3 beschrieben. Sie entspricht dem Approach 3 nach den IPCC 2006 Guidelines (IPCC 2006), wobei die flächige Bezugseinheit Deutschland, mit einer Fläche von 35.779,63 kha, ist. Die Flächen der Landnutzungsart Wald und deren Zu- und Abgänge werden vorrangig aus den Punktdaten der Bundeswaldinventuren hergeleitet (BMELV 2005). Für die neuen Bundesländer werden die BWI-Daten mit den Daten des Projektes GSE FM-INT (GSE 2003, GSE 2006, GSE 2007, GSE 2009) (vgl. auch Kapitel 6.4.2.1 und 6.2) ergänzt. Eine ausführliche Beschreibung zur Landnutzungsklassifizierung findet sich im Kapitel 6.2 und zur Herleitung der Landnutzungsmatrix im Kapitel 6.3.

Durch die Herleitung der Landnutzungsmatrix (LUM) durch eine einheitliche Methode wird für die Entwaldungsflächen dieselbe räumliche Auflösung (spatial assessment unit) wie für Aufforstung verwendet.

### **11.2.2 *Methodik, die zur Entwicklung der Landübergangsmatrix benutzt wird***

Die Bestimmung der Waldfläche und die Herleitung der Flächen für die Veränderungsklassen sind ausführlich in Kapitel 6.3 beschrieben. In Tabelle 426 sind die Landnutzungsänderungen zu Waldflächen (Afforestation/Reforestation), von Waldflächen (Deforestation) und die bewirtschafteten Flächen (Forest Management) zusammengefasst. Dabei bleiben Umwandlungsflächen bis zum Ende der 2. Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls 2020 in der Umwandlungsklasse, weshalb die jährlichen Flächen akkumuliert werden. Neben den akkumulierten Flächen, wie sie in der Berichterstattung verwendet werden, sind diesen in der Tabelle 426 die jährlichen Flächen gegenübergestellt.

Tabelle 426: Akkumulierte und jährliche Flächen der Kategorien Aufforstung, Entwaldung und Waldbewirtschaftung von 1990 bis 2014

Jahr	Afforestation/ Reforestation (KP 3.3) [kha]		Deforestation (KP 3.3) [kha]		Forest Management (KP 3.4) [kha]	
	akkumulierte Flächen	jährliche Flächen	akkumulierte Flächen	jährliche Flächen	akkumulierte Flächen	jährliche Flächen
1990	27.619	27.619	12.539	12.539	10.901.001	10.901.001
1995	165.712	27.619	75.235	12.539	10.838.306	10.976.399
2000	303.806	27.619	137.931	12.539	10.775.610	11.051.797
2005	380.558	15.350	185.033	9.420	10.728.508	11.093.715
2006	395.605	15.048	196.348	11.315	10.717.193	11.097.751
2007	410.653	15.048	207.662	11.315	10.705.878	11.101.483
2008	425.701	15.048	218.977	11.315	10.694.563	11.105.216
2009	442.258	16.557	229.983	11.005	10.683.558	11.109.258
2010	458.815	16.557	240.988	11.005	10.672.552	11.114.810
2011	475.372	16.557	251.994	11.005	10.661.547	11.120.362
2012	491.930	16.557	262.999	11.005	10.650.541	11.125.914
2013	506.001	14.071	270.808	7.809	10.642.732	11.134.662
2014	520.072	14.071	278.617	7.809	10.634.924	11.140.924

Die Bestimmung der Acker- und Grünlandflächen sowie die Herleitung der Flächen für die Veränderungsklassen sind ausführlich im Kapitel 6.3 beschrieben. In Tabelle 427 sind die Flächen unter Ackerlandbewirtschaftung (Cropland Management) und Weidelandbewirtschaftung (Grassland Management) für das Basisjahr 1990 und die Jahre 2013 und 2014 zusammengefasst. Dabei werden im Basisjahr die Landnutzungsänderungen in der Periode 1970 bis 1990 berücksichtigt außer bei Landnutzungsänderungen zu Wald, die methodisch konsistent mit KP Art. 3.3 kumulativ seit 1990 als Aufforstung erfasst werden. Die Flächen werden stratifiziert nach

- Ackerland bleibt Ackerland bzw. Grünland bleibt Grünland i.e.S
- Landnutzungsänderungen zu Ackerland bzw. zu Grünland i.e.S (außer Wald)
- Landnutzungsänderungen von Ackerland zu Nutzungskategorien, die nicht in anderen Aktivitäten unter KP Art. 3.3. oder 3.4 erfasst sind.

Bei Landnutzungsänderungen von Ackerland und Grünland i.e.S. zu Nutzungskategorien, die nicht in anderen Aktivitäten unter KP Art. 3.3. oder 3.4 erfasst sind, wird gemäß der IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014), Kap. 2.9.2, die Fläche berichtet, die von Ackerland und Grünland i.e.S. zu anderen Nutzungskategorien gewechselt hat. Die Emissionen von diesen Flächen werden nach IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014), Kap. 2.9.2 mit Null angerechnet.

Tabelle 427: Übersicht über die Flächen unter Ackerland- und Weidelandbewirtschaftung im Basisjahr 1990 und der Jahre 2013 und 2014

Unterkategorien	Cropland Management (CM)			Grazing Land Management (GM)		
	Fläche 1990 [ha]	Fläche 2013 [ha]	Fläche 2014 [ha]	Fläche 1990 [ha]	Fläche 2013 [ha]	Fläche 2014 [ha]
...land bleibt	12.587.710	12.384.320	12.384.003	5.808.654	5.149.747	5.115.939
...land						
Summe LUC zu	1.041.719	1.056.200	1.055.614	903.073	636.746	614.702
...land						
Summe LUC von	462.690	1.145.473	1.176.501	224.550	600.043	619.565
...land						
<b>Gesamt</b>	<b>14.092.119</b>	<b>14.585.993</b>	<b>14.616.117</b>	<b>6.936.277</b>	<b>6.386.536</b>	<b>6.350.206</b>

### **11.2.3 Karten und/oder Datenbanken zur Bestimmung der geografischen Position von Flächen und das dazugehörige Identifizierungssystem**

Zur Ermittlung der Aktivitätsdaten wurden folgende Datenquellen benutzt:

- Bundeswaldinventur 1987 (BWI 1987)
- Bundeswaldinventur 2002 (BWI 2002)
- Inventurstudie 2008 (IS08)
- Bundeswaldinventur 2012 (BWI 2012)
- CIR-Daten (Kartenwerke der Biotop- und Nutzungstypen-Kartierung)
- GSE ForestMonitoring: Inputs für die Treibhausgasberichterstattung (GSE FM-INT)
- Basis-Digitales Landschaftsmodell des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS®)
- CORINE Land Cover (CLC)
- Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK 1000; BGR 1997)
- Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland
- Karte der organischen Böden Deutschland (ROSSKOPF et al., 2015)

Ausführliche Beschreibungen zu den Datenquellen finden sich im Kapitel 6.4.2.1 und 6.3.2.1.

Alle Aufforstungen und Entwaldungen sind in Artikel 3.3 bilanziert und werden nicht unter Waldbewirtschaftung, Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung nach Artikel 3.4 angegeben. Die Veränderungen der Flächen zwischen den Maßnahmen gemäß Artikel 3.3 und Artikel 3.4 werden in KP-Tabelle NIR 2 aufgeführt. Die Methodik der Flächenherleitung beruht auf einem stichprobenbasierten System, welches die Fläche je Landnutzungskategorie und die Landnutzungsänderungen von und zu den Landnutzungskategorien erfasst (siehe Kapitel 6.3). Das verwendete Stichprobennetz basiert auf dem Netz der BWI 2012. Jeder Stichprobenpunkt wird anteilmäßig den Landnutzungskategorien Waldbewirtschaftung, Aufforstung und Entwaldung sowie Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung zugeordnet. Für die Kategorien Aufforstung und Entwaldung ist ein Wechsel des Stichprobenpunktanteils in eine andere Landnutzungskategorie ausgeschlossen. Jeder Anteil eines Stichprobenpunktes entspricht einer Fläche und über die Stichprobenkoordinaten ist die geografische Position der Fläche bestimmt. Durch dieses Identifizierungssystem ist eine eindeutige Abgrenzung zwischen Aufforstungs- und Entwaldungsflächen unter KP Art. 3.3 und Waldbewirtschaftung, Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung nach KP Art. 3.4 gegeben.

## **11.3 Aktivitätsspezifische Informationen**

### **11.3.1 Methoden für die Bestimmung der Kohlenstoffvorratsänderung, Treibhausgasemissionen und Reduktionsschätzungen**

#### **11.3.1.1 Beschreibung der Methoden und der angewandten, zugrundeliegenden Annahmen**

##### **11.3.1.1.1 Zusammenfassung**

Die meisten methodischen Beschreibungen finden sich im Kapitel 6, in dem die Berichterstattung für die Klimarahmenkonvention abgehandelt wird.

**Waldbewirtschaftung und Aufforstung**

Wie im Kapitel 11.1.3 beschrieben, sind die Aktivitäten Waldbewirtschaftung und Aufforstung im Kyoto Protokoll den Kategorien 4.A.1 verbleibende Waldfläche und 4.A.2 Flächenumwandlungen zu Wald bei der Klimarahmenkonvention gleichzusetzen. In den folgenden Kapiteln wird deshalb für diese Kategorien meist auf das Kapitel 6 verwiesen und nur für die Entwaldung methodische Beschreibungen ergänzt.

**Entwaldung**

In dem Zeitraum von 1987 bis 2002 konnte in den alten Bundesländern und von 2002 bis 2012 in allen Bundesländern eine Hochrechnung auf Basis der Einzelbaumdaten aus den Bundeswaldinventuren (Stichproben, Tier 2) durchgeführt und die Biomasse-Kohlenstoffvorräte für die Entwaldungsflächen abgeschätzt werden (siehe Kapitel 11.3.1.1.2). Die Kohlenstoffvorräte der alten Bundesländer in dieser Kategorie zwischen 1987 und 2002 wurden auf die Entwaldungsflächen in den neuen Bundesländern übertragen, da der Datenspeicher Waldfonds diesbezüglich keine Informationen bereitstellt. Ab dem Jahr 2013 werden die Ergebnisse der Periode 2002 bis 2012 fortgeschrieben. Insgesamt ging im Jahr 2014 bei der Entwaldung aus der Biomasse (ohne Biomasse der umgewandelten Fläche) ein Kohlenstoffvorrat von  $-54,66 \text{ t C ha}^{-1}$  verloren. Vereinfachend wurde angenommen, dass der Kohlenstoffvorrat im Jahr der Umwandlung in die Atmosphäre emittiert wird.

Die aus Biomasseverlusten und der im jeweiligen Jahr seit 1987 errechneten Fläche abgeleiteten impliziten Emissionsfaktoren nehmen für die Kyoto-Berichterstattung von 1990 bis 2014 ab. Dies ist ausschließlich darauf zurückzuführen, dass die Flächen ab 1990 in der Aktivität Entwaldung verbleiben und sich die Fläche hierdurch in jedem Berichtsjahr vergrößert. In Tabelle 428 ist am Beispiel der abnehmenden oberirdischen Biomasse bei Entwaldung dieser Effekt abgebildet. Neben der abnehmende Biomasse muss auch die zunehmende Biomasse der neuen Landnutzungskategorie berücksichtigt werden. Diese wird mit der abnehmenden Biomasse verrechnet.

Tabelle 428: Jährliche und akkumulierte Entwaldungsflächen und jährlicher und implizierter Emissionsfaktor für die abnehmende oberirdische Biomasse des Waldes; positiv: Kohlenstoffsenke; negativ: Kohlenstoffemission

		1990	2000	2010	2014
<b>Entwaldungsfläche [ha]</b>	<b>Jährlich</b>	12.539	12.539	11.005	7.809
	<b>Akkumuliert</b>	12.539	137.931	240.988	278.617
<b>Emissionsfaktor [t C ha<sup>-1</sup>]</b>	<b>Jährlich</b>	-24,53	-24,53	-46,48	-46,48
	<b>Akkumuliert</b>	-24,53	-2,23	-2,12	-1,30

Neben dem Verlust der Biomasse bei Entwaldungen kommen noch Verluste bei Totholz, Streu, mineralischen und organischen Böden hinzu. Bei Biomasse, Totholz und Streu wird angenommen, dass sie im Jahr der Umwandlung als Emission emittiert werden. Die Emission aus organischen Böden findet jedes Jahr auf der gesamten Entwaldungsfläche statt und für mineralische Böden wird eine Übergangszeit von 20 Jahren angenommen. Eine Übersicht über die Kohlenstoffverluste bei Entwaldung und den Entwaldungsflächen für das Jahr 2014 gibt Tabelle 429.

Tabelle 429: Entwaldungsflächen und Kohlenstoffvorratsverluste aus Biomasse (mit Biomasse der umgewandelten Fläche), Totholz, Streu und mineralischen und organischen Böden bei

der Entwaldung für das Jahr 2014; positiv: Kohlenstoffsенке; negativ:  
Kohlenstoffemission

<b>Pool</b>	<b>Kohlenstoffvorratsverlust [GgC]</b>
Biomasse	-315,533
Totholz	-15,505
Streu	-146,022
Mineralische Böden	39,566
Organische Böden	-98,861
<b>Summe</b>	<b>-536,355</b>
<b>Entwaldungsfläche [ha]</b>	
jährliche	7.809,00
akkumulierte	278.617,00

### Ackerlandbewirtschaftung

- Die Aktivität Ackerlandbewirtschaftung entspricht methodisch den Kategorien 4.B.1 und 4.B.2 außer 4.B.2.1 Wald zu Ackerland. Entsprechend den [https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir\\_2015/literatur](https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir_2015/literatur) IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014), Kap. 2.9.2 werden Emissionen und Senken auf Flächen, die von Ackerland zu nicht angerechneten Landnutzungskategorien gewechselt haben, mit Null angerechnet. Die Berechnungsmethoden sind wie folgt beschrieben:
- Änderung der Kohlenstoffvorräte in der ober- und unterirdischen Biomasse: Kapitel 6.5.2.1,
- Änderung der Kohlenstoffvorräte in Mineralböden: Kapitel 6.5.2.2,
- CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus drainierten organischen Böden: Kapitel 6.5.2.3,
- direkte und indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Humusverlusten bei Landnutzungsänderung: Kapitel 6.1.2.1.2.

Die Kohlenstoffpools Totholz und Streu kommen nur im Wald vor, nicht aber bei Ackerlandbewirtschaftung (NO), da Landnutzungsänderungen von Wald zu Acker unter Entwaldung angerechnet werden. N<sub>2</sub>O-Emissionen aus organischen Böden unter Ackerland werden nicht unter der Aktivität Ackerlandbewirtschaftung nach Art. 3.4 berichtet, sondern im Sektor Landwirtschaft.

Eine Übersicht über die Änderungen der Kohlenstoffvorräte und der Treibhausgasemissionen bei Ackerlandbewirtschaftung für das Jahr 2014 gibt Tabelle 430.

Tabelle 430: Kohlenstoffvorratsänderungen und Treibhausgasemissionen infolge Ackerlandbewirtschaftung für das Jahr 2014

Unterkategorien	C- Vorratsänderungen in Biomasse 2014 <sup>147</sup> [kt C]	C- Vorratsänderungen in Mineralböden 2014 <sup>79</sup> [kt C]	CO <sub>2</sub> aus organischen Böden 2014 <sup>79</sup> [kt C]	CH <sub>4</sub> aus organischen Böden 2014 <sup>148</sup> [kt CH <sub>4</sub> ]	Direktes und indirektes N <sub>2</sub> O aus Zersetzung organischer Substanz in Mineralböden 2014 <sup>80</sup> [kt N <sub>2</sub> O]	Summe 2014 <sup>80/149</sup> [kt CO <sub>2</sub> - Äqu]
Ackerland bleibt Ackerland	0	0	-2.049,74	6,58	0	7.680,19
<b>Summe LUC zu Ackerland</b>	<b>1,56</b>	<b>-758,31</b>	<b>-992,81</b>	<b>3,19</b>	<b>1,16</b>	<b>6.839,67</b>
<b>Summe LUC von Ackerland</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Gesamt</b>	<b>1,56</b>	<b>-758,31</b>	<b>-3.042,55</b>	<b>9,77</b>	<b>1,16</b>	<b>14.519,86</b>

Die Emissionen aus Ackerlandbewirtschaftung 2014 werden dominiert von CO<sub>2</sub> aus organischen Böden. Kohlenstoffverluste aus Mineralböden durch die Umwandlung von Grünland i.e.S. zu Ackerland sind ebenfalls signifikant.

[https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir\\_2015/10/10.5/10.5.2/10.5.2.1](https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir_2015/10/10.5/10.5.2/10.5.2.1) - [tabelle 364a](#) 2014 waren die Netto-Emissionen aus Ackerlandbewirtschaftung höher als im Basisjahr 1990 (siehe Tabelle 449), so dass 2014 eine Netto-Emission von 1.817,53 kt CO<sub>2</sub>-Äquivalenten anrechenbar ist. Diese stammt zum größten Teil aus der Zunahme von Ackerlandflächen auf organischen Böden aber auch aus Mineralböden insbesondere infolge von Grünlandumbruch. Diese Effekte überkompensieren bei weitem den Rückgang der allerdings immer noch positiven Emissionen aus den Subkategorien Siedlungen und Feuchtgebiete zu Ackerland seit 1990.

Treibhausgasemissionen und –senken der Landnutzungsänderungen von Ackerland zu nicht angerechneten Aktivitäten (Terrestrische Feuchtgebiete, Gewässer, Siedlungen) werden nach [https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir\\_2015/literatur](https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir_2015/literatur) IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014), Kap. 2.9.2 mit Null angerechnet. Dementsprechend wurden keine Emissionen berechnet.

### Weidelandbewirtschaftung:

Die Aktivität Weidelandbewirtschaftung entspricht methodisch der Unterkategorien Grünland i.e.S. (4.C.1.1 und entsprechende Landnutzungsänderungen zu Grünland i.e.S. außer Wald zu Grünland i.e.S.). Entsprechend den [https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir\\_2015/literatur](https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir_2015/literatur) IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014), Kap. 2.10.2 werden Emissionen und Senken auf Flächen, die von Grünland i.e.S. zu nicht angerechneten Landnutzungskategorien gewechselt haben, mit Null angerechnet. Die Berechnungsmethoden sind wie folgt beschrieben:

- Änderung der Kohlenstoffvorräte in der ober- und unterirdischen Biomasse: Kapitel 6.6.2.2,
- Änderung der Kohlenstoffvorräte in Mineralböden: Kapitel 6.6.2.3,
- CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus drainierten organischen Böden: Kapitel 6.6.2.4,

<sup>147</sup> Vorratsänderung positiv: Kohlenstoffsенke; negativ: Kohlenstoffquelle

<sup>148</sup> THG-Emissionen positiv: THG-Quelle; negativ: THG-Senke

<sup>149</sup> Ohne N<sub>2</sub>O-Emissionen aus organischen Böden, diese werden im Sektor Landwirtschaft berichtet

- direkte und indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Humusverlusten bei Landnutzungsänderung: Kapitel 6.1.2.1.2.

Die Kohlenstoffpools Totholz und Streu kommen nur im Wald vor, nicht aber bei der Weidelandbewirtschaftung (NO), da Landnutzungsänderungen von Wald zu Grünland i.e.S. unter Entwaldung angerechnet werden.

Eine Übersicht über die Änderungen der Kohlenstoffvorräte und der Treibhausgasemissionen bei Weidelandbewirtschaftung für das Jahr 2014 gibt Tabelle 431. N<sub>2</sub>O-Emissionen aus organischen Böden unter Grünland i.e.S. werden nicht unter der Aktivität Weidelandbewirtschaftung nach Art. 3.4 berichtet, sondern im Sektor Landwirtschaft.

Tabelle 431: Kohlenstoffvorratsänderungen und Treibhausgasemissionen infolge Weidelandbewirtschaftung im Jahr 2014

Unterkategorien	C-Vorratsänderungen in Biomasse 2014 <sup>150</sup>	C-Vorratsänderungen in Mineralböden 2014 <sup>152</sup>	CO <sub>2</sub> aus organischen Böden 2014 <sup>152</sup>	CH <sub>4</sub> aus organischen Böden 2014 <sup>151</sup>	Direktes und indirektes N <sub>2</sub> O aus Zersetzung organischer Substanz in Mineralböden 2014 <sup>153</sup>	Summe 2014 <sup>152</sup>
	[kt C]	[kt C]	[kt C]	[kt CH <sub>4</sub> ]	[kt N <sub>2</sub> O]	[kt CO <sub>2</sub> -Äqu]
Grünland i.e.S. bleibt Grünland i.e.S.	0	0	-6.071,44	18,87	0	22.733,70
<b>Summe LUC zu Grünland i.e.S.</b>	<b>-38,43</b>	<b>467,88</b>	<b>-308,45</b>	<b>0,96</b>	<b>0</b>	<b>-419,69</b>
<b>Summe LUC von Grünland i.e.S.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Gesamt</b>	<b>-38,43</b>	<b>467,88</b>	<b>-6.379,89</b>	<b>19,83</b>	<b>0</b>	<b>22.314,01</b>

Die Emissionen aus Weidelandbewirtschaftung 2013 stammen fast ausschließlich aus drainierten organischen Böden. Sie werden geringfügig kompensiert durch die Kohlenstoffsénke in Mineralböden nach Landnutzungsänderungen.

2014 waren die Netto-Emissionen aus Weidelandbewirtschaftung geringer als im Basisjahr 1990 (siehe Tabelle 450), so dass 2014 eine Netto-Emissionsminderung von -3.452,34 kt CO<sub>2</sub>-Eq. anrechenbar ist. Diese stammt zum größten Teil aus der Abnahme der Grünlandflächen auf organischen Böden. Der damit verbundenen Rückgang der Emissionen seit 1990 (- 14 %) überkompensiert die Abnahme der Senkenfunktion der Mineralböden (-23 %) im Berichtszeitraum, aufgrund des absoluten Größenunterschiedes, bei Weitem.

Treibhausgasemissionen und –senken aus Flächen, die Landnutzungsänderungen zu nicht angerechneten Aktivitäten haben (Terrestrische Feuchtgebiete, Gewässer, Siedlungen), werden nach IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014), Kap. 2.10.2 mit Null angerechnet. Dementsprechend wurden keine Emissionen berechnet. Emissionen aus den 20-jährigen Übergangskategorien von Grünland i.e.S. zu diesen Landnutzungskategorien im Jahr 2014, die den Zeitraum 1994-2014 abdecken, können aber eine Größenordnung der Netto-Emissionen aus diesen Flächen geben. Sie lagen 2014 bei einer Netto-Quelle von 492 kt CO<sub>2</sub>-Eq., v.a. bedingt durch Emissionen aus mineralischen und organischen Böden nach der Landnutzungsänderung zu Siedlungen, die nur teilweise von einer Netto-CO<sub>2</sub>-Senke in der Biomasse kompensiert wurden. Diesen stand im Basisjahr 1990 eine Netto-Quelle von 710 kt CO<sub>2</sub>-Eq. aus den gleichen Landnutzungsänderungen gegenüber.

<sup>150</sup> Vorratsänderung positiv: Kohlenstoffsénke; negativ: Kohlenstoffquelle

<sup>151</sup> Emissionen positiv: THG-Quelle; negativ: THG-Sénke

<sup>152</sup> Ohne N<sub>2</sub>O-Emissionen aus organischen Böden, diese werden im Sektor Landwirtschaft berichtet

### 11.3.1.1.2 Biomasse

#### Waldbewirtschaftung und Aufforstung:

Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen in der ober- und unterirdischen Biomasse finden sich in den folgenden Kapiteln:

- Verbleibende Waldfläche siehe Kapitel 6.4.2.2.1.
- Neuwaldfläche siehe Kapitel 6.4.2.2.2.

Weiterführende methodische Beschreibungen finden sich wie folgt:

- Herleitung der Einzelbaumbiomasse siehe Kapitel 6.4.2.2.3.
- Konvertierung in oberirdische Einzelbaumbiomasse siehe Kapitel 6.4.2.2.4.
- Konvertierung in unterirdische Biomasse siehe Kapitel 6.4.2.2.5.
- Konvertierung der Einzelbaumbiomasse in Kohlenstoff siehe Kapitel 6.4.2.2.6.
- Hochrechnungsalgorithmen für den Zustand von 1987, 2002, 2008 siehe Kapitel 7.2.4.1.7.
- Hochrechnungsalgorithmen für die Vorratsveränderung nach der „Stock-Difference Method“ siehe Kapitel 6.4.2.2.8.
- Interpolation der Zeiträume hin zu jährlichen Veränderungsschätzungen siehe Kapitel 6.4.2.2.9.

#### Entwaldung:

Für die Entwaldungsflächen erfolgte auf Basis der BWI 1987, BWI 2002 und BWI 2012 eine Einzelbaumberechnung. Die Daten der Inventurstudie 2008 wurden wegen dem geringen Stichprobenumfang von Bäumen auf Entwaldungsflächen nicht berücksichtigt. Zwischen der BWI 1987 und BWI 2002 fanden nur Bäume in den alten Bundesländern Berücksichtigung, da die BWI 1987 nur dort durchgeführt wurde. Für die neuen Bundesländer wurden die Holzvorräte der alten Bundesländer verwendet. Der Emissionsfaktor für die abnehmende ober- und unterirdische Biomasse des Zeitraumes 1990 bis 2001 beträgt  $-28,93 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Ab 2002 konnte eine Einzelbaumberechnung zwischen BWI 2002 und BWI 2012 für Gesamtdeutschland durchgeführt werden. Der Emissionsfaktor für die abnehmende ober- und unterirdische Biomasse des Zeitraumes 2002 bis 2013 beträgt  $-54,66 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Die Vorräte der nachfolgenden Nutzungsklassen wurden abgezogen und somit berücksichtigt. Die bei der Entwaldung freiwerdenden Kohlenstoffvorräte werden im selben Jahr vollständig als Emission gezählt.

#### Ackerlandbewirtschaftung:

Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen in der ober- und unterirdischen Biomasse finden sich im Kapitel 6.5.2.1 gegliedert nach:

- Dauerkulturen (perennierende Ackerkulturen) siehe Kapitel 6.5.2.1.1 und Kapitel 19.4.3.1. Folgende Dauerkulturen werden unterschieden: Obstbäume, Weihnachtsbaumplantagen, Wein, Kurzumtriebsplantagen, Baumschulen.

- Annuelle Kulturen, die bei Landnutzungsänderungen berücksichtigt werden, siehe Kapitel 6.5.2.1.2. Die Biomassevorräte werden aus jährlichen Anbau- und Ertragsstatistiken konsistent mit der Berechnung der N-Einträge aus Ernterückständen im Kapitel 5 (Landwirtschaft) berechnet.
- Aggregation der Biomassewerte siehe Kapitel 6.5.2.1.3

### Weidelandbewirtschaftung:

Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen in der ober- und unterirdischen Biomasse finden sich im Kapitel 6.6.2.2.1.

#### 11.3.1.1.3 Totholz

### Waldbewirtschaftung und Aufforstung:

Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen im Totholz finden sich in den folgenden Kapiteln:

- Verbleibende Waldfläche siehe Kapitel 6.4.2.3.1.
- Neuwaldfläche siehe Kapitel 6.4.2.3.2.

### Entwaldung:

Für die Berechnung des Totholzes auf Entwaldungsflächen wurden die Daten der BWI 2002, Inventurstudie 2008 (IS08) und BWI 2012 verwendet. Bei der BWI 2002 beschränkten sich die terrestrischen Aufnahmen auf Totholz mit einem Durchmesser > 20 cm am dickeren Ende bei liegendem Totholz bzw. BHD bei stehendem Totholz (BMVEL 2001). Für die anderen Aufnahmen lag die Grenze entsprechend der Vorgaben der Klimaberichterstattung > 10 cm.

Für die Totholzstärkenklasse > 20 cm wurde die Totholzvorratsveränderung mit den Daten der BWI 2002 und 2012 für den Zeitraum 2002 bis 2012 berechnet. Für die Stärkenklasse 10 cm bis 20 cm erfolgte die Berechnung für den Zeitraum 2008 bis 2012 mit den Daten der IS08 und BWI 2012. Für den Zeitraum 2002 bis 2008 derselben Stärkenklasse wurde das Verhältnis der Totholzveränderungen zwischen den zwei Stärkeklassen der Periode 2008 bis 2012 zugrunde gelegt. Der Mittelwert für die Totholzvorratsveränderung des Zeitraums 2002 bis 2012 wurde für die Periode 1990 bis 2002 als Totholzvorratsveränderung angenommen. In Tabelle 432 sind die Werte für die Totholzvorratsveränderung der Perioden und Stärkeklassen zusammengefasst. Ab dem Jahr 2013 wurde der Emissionsfaktor der Periode 2008 bis 2012 fortgeschrieben. Die Kohlenstoffvorräte im Totholz für das entsprechende Jahr werden bei der Entwaldung sofort als Kohlenstoffemission berücksichtigt.

Tabelle 432: Emissionsfaktoren (EF) für das Totholz für die Perioden 1990-2001, 2002-2007 und 2008-2012

$t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$	1990 - 2001	2002 - 2007	2008 - 2012
EF Totholz gesamt	-1,884	-1,817	-1,986
EF Totholz Stärkenklasse > 20cm	-1,298	-1,298	-1,298
EF Totholz Stärkenklasse 10 bis 20cm	-0,586	-0,519	-0,687

### Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung:

Totholz kommt bei Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung nicht vor. Bei Dauerkulturen wird Totholz und Baumschnitt von den Flächen entfernt. Diese Maßnahmen sind bereits bei der Berechnung der Biomasse berücksichtigt.

#### 11.3.1.1.4 *Streu*

##### **Waldbewirtschaftung und Aufforstung:**

Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen in der Streu finden sich in den folgenden Kapiteln:

- Verbleibende Waldfläche siehe Kapitel 6.4.2.4.1.
- Neuwaldflächen siehe Kapitel 6.4.2.4.2.

Weiterführende methodische Beschreibungen finden sich wie folgt:

- Herleitung der Streuvorräte von 1990 (BZE I) und 2006 (BZE II) siehe Kapitel 6.4.2.4.3
- Herleitung der Kohlenstoffvorratsveränderung in der Streu in dem Zeitraum von 1990 (BZE I) bis 2006 (BZE II) siehe Kapitel 6.4.2.4.4.

##### Entwaldung:

Für die Berechnung der Streuauflage wurden die Zustandsdaten der BZE I und die Zustandsdaten der BZE II verwendet. Danach beträgt der mittlere Kohlenstoffvorrat in der Streu zum Zeitpunkt 1990 (BZE I) 19,05 t C ha<sup>-1</sup> und zum Zeitpunkt 2006 (BZE II) 18,83 t C ha<sup>-1</sup>. Für die Jahre von 1991 bis 2005 werden die Vorräte durch Interpolation der Zustandsdaten zum Zeitpunkt 1990 und 2006 hergeleitet und ab 2007 durch Extrapolation. Die Kohlenstoffvorräte in der Streu für das entsprechende Jahr werden bei der Entwaldung sofort als Kohlenstoffemission berücksichtigt.

##### **Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung:**

Streu kommt bei Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung nicht vor bzw. ist in der Biomasse enthalten.

#### 11.3.1.1.5 *Mineralische Böden*

##### **Waldbewirtschaftung:**

- Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen in den mineralischen Böden der verbleibenden Waldfläche finden sich im Kapitel 6.4.2.5.1

Weiterführende methodische Beschreibungen finden sich wie folgt:

- Herleitung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen siehe Kapitel 6.4.2.5.3.
- Ergebnisse der Herleitung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen siehe Kapitel 6.4.2.5.4.

##### **Aufforstung und Entwaldung:**

Die Kohlenstoffvorratsänderungen in Mineralböden infolge von Landnutzungsänderung werden für jede Landnutzungsänderungskategorie als Differenz des Kohlenstoffvorrates der Zielnutzungskategorie und des Kohlenstoffvorrates der Ursprungskategorie berechnet. Die Gesamtänderung wird gemäß IPCC Richtlinie (IPCC 1996b, 2003, 2006) auf einen Zeitraum von 20 Jahren linear verteilt (siehe Kapitel 6.1.2.1). Für Aufforstungs- und Entwaldungsflächen wurden die Kohlenstoffänderungen in den mineralischen Böden entsprechend Tabelle 433 und Kapitel 19.4.2 berechnet. Dabei werden die Kohlenstoffvorräte des Waldbodens für das

entsprechende Jahr durch lineare Interpolation der Ergebnisse der Bodenzustandserhebungen angegeben.

Tabelle 433: Implizite Emissionsfaktoren (IEF) [t C ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>] für mineralische Böden der Quellkategorien Aufforstung und Entwaldung

[t C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
KP 3.3 Afforestation/ Reforestation	-0,608	-0,558	-0,509	-0,478	-0,466	-0,455	-0,443	-0,440	-0,399	-0,361	-0,326	-0,297	-0,270
KP 3.3 Deforestation	0,454	0,405	0,356	0,343	0,334	0,326	0,317	0,304	0,266	0,232	0,202	0,176	0,153

(negativ = Verlust, positiv = Speicherung)

### Ackerlandbewirtschaftung:

Mineralböden werden nach Nutzung, Bodentyp bzw. Bodenausgangsgesteinsgruppen und Klimaregion stratifiziert (vergl. Kapitel 19.4.2.2). Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen in Mineralböden finden sich im Kapitel 6.5.2.2 und Kapitel 6.1.2.1.1.

Für Flächen unter verbleibender Nutzung als Ackerland wird keine Änderung der Kohlenstoffvorräte in Mineralböden auf der Basis nationaler Messwerte ausgewiesen. Die Konstanz des Kohlenstoffvorrats seit Anfang der 1990er Jahre wird durch Ergebnisse auf 140 regionalen Bodendauerbeobachtungsflächen belegt (HÖPER und SCHÄFER 2012; FORTMANN et al. 2012 und BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT 2007). Die Beobachtungen decken sich mit Daten zum Aufkommen von Wirtschaftsdüngern und zu Kohlenstoffeinträgen in Böden aus Ernterückständen und Zwischenfrüchten seit 1990, die sich aus Agrarstatistiken konsistent mit den entsprechenden Daten zum Stickstoffeintrag in landwirtschaftliche Böden im Kapitel 5 (Landwirtschaft) ableiten lassen. Die seit 1990 rückläufigen Mengen von Kohlenstoffeinträgen aus Wirtschaftsdüngern werden mehr als kompensiert von steigenden Mengen an Ernterückständen durch steigende Erträge und Änderungen in den Fruchtarten und dem gestiegenen Anbau von Zwischenfrüchten. Zudem unterstützen erste Auswertungen der Ergebnisse der nationalen Bodeninventur deutlich die Annahme, dass die mineralischen Ackerlandböden Deutschlands keine Kohlenstoffquelle sind. Untersucht wurde die Kohlenstoffbilanz von Ackerlandflächen an 180 Standorten der landesweiten Bodenzustandserhebung Landwirtschaft, anhand von Modellen (DREYSSE 2015). Zum einen kam das für die praktische Beratung entwickelte Bilanzierungsmodell „VDLUFHA-Humusbilanzierung“ (KÖRSCHENS et al. 2004 und AUTORENKOLLEKTIV 2014) zum Einsatz; zum anderen das prozessgesteuerte, standortangepasste Modell „CandyCarbonBalance“ (FRANKO, et al. 2011)). Die Berechnungen mit beiden Modellen ergaben in der Summe positive Humusbilanzen (Tabelle 434) und belegen, dass die untersuchten, langjährig genutzten Ackerböden keine Quellen für Treibhausgase darstellen (DREYSSE 2015).

Tabelle 434: Statistische Ergebnisse der Modelluntersuchungen zur Humusbilanz von 180 Ackerlandstandorten Norddeutschlands (DREYSSE 2015)

Modell	Unit	Mean	n = 180					
			Standard-error	Min	25 %	Median	75 %	Max
VDLUFHA	[HÄQ ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	<b>205,83</b>	21,81	-426,00	72,00	<b>195,00</b>	319,5	2.641
CCB	[kg SOM-C ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	<b>75,82</b>	41,72	-1.857,6	-181,21	<b>188,35</b>	456,71	1.261,96
$\Delta C_{org}$	[% 10 a <sup>-1</sup> ]	<b>0,0192</b>	0,0096	-0,406	-0,0454	<b>0,0374</b>	0,0979	0,298

HÄQ = Humusäquivalente

**Weidelandbewirtschaftung:**

Mineralböden werden nach Nutzung, Bodentyp bzw. Bodenausgangsgesteinsgruppen und Klimaregion stratifiziert (vergl. Kapitel 19.4.2.2). Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen in Mineralböden finden sich im Kapitel 6.6.2.3.

Für Flächen unter verbleibender Nutzung als Grünland i.e.S. wird keine Änderung der Kohlenstoffvorräte in Mineralböden auf der Basis nationaler Messwerte ausgewiesen. Die Konstanz der Kohlenstoffvorräte ist mit Ergebnissen von 42 deutschen Bodendauerbeobachtungsflächen belegt (HÖPER und SCHÄFER 2012, FORTMANN et al. 2012 und BLU 2011). Die Langzeitbeobachtungen umfassen einen Zeitraum von 20 - 25 Jahren. Der Großteil der Untersuchungsflächen zeigte während dieses Zeitraumes keine Veränderungen in den Kohlenstoffvorräten der Mineralböden; einige der Böden zeigten geringe Abnahmen, andere leichte Zunahmen, zahlenmäßig und absolut in etwa gleichem Umfang. Es gibt keine Hinweise auf deutlichen Änderungen in der Bewirtschaftung von Dauergrünland seit 1990, die sich auf die Kohlenstoffvorräte in Mineralböden auswirken könnten.

**11.3.1.1.6 Organische Böden****Waldbewirtschaftung und Aufforstung:**

Informationen zum methodischen Vorgehen bei der Berechnung der Kohlenstoffvorräte und -veränderungen in den organischen Böden finden sich in den folgenden Kapiteln:

- Verbleibende Waldfläche siehe Kapitel 6.4.2.6.1
- Neuwaldflächen siehe Kapitel 6.4.2.6.2

**Entwaldung:**

Für Entwaldungsflächen wurden die Kohlenstoffänderungen in den organischen Böden gemäß Tabelle 435 und Kapitel 6.1.2.2 berechnet. Der flächengewichtete Emissionsfaktor für die Entwaldung des Jahres 2014 beträgt  $-4,94 \text{ t C ha}^{-1}$ . Dabei ist zu beachten, dass hier nicht die Differenz zwischen Wald und der Nachnutzung berechnet wird, sondern entsprechend der Drainage-Intensität die Emission der neuen Nutzung. Organische Böden unter Wald emittieren bereits  $-2,23 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Tabelle 435: Emissionsfaktoren für organische Böden der Entwaldungskategorien des Jahres 2013 (negativ = Verlust, positiv = Speicherung)

Landnutzungsänderung	Emissionsfaktor [ $\text{t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ]
Forest Land converted to Cropland	-8,10
Forest Land converted to Grassland	-6,84
Forest Land converted to Woody gl.	-2,23
Forest Land converted to Wetlands	-4,96
Forest Land converted to Water	0,00
Forest Land converted to Settlements	-7,40
Forest Land converted to Other land	0,00

**Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung:**

Emissionsfaktoren für organische Böden wurden aus räumlich expliziten Daten hergeleitet, indem die Häufigkeitsverteilung der Grundwasserflurabstände nach Nutzung differenziert und Regressionen zwischen Grundwasserflurabständen und  $\text{CO}_2$ -Emissionen verwendet wurden.

Bei Landnutzungsänderungen gilt sofort der Emissionsfaktor der neuen Landnutzungskategorie. Weitere Informationen finden sich wie folgt:

- Herleitung der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 6.1.2.2
- Methodik für Ackerland siehe Kapitel 6.5.2.3
- Methodik für Grünland i.e.S. siehe Kapitel 6.6.2.4.

#### **11.3.1.1.7 Holzprodukte**

Die Abschätzung des Beitrags von Holzprodukten in Deutschland zu den Emissionen nach Quellen und Einbindungen nach Senken von Treibhausgasen wurde, wie in Kapitel 6.10 detailliert beschrieben, gemäß der Vorgaben des [https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir\\_2015/literatur](https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir_2015/literatur) IPCC 2013 KP Supplement (IPCC 2014) mit dem Modell *WoodCarbonMonitor* durchgeführt.

Zunächst wurde die Verfügbarkeit von Aktivitätsdaten, d.h. Daten zu Produktion und Außenhandel von Holzprodukten, geprüft (vgl. Kap. 2.8.1.1, IPCC 2014). Nach der Berechnung der aus heimischem Einschlag stammenden Produktanteile wurde in einem zweiten Schritt (vgl. Kap. 2.8.1.2, IPCC 2014), der in den Produkten enthaltene Kohlenstoff entsprechend der in Kapitel 6.10.2.1 beschriebenen Vorgehensweise den Kyoto-Aktivitäten zu Wald unter Artikel 3, Paragraphen 3 und 4 zugeordnet. Für Deutschland lässt sich der Holzeinschlag den beiden Aktivitäten Waldbewirtschaftung (*forest management*), und Entwaldung (*deforestation*) zuordnen. Holzprodukte aus Entwaldung werden gemäß der Vorgaben der [https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir\\_2015/literatur](https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir_2015/literatur) IPCC 2013 KP Supplement (IPCC 2014) auf Basis einer sofortigen Emission berücksichtigt, so dass sich als Ergebnis der für Deutschland verfügbaren Inventurinformationen und der Gleichung 2.8.3 (IPCC 2014) die jährlichen Holzeinschlagsanteile aus der Aktivität Waldbewirtschaftung  $f_{FM(i)}$  berechnen.

Weitere Informationen und Angaben zu den verwendeten Emissionsfaktoren und der für Deutschland durchgeführten Berechnung gemäß der Vorgaben des [https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir\\_2015/literatur](https://thg.ti.bund.de/lulucf-wiki/doku.php/nir/de/nir_2015/literatur) IPCC 2013 KP Supplement (IPCC 2014) finden sich in den Kapiteln 6.10.2.2 und 6.10.2.3.

#### **11.3.1.1.8 Sonstige Treibhausgasemissionen**

Informationen zur Berechnung sonstiger Treibhausgasemissionen finden sich in den folgenden Kapiteln:

##### **Wälder:**

- Lachgas-Emissionen aus Stickstoffdüngung (CRF-Table 4(KP-II)1) siehe Kapitel 6.4.2.7.1
- Entwässerung und Wiedervernässung von organischen und mineralischen Böden (CRF-Table 4(KP-II)2) siehe Kapitel 6.4.2.7.2
- Direkte Lachgas-Emissionen von Stickstoff-Mineralisierung bzw. Immobilisierung (CRF-Table 4(KP-II)3) siehe Kapitel 6.4.2.7.3
- Indirekte Lachgas-Emissionen aus bewirtschafteten Böden (CRF-Table 4(KP-II)3) siehe Kapitel 6.4.2.7.4
- Waldbrand (CRF-Table 4(KP-II)4) siehe Kapitel 6.4.2.7.5

**Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung:**

- Entwässerung und Wiedervernässung von organischen und mineralischen Böden (CRF-Table 4(KP-II)2) siehe Kapitel 6.1.2.2, 6.5.2.3, 6.6.2.4
- Direkte Lachgas-Emissionen von Stickstoff-Mineralisierung bzw. Immobilisierung (CRF-Table 4(KP-II)3) siehe Kapitel 6.1.2.1.2.
- Indirekte Lachgas-Emissionen aus bewirtschafteten Böden (CRF-Table 4(KP-II)3) siehe Kapitel 6.1.2.1.2.

Die direkte und indirekte Lachgas-Emission wird für die Kyoto-Berichterstattung zusammengefasst und der gemeinsame Emissionsfaktor in der CRF-Tabelle 4(KP-II)3 berichtet. N<sub>2</sub>O-Emissionen aus organischen Böden unter Acker- und Weidelandbewirtschaftung werden im Sektor Landwirtschaft in der Subkategorie Kultivierung von Histosolen berichtet.

**11.3.1.2 Begründung bei Nichtberücksichtigung eines Kohlenstoffpools oder Treibhausgasemissionen/-abbau bei Aktivitäten nach Artikel 3.3 und gewählten Aktivitäten nach Artikel 3.4**

Eine Düngung von Waldflächen mit mineralischem Dünger gibt es in Deutschland nicht. Deshalb ist bei der Düngung mit mineralischem Dünger in der CRF-Tabelle 4(KP-II)1 NO (not occurring) eingetragen.

Totholz und Streu treten bei Ackerlandbewirtschaftung und Grünlandbewirtschaftung nicht auf (NO, not occurring).

**11.3.1.3 Informationen ob indirekte oder natürliche Treibhausgase ausgeklammert wurden oder nicht**

Es wurden keine indirekten oder natürlichen Treibhausgasemissionen oder –senken berücksichtigt.

**11.3.1.4 Änderungen in den Daten und Methoden seit der letzten Einreichung (Rückrechnungen)**

Mit der diesjährigen Submission werden quellspezifische Rückrechnungen für den gesamten Berichtszeitraum von 1990-2014 vorgelegt, da neue bzw. korrigierte Datenquellen und Methoden zur Anwendung kamen:

**1. Aktivitätsdaten**

- Karte der organischen Böden Deutschlands (ROSSKOPF et al., 2015)
- der aktuelle Datensatz des Basis-DLM (2014)

**2. Emissionsfaktoren**

- Änderung der Emissionsfaktoren für organische Böden (s. Kapitel 6.1.2.2.3) infolge der Modifikation der Flächenbestimmung (siehe Kapitel 6.3.1)
- Änderung der Emissionsfaktoren für die Biomasse von Silomais und annuellen Grünlandpflanzen inkl. Futteranbau

### 3. Methoden

- Modifikation der Methode zur Ermittlung der Landnutzung und Landnutzungsänderung auf organische Böden, durch Einführung der hochauflösenden Karte der organischen Böden Deutschlands (s. Ausführungen in Kapitel 6.3.1).

Im Rahmen der Neuberechnung der Aktivitätsdaten sowie einzelner Emissionsfaktoren wurden auch die zugehörigen Unsicherheiten neu bestimmt.

Die Flächenänderungen und eine Gegenüberstellung mit den Flächen der Submission 2015 ist in Tabelle 436 zu finden. Weiterführende methodische Beschreibungen zur Erstellung der Landnutzungsmatrix und der Integrierung der neuen Datenquellen finden sich im Kapitel 6.3.

Die Auswirkungen der Rückrechnungen auf die Emissionen sind in Tabelle 437 zu sehen. Die Emissionsunterschiede sind auf die Methodenänderung hinsichtlich der Ausweisung der Landnutzung auf organischen Böden zurückzuführen.

Tabelle 436: Gegenüberstellung der Änderungen der Submission 2015 und 2016 berichteten Landflächen

Area [kha]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
KP 3.3 Afforestation/ Reforestation	2015	Mineral soils	25	153	280	344	357	370	384	398	413	428	443	459
		Organic soils	3	15	28	35	36	38	39	41	42	44	46	47
	2016	Mineral soils	26	154	282	348	361	375	389	404	420	436	451	464
		Organic soils	2	12	22	33	34	36	37	38	39	40	41	42
KP 3.3 Deforestation	2015	Mineral soils	10	62	114	150	159	169	179	188	197	206	215	224
		Organic soils	2	13	23	34	36	37	39	40	42	43	45	46
	2016	Mineral soils	12	71	131	172	183	193	203	213	223	234	244	251
		Organic soils	1	4	7	13	14	15	16	17	17	18	19	19
KP 3.4 Forest Management	2015	Mineral soils	10.795	10.743	10.691	10.655	10.645	10.636	10.626	10.617	10.608	10.599	10.590	10.580
		Organic soils	332	321	311	300	299	297	295	294	292	291	290	289
	2016	Mineral soils	10.781	10.721	10.662	10.620	10.610	10.560	10.590	10.579	10.569	10.559	10.549	10.541
		Organic soils	120	117	114	108	107	106	105	104	103	103	102	101
KP 3.4 Cropland Management	2015	Mineral soils	13.604	13.562	13.519	13.399	13.434	13.470	13.505	13.545	13.584	13.623	13.663	13.696
		Organic soils	420	404	389	372	373	375	377	378	379	381	382	383
	2016	Mineral soils	13.777	13.810	13.844	13.794	13.841	13.888	13.936	13.990	14.044	14.099	14.153	14.181
		Organic soils	315	322	329	337	348	360	372	379	387	395	403	405
KP 3.4 Grazing Land Management	2015	Mineral soils	5.903	5.779	5.656	5.643	5.579	5.516	5.452	5.379	5.307	5.234	5.162	5.090
		Organic soils	914	939	963	986	986	985	985	983	981	980	978	977
	2016	Mineral soils	5.841	5.788	5.735	5.796	5.750	5.704	5.658	5.598	5.538	5.478	5.418	5.386
		Organic soils	1.095	1.090	1.085	1.074	1.062	1.049	1.037	1.029	1.021	1.013	1.005	1.001

Tabelle 437: Gegenüberstellung der Änderungen der Submission 2015 und 2016 berichteten Emissionen

Emission [kt CO2-eq.]		1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
KP 3.3 Afforestation/ Reforestation	2015	633	-930	-2.547	-4.207	-4.359	-4.550	-4.739	-4.870	-5.150	-5.414	-5.681	-6.061
	2016	585	-996	-2.632	-4.258	-4.459	-4.666	-4.866	-5.035	-5.323	-5.600	-5.874	-6.228
KP 3.3 Deforestation	2015	1.778	1.812	1.865	2.397	2.685	2.698	2.719	2.666	2.699	2.729	2.760	2.764
	2016	1.763	1.733	1.725	2.235	2.539	2.555	2.577	2.624	2.660	2.693	2.726	1.969
KP 3.4 Forest Management	2015	-73.605	-74.496	-78.940	-48.539	-49.978	-49.845	-57.372	-57.195	-55.991	-55.617	-54.509	-54.143
	2016	-74.806	-75.756	-79.856	-50.433	-51.786	-51.539	-58.471	-58.579	-57.002	-56.577	-55.633	-54.371
KP 3.4 Cropland Management	2015	15.342	14.822	14.298	12.942	13.163	13.230	13.239	13.278	13.572	13.584	13.646	13.942
	2016	12.702	12.681	12.664	11.968	12.675	13.075	13.346	13.568	14.036	14.319	14.547	14.629
KP 3.4 Grazing Land Management	2015	21.057	21.761	22.466	22.850	22.740	22.750	22.774	22.723	22.681	22.697	22.702	22.664
	2016	25.766	25.574	25.379	24.635	24.161	23.782	23.430	23.165	22.911	22.692	22.484	22.362

### 11.3.1.5 Schätzung der Unsicherheiten

Die Bestimmung der Unsicherheiten für Aktivitäten nach den Artikel 3.3 Aufforstung/Entwaldung und 3.4 Waldbewirtschaftung, Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung des Kyoto Protokolls (KP) erfolgte gemäß den Vorgaben der IPCC 2006 Guidelines (IPCC 2006). Bei Normalverteilung wird das 95 % Konfidenzintervall bzw.  $\pm$  die Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls oder  $1,96 \times$  der Standardfehler in % vom Mittelwert angegeben. Bei unsymmetrischen Verteilungen, hier in der Regel logarithmisch normalverteilte Daten, werden die zu ermittelnden Abweichungen in % vom Lagemaß als obere und untere Schranke dargestellt. Im Falle der Berechnung der Unsicherheitsfortpflanzung wurde in solch einem Fall im Sinne einer konservativen Abschätzung, der Abstand zwischen dem Extremwert des schiefen Achsenabschnitts zum Lagemaß per Definition zur Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls erklärt.

Die Ergebnisse der Unsicherheitenberechnung des KP 3.3/3.4-Inventars sind für alle Quellgruppen und Unterkategorien (außer den Holzprodukte; siehe Kapitel 11.3.1.5.3) in Tabelle 438 dargestellt. Die Gesamtunsicherheit beträgt demnach 24,65 %.

Weiterführende Informationen zu den Unsicherheiten finden sich für die Schätzung von Landnutzungsänderungsflächen im Kapitel 6.4.3.1, für die ober- und unterirdischen Biomasse und das Totholz im Kapitel 11.3.1.5.1, für die Streu und den Mineralboden im Kapitel 11.3.1.5.2 und Zusammenfassend für den LULUCF-Sektor im Kapitel 19.4.4.

Tabelle 438: Unsicherheiten für die Treibhausgasberichterstattung für Aktivitäten des Kyoto-Protokolls der Artikel 3.3 und 3.4

Source Category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq., kt a <sup>-1</sup> ]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq., kt a <sup>-1</sup> ]	Combined uncertainty Maximalwert %	Contribution to Variance by Category in Year t %
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	57,14	471,32	37,37	0,03
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	Organic soils	CO <sub>2</sub>	15,36	358,74	86,57	0,08
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0,22	5,06	879,53	0
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	Organic soils	N <sub>2</sub> O	1,22	28,44	176,46	0
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	AGB	CO <sub>2</sub>	325,5	-5.449,59	42,82	4,41
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	BGB	CO <sub>2</sub>	227,83	-994,49	43,56	0,15
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	Litter	CO <sub>2</sub>	-48,1	-891,49	6,18	0
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	Dead wood	CO <sub>2</sub>	-3,48	-65,56	48,98	0
KP 3.3 Afforestation/Reforestation	SOM	N <sub>2</sub> O	9,32	88,28	161,9	0,02
KP 3.3 Deforestation	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-19,77	-145,08	40,2	0
KP 3.3 Deforestation	Organic soils	CO <sub>2</sub>	12,03	362,49	41,95	0,02
KP 3.3 Deforestation	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0,34	8,94	385,37	0
KP 3.3 Deforestation	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0,37	15,08	90,31	0
KP 3.3 Deforestation	AGB	CO <sub>2</sub>	757,75	1.036,68	27,03	0,06
KP 3.3 Deforestation	BGB	CO <sub>2</sub>	52,38	120,27	27,47	0
KP 3.3 Deforestation	Litter	CO <sub>2</sub>	873,56	535,41	8,79	0
KP 3.3 Deforestation	Dead wood	CO <sub>2</sub>	86,64	56,85	57,35	0
KP 3.3 Deforestation	SOM	N <sub>2</sub> O	0	5,88	175,32	0
KP 3.4 Forest Management	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-16.206,97	-15.836,02	52,6	56,14
KP 3.4 Forest Management	Organic soils	CO <sub>2</sub>	927,89	824,85	24,66	0,03
KP 3.4 Forest Management	Organic soils	CH <sub>4</sub>	13,09	11,64	1.011,57	0,01
KP 3.4 Forest Management	Organic soils	N <sub>2</sub> O	73,55	65,39	200,69	0,01
KP 3.4 Forest Management	AGB	CO <sub>2</sub>	-52.340,82	-35.153,05	63,03	397,24
KP 3.4 Forest Management	BGB	CO <sub>2</sub>	-4.981,66	-5.196,31	49,74	5,41
KP 3.4 Forest Management	Litter	CO <sub>2</sub>	499,63	487,43	294	1,66
KP 3.4 Forest Management	Dead wood	CO <sub>2</sub>	-1.471,56	2.025,18	106,88	3,79
KP 3.4 Forest Management	Forest fires	CH <sub>4</sub>	6,77	1,09	38,08	0
KP 3.4 Forest Management	Forest fires	N <sub>2</sub> O	4,46	0,72	38,08	0
KP 3.4 Forest Management	SOM	N <sub>2</sub> O	0	0	0	0
KP 3.4 to Cropland Management	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	2.676,32	2.780,48	49,25	1,52
KP 3.4 to Cropland Management	Organic soils	CO <sub>2</sub>	3.035,28	3.640,28	44,87	2,16
KP 3.4 to Cropland Management	Organic soils	CH <sub>4</sub>	66,43	79,67	233,4	0,03
KP 3.4 to Cropland Management	AGB	CO <sub>2</sub>	234,08	-255,1	38,88	0,01
KP 3.4 to Cropland Management	BGB	CO <sub>2</sub>	318,78	249,36	33,04	0,01
KP 3.4 Cropland Management	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	50,52	0
KP 3.4 Cropland Management	Organic soils	CO <sub>2</sub>	5.909,2	7.515,7	45,66	9,53
KP 3.4 Cropland Management	Organic soils	CH <sub>4</sub>	129,33	164,49	233,93	0,12
KP 3.4 Cropland Management	AGB	CO <sub>2</sub>	0	0	14,97	0
KP 3.4 Cropland Management	BGB	CO <sub>2</sub>	0	0	18,98	0

Source Category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq,] kt a <sup>-1</sup>	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq,] kt a <sup>-1</sup>	Combined uncertainty Maximalwert %	Contribution to Variance by Category in Year t %
KP 3.4 total Cropland Management	SOM	N <sub>2</sub> O	332,91	344,97	181,22	0,32
KP 3.4 to Grazing Land Management	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-2.375,99	-1.715,56	42,28	0,43
KP 3.4 to Grazing Land Management	Organic soils	CO <sub>2</sub>	2.237,67	1.130,98	46,91	0,23
KP 3.4 to Grazing Land Management	Organic soils	CH <sub>4</sub>	47,42	23,97	219,04	0
KP 3.4 to Grazing Land Management	AGB	CO <sub>2</sub>	386,65	217,22	34,94	0
KP 3.4 to Grazing Land Management	BGB	CO <sub>2</sub>	-118,77	-76,3	27,15	0
KP 3.4 Grazing Land Management	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	77,89	0
KP 3.4 Grazing Land Management	Organic soils	CO <sub>2</sub>	25.058,33	22.261,94	55,36	122,9
KP 3.4 Grazing Land Management	Organic soils	CH <sub>4</sub>	531,03	471,77	258,59	1,2
KP 3.4 Grazing Land Management	AGB	CO <sub>2</sub>	0	0	36,17	0
KP 3.4 Grazing Land Management	BGB	CO <sub>2</sub>	0	0	50,81	0
KP 3.4 total Grazing Land Management	SOM	N <sub>2</sub> O	0	0	0	0
<b>Uncertainty total ARD / FM / CM / GM [%]:</b>					<b>24,648</b>	

### 11.3.1.5.1 Schätzung der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für die Biomasse und das Totholz für KP Art. 3.3 und KP Art. 3.4 Waldbewirtschaftung

Nach den in Kapitel 6.4.3.2 gemachten Angaben ergeben sich für die Kohlenstoffveränderungsrechnung der lebenden Biomasse die in Tabelle 439 angegebenen Unsicherheiten. Dabei ist folgendes zu beachten:

- Für die Neuen Bundesländer konnten für den Zeitraum 1993 - 2002 keine Emissionsfaktoren für KP Afforestation/Reforestation und KP Deforestation hergeleitet werden, da diese Angaben im Datenspeicher Wald nicht vorhanden sind. Somit wurden in diesem Zeitraum die Emissionsfaktoren der Alten Bundesländer angewandt.
- Bei der Inventurstudie 2008 wurden keine Aufforstungsflächen erfasst und für die Entwaldungspunkte ist die Datengrundlage wenig belastbar. Deshalb wurden auch für die Periode 2002 - 2012 die Emissionsfaktoren und Fehler aus den Daten der BWI 2002 und 2012 hergeleitet.

Tabelle 439: Gesamtfehler für die Kohlenstoffvorratsveränderungsschätzung der Biomasse für die Inventurperioden der Bundeswaldinventur 1987-2002, 2002-2008 und 2008-2012

RMSE%	1987-2002	1993-2002	2002-2008	2008-2012
	alte Bundesländer	neue Bundesländer	Gesamtdeutschland	Gesamtdeutschland
Afforestation (KP 3.3)	13,08	-	11,53	11,53
Deforestation (KP 3.3)	12,73	-	10,95	10,95
Forest Management (KP 3.4)	6,95	10,05	28,75	12,60

RMSE% - root mean square error percent

Für die C-Veränderungsrechnung des Totholzes ergeben sich nach den in Kapitel 6.4.3.2 gemachten Angaben die in Tabelle 440 angegebenen Unsicherheiten. Dabei ist folgendes zu beachten:

- Für die Entwaldung wird der Fehler der Periode 1987-2002 aus dem Mittelwert der Fehler des Zeitraumes 2002-2012 hergeleitet.
- Für die Flächen unter Waldbewirtschaftung wird der Totholzfehler der Periode 1987-2002 aus dem Mittelwert der Fehler des Zeitraumes 2002-2012 berechnet.

Tabelle 440: Gesamtfehler für die Kohlenstoffvorratsveränderungsschätzung des Totholzes für die Inventurperioden der Bundeswaldinventur 1987-2002, 2002-2008 und 2008-2012

RMSE%	1987-2002	2002-2008	2008-2012
Afforestation (KP 3.3)	24,84	24,84	24,84
Deforestation (KP 3.3)	28,96	24,88	44,46
Forest Management (KP 3.4)	46,67	27,11	54,52

RMSE% - root mean square error percent

Die Gesamtfehlerrechnung für die Kyoto-Berichterstattung findet sich in Tabelle 438 im Kapitel 11.3.1.5.

### 11.3.1.5.2 Schätzung der Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für Mineralboden und Streu für KP Art. 3.3 und KP Art. 3.4 Waldbewirtschaftung

Nach den in Kapitel 6.4.3.3 gemachten Angaben ergeben sich für die Emissionsfaktoren von Mineralboden und Streu folgende Unsicherheiten (siehe Tabelle 441).

Tabelle 441: Fehlerbudget für die Emissionsfaktoren von Mineralboden und Streu, mit se = Standardabweichung des Mittelwertes; C 90, C 06 = Laborfehler bei der Kohlenstoffgehaltsbestimmung BZE I und BZE II; FE = Fehler bei der Bestimmung des Feinbodenvorrates

LULUCF-category	Pool	emission factor					
		se [%]	C 90 [%]	C 06 [%]	FE [%]	error total [%]	uncertainty [%]
KP Forest Management	Litter	105.9	111.2	73.4		168.9	337.8
KP Forest Management	Mineral soil	9.0	14.1	13.6	12.2	26.7	53.4

### 11.3.1.5.3 Schätzung der Unsicherheiten für die Holzprodukte

Die Unsicherheiten für die Aktivitätsdaten der Holzprodukte belaufen sich nach Angaben der IPCC 2013 KP Supplement (IPCC 2014) Richtlinien auf -25/+5%. Für die Emissionsfaktoren werden die in Tabelle 2.8.2 der IPCC 2013 KP Supplement (IPCC 2014) Richtlinien gelisteten Standardwerte verwendet, die keine Unsicherheiten beinhalten. Durch die fehlenden Unsicherheiten ist keine Fehlerrechnung für die Holzprodukte möglich.

### 11.3.1.6 Informationen über andere Methoden

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der einzelnen Pools der aktuellen Submission mit denen anderer Staaten verglichen. Wie in Kapitel 6.4.4.3 beschrieben, kann der Vergleich Deutschlands mit anderen Staaten nur einer pauschalen Einordnung dienen, da mitunter unterschiedliche Methoden und Ansätze, insbesondere bei der Definition von Wald und der Wahl der Aktivitäten unter Artikel 3.4, von den einzelnen Staaten gewählt wurden. Da unter den Staaten, die mit Deutschland in etwa vergleichbar sind, nur Dänemark bislang Ackerlandbewirtschaftung und Grünlandbewirtschaftung berichtet hat, wird für diese beiden freiwilligen Aktivitäten auf einen Vergleich mit anderen Staaten verzichtet.

Die Vergleichsdaten für die Kohlenstoffänderungen der anderen Staaten können auf Grund technischer Probleme in der Datenübermittlung zum Sekretariat mit bisherigem Stand nur für 2012 abgerufen werden<sup>1)</sup> (vgl. Paragraph 11ff, Decision 13/CP.20, UNFCCC 2015).

Im Vergleich der Kohlenstoffvorratsänderungen der lebenden oberirdischen Biomasse (Tabelle 442) durch Aufforstung zeigt Deutschland den zweitgrößten Kohlenstoffspeicher. Nur die Niederlande berichten einen höheren Kohlenstoffspeicher. Für den Pool unterirdisch lebende Biomasse kann Deutschland die höchste Speicherleistung durch Aufforstung aufweisen und liegt damit knapp über Frankreich, gefolgt von den Niederlanden, welche ähnliche Speicherleistungen berichten. Dänemark hat als einziger Staat, bei oberirdischer wie unterirdischer Biomasse, Kohlenstoffverluste zu verzeichnen. In der Kategorie Entwaldung berichten alle Staaten Kohlenstoffverluste. Deutschland kann für die unterirdische Biomasse jedoch die geringsten Kohlenstoffverluste berichten. Für den Pool oberirdisch lebende Biomasse kann nur Österreich eine geringere Kohlenstoffquelle als Deutschland vorweisen. Die höchsten Kohlenstoffverluste durch Entwaldung, sowohl in oberirdischer wie auch unterirdischer Biomasse, haben die Tschechischen Republik, gefolgt von Dänemark und Belgien zu berichten. In der Kategorie Waldbewirtschaftung sind die deutschen Kohlenstoffspeicher im Bereich der oberirdischen Biomasse im mittleren Segment angesiedelt. Wohingegen im Bereich der unterirdischen Biomasse Deutschland den geringsten Speicher zu verzeichnen hat. Die größten Speicher in dieser Kategorie sind in Dänemark zu finden.

Bei der Streu (Tabelle 443) liegt Deutschland im Bereich der Aufforstung an zweiter Stelle der Kohlenstoffspeicherung. Den höchsten Wert und damit den größten Kohlenstoffspeicher zeigt Österreich. Bei der Entwaldung hat Deutschland Kohlenstoffverluste im mittleren Bereich,

vergleichbar mit denen Österreichs, während Frankreich die geringsten Verluste zu berichten hat. Die größten Verluste durch Entwaldung sind in den Niederlanden und Polen zu finden. Durch Waldbewirtschaftung entsteht nur in Deutschland eine geringe Kohlenstoffquelle. Speicherleistungen in dieser Kategorie zeigen die Schweiz, Dänemark und Großbritannien, während Frankreich und Polen weder Verluste noch Einspeicherungen berichten.

In der Quellgruppe Totholz (Tabelle 444), berichten für die Aktivität Aufforstung, Frankreich, gefolgt von Deutschland und Österreich, sehr geringe Kohlenstoffspeicher, wobei auch die Unterschiede gering sind. Dänemark berichtet hingegen eine geringe Kohlenstoffquelle. Bei Entwaldungsaktivitäten zeigt Deutschland geringe Kohlenstoffverluste, die meisten anderen Staaten zeigen hier vergleichbare Werte an Kohlenstoffquellen. Lediglich die Schweiz berichtet hier höhere Kohlenstoffverluste, während Österreich als einziges Land keine Kohlenstoffverluste durch Entwaldung berichten kann. Auch in der Waldwirtschaft berichtet die Schweiz die höchste Kohlenstoffquelle. Deutschland zeigt hier eine geringe Kohlenstoffquelle, vergleichbar mit den Kohlenstoffverlusten von Frankreich und Polen. Einzig Dänemark kann eine geringe Speicherleistung durch Waldbewirtschaftung berichten.

Deutschland hat in den mineralischen Böden (Tabelle 445) durch Aufforstung als einziges Land im Vergleich Kohlenstoffverluste zu verzeichnen. Die größten Kohlenstoffspeicher finden sich in Belgien, Großbritannien und der Schweiz, während die anderen Vergleichsländer hier nur mittlere, bzw. vorwiegend kleine Speicher aufweisen. In der Kategorie Entwaldung zeigt Deutschland hingegen als einziges Land neben Dänemark einen geringen Kohlenstoffspeicher. Die kleinsten Kohlenstoffverluste finden sich in der Tschechischen Republik; die mit Abstand größten Kohlenstoffverluste in Polen, gefolgt von der Schweiz. In der Waldbewirtschaftung berichtet Deutschland erneut den höchsten Kohlenstoffspeicher und verzeichnet damit neben Großbritannien und Polen einen Zuwachs der Kohlenstoffsequestrierung, während andere Staaten keine Kohlenstoffvorratsänderung aufweisen oder nicht berichten.

In der Kategorie der organischen Böden (Tabelle 446) berichten neben Deutschland überhaupt nur die Schweiz, Dänemark, Polen, Großbritannien und die Niederlande. Deutschland verzeichnet in allen drei Kategorien Kohlenstoffverluste. Die mit Abstand größten Verluste durch Aufforstung zeigen die Niederlande. Allein in Großbritannien findet sich in dieser Kategorie ein Kohlenstoffspeicher. Auch durch Entwaldung sind in den organischen Böden, in allen vergleichbaren Ländern, Kohlenstoffverluste zu finden. Auch hier verzeichnen die Niederlande die höchsten Verluste, gefolgt von der Schweiz. Hier haben sich im Vergleich zum Vorjahr (Inventurjahr 2013) große Änderungen ergeben, da neue Daten verfügbar gemacht und eingearbeitet werden konnten. Im Bereich der Waldbewirtschaftung hat Deutschland, gegenüber den anderen berichtenden Staaten, die größten Kohlenstoffverluste; Großbritannien hat als einziges Land erneut einen Kohlenstoffspeicher zu verzeichnen.

Tabelle 442: Kohlenstoffvorratsänderungen in lebender Biomasse (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012)

Country <sup>153</sup>	Afforestation/ Reforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]		Deforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]		Forest Management [t C ha <sup>-1</sup> ]	
	above-ground	below-ground	above-ground	below-ground	above-ground	below-ground
AUT	0,96	0,26	-0,73	-0,18	NA	NA
BEL	1,62	0,32	-3,17	-0,63	NA	NA
CHE	1,31	0,36	-4,15	-1,34	0,54	0,18
CZE	1,65	0,33	-2,61	-0,52	0,68	0,14
DNK	-0,13	-0,06	-3,56	-0,77	1,46	0,33
FRA	1,08	0,48	-1,91	-0,47	0,60	0,21
GBR	1,22	IE	-2,48	IE	1,24	IE
<b>GER</b>	<b>2,86</b>	<b>0,52</b>	<b>-1,01</b>	<b>-0,12</b>	<b>0,90</b>	<b>0,13</b>
NLD	3,40	0,45	-2,99	-0,49	NA	NA
POL	0,85	0,20	-2,75	-0,63	0,85	0,26

Quelle: UNFCCC 2014

Tabelle 443: Kohlenstoffvorratsänderungen in Streu (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012)

Country <sup>153</sup>	Afforestation/ Reforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]	Deforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]	Forest Management [t C ha <sup>-1</sup> ]
AUT	1,01	-0,56	NA
BEL	NO	-0,28	NA
CHE	NO	-0,95	0,03
CZE	IE	IE,NA	IE,NO
DNK	0,02	-0,83	0,47
FRA	0,20	-0,23	0,00
GBR	0,07	-0,40	0,22
<b>GER</b>	<b>0,47</b>	<b>-0,52</b>	<b>-0,01</b>
NLD	NE	-1,53	NA
POL	NO	-1,07	0,00

Quelle: UNFCCC 2014

Tabelle 444: Kohlenstoffvorratsänderungen in Totholz (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012)

Country <sup>153</sup>	Afforestation/ Reforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]	Deforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]	Forest Management [t C ha <sup>-1</sup> ]
AUT	0,02	0,00	NA
BEL	NO	-0,07	NA
CHE	NO	-0,29	-0,19
CZE	NO	-0,07	NO
DNK	-0,03	-0,08	0,04
FRA	0,04	-0,07	-0,04
GBR	IE	IE	IE
<b>GER</b>	<b>0,03</b>	<b>-0,06</b>	<b>-0,05</b>
NLD	NE	-0,08	NA
POL	NO	-0,08	-0,04

Quelle: UNFCCC 2014

<sup>153</sup> AUT = Österreich, BEL = Belgien, CHE = Schweiz, CZE = Tschechische Republik, DNK = Dänemark, FRA = Frankreich, GBR = Vereinigtes Königreich, GER = Deutschland, NLD = Niederlande, POL = Polen

Tabelle 445: Kohlenstoffvorratsänderungen in mineralischen Böden (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012)

Country <sup>153</sup>	Afforestation/ Reforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]	Deforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]	Forest Management [t C ha <sup>-1</sup> ]
AUT	0,60	-0,68	NA
BEL	1,21	-1,35	NA
CHE	0,90	-1,76	0,00
CZE	0,13	-0,05	NE,NO
DNK	0,15	0,09	NA,NR
FRA	0,21	-0,72	0,00
GBR	1,05	-0,69	0,22
<b>GER</b>	<b>-0,27</b>	<b>0,15</b>	<b>0,41</b>
NLD	0,18	0,00	NA
POL	0,09	-1,74	0,11

Quelle: UNFCCC 2014

Tabelle 446: Kohlenstoffvorratsänderungen in organischen Böden (Deutschland für 2014, übrige Länder für 2012)

Country <sup>153</sup>	Afforestation/ Reforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]	Deforestation [t C ha <sup>-1</sup> ]	Forest Management [t C ha <sup>-1</sup> ]
AUT	NO	NO	NA
BEL	NO	NO	NA
CHE	-0,68	-5,21	-0,68
CZE	NO	NO	NO
DNK	-0,34	NA	-0,34
FRA	NO	NO	NO
GBR	2,49	IE	0,79
<b>GER</b>	<b>-2,23</b>	<b>-4,94</b>	<b>-2,23</b>
NLD	-428,86	-6,52	NA
POL	-0,68	NO	-0,68

Quelle: UNFCCC 2014

### 11.3.1.7 Das Anfangsjahr einer Aktivität, falls nach 2013

In Tabelle 447 finden sich die Flächengrößen der Aktivitäten nach KP 3.3, die nach 2013 begonnen haben. Die Aktivität Forest Management (KP.3.4) wird nur auf den Flächen berücksichtigt, die seit 1990 Wald sind. Demnach gibt es keine Flächen, auf denen Waldbewirtschaftung nach 2013 begonnen hat.

Tabelle 447: Flächengrößen der Aktivitäten, die nach 2013 begonnen haben

KP 3.3 Activity	Year of the onset 2014
Afforestation/Reforestation [ha]	14.071
Deforestation [ha]	7.809

## 11.4 Artikel 3.3

### 11.4.1 Informationen, die belegen, dass Aktivitäten nach Artikel 3.3 am oder nach dem 1. Januar 1990 und vor dem 31. Dezember 2020 begonnen haben und direkt vom Menschen verursacht sind

Wie in dem Kapitel 6.3 beschrieben, erfasst das Verfahren zur Landnutzungsänderung von und zu Wald Flächenänderungen ab 1970, wobei methodisch bei der Kyoto-Berichterstattung nur die Änderungen seit 1990 eingehen. Ab der Submission 2014 fließen die Ergebnisse der

dritten Bundeswaldinventur ein, deren Stichjahr 2012 ist. Diese bildet die Datengrundlage für das Anfangsjahr der zweiten Verpflichtungsperiode. Alle erfassten Aktivitäten liegen in dem Zeitraum zwischen dem 1. Januar 1990 und dem 31. Dezember 2020.

Jede Landnutzungsänderung von und zu Wald wird vorrangig über die Bundeswaldinventur (BWI), aber auch durch ergänzende Daten erfasst. Die Stichprobenpunkte decken rasterförmig ganz Deutschland ab. Durch die wiederholte Aufnahme der Punkte können die Veränderungen großflächig ermittelt werden. Wird ein Punkt als Wald aufgenommen, der bei der vorangegangenen Inventur als Nicht-Wald gekennzeichnet war, so repräsentiert dieser eine bestimmte aufgeforstete Fläche. Die BWI unterscheidet zwischen aufgeforstet durch Pflanzung/Saat oder durch natürliche Verjüngung. Letztere werden jedoch erst dann als *aufgeforsteter Wald* klassifiziert, wenn der Bestand ein durchschnittliches Alter von fünf Jahren erreicht hat und einen Überschirmungsgrad von mindestens 50 % aufweist (vgl. Kapitel 6.2.1).

Eine landwirtschaftlich genutzte Fläche kann von (bewirtschaftetem) Ackerland in unbewirtschaftetes übergehen und durch eine spontane Ansiedlung von Bäumen (natürliche Verjüngung) in Wald übergehen. Diese Art der Aufforstung kann gem. IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014) allerdings nur dann angerechnet werden, wenn sie „direkt vom Mensch induziert“ wurde. Es ist gute Praxis die direkt vom Mensch induzierte Flächenumwandlung zu belegen. Nach IPCC schließt der zu führende Beweis u.a. die Tatsache ein, dass eine Entscheidung zur Aufforstung oder dem Zulassen einer natürlichen Verjüngung getroffen wurde<sup>154</sup>. Das deutsche Recht sieht gem. § 10 (1) BWaldG vor, dass jede Erstaufforstung von Flächen einer „Genehmigung der nach Landesrecht zuständigen Behörde“ bedarf. Nach Absatz 2 bedarf es lediglich dann keiner Genehmigung, wenn für die aufzuforstende Fläche „auf Grund anderer öffentlich rechtlicher Vorschriften die Aufforstung rechtsverbindlich festgesetzt worden ist oder Erfordernisse der Raumordnung und Landesplanung nicht berührt werden“. Deutschland ist ein dicht besiedeltes und intensiv bewirtschaftetes Land, welches flächendeckend beplant wird. Es existieren unterschiedliche Planungsebenen, von großräumigen Plänen (z.B. Raumordnungsplanung) bis hin zu kleinräumigen Festsetzungen (z.B. Landschaftspläne, forstliche Betriebspläne). Die Aufstellung und Einhaltung wird von den jeweils zuständigen Behörden des Bundes, der Länder sowie der einzelnen Gemeinden überwacht. Es ist daher davon auszugehen, dass alle neuaufgeforsteten Flächen die Bedingung der „direkt vom Mensch induzierten Umwandlung“ erfüllen, da sowohl der Akt der Genehmigung, als auch rechtsverbindliche Festsetzungen und das Aufstellen von Raumordnungs- und Landschaftsplänen, eine aktive Entscheidung durch den Mensch voraussetzen.

#### **11.4.2 Informationen über die Unterscheidung zwischen Ernte oder Waldzerstörung, die von Wiederaufforstung gefolgt sind, und Entwaldung**

Nach § 11 (1) BWaldG soll der Wald „im Rahmen seiner Zweckbestimmung ordnungsgemäß und nachhaltig bewirtschaftet werden. Durch Landesgesetz ist mindestens die Verpflichtung für alle Waldbesitzer zu regeln, kahlgeschlagene Waldflächen oder verlichtete Waldbestände in angemessener Frist

1. wieder aufzuforsten oder
2. zu ergänzen, soweit die natürliche Wiederbestockung unvollständig bleibt,

---

<sup>154</sup> Vgl IPCC KP Supplements (2014), Section 2.5.2.

falls nicht die Umwandlung in eine andere Nutzungsart genehmigt worden oder sonst zulässig ist.

Grundsätzlich ist danach jede Waldfläche wieder aufzuforsten, sofern sie weiterhin als Wald genutzt werden soll. Dies ist gesetzliche Vorgabe und gängige Praxis der deutschen Forstwirtschaft. Vorübergehend unbestockte Flächen fallen damit nach wie vor unter die Berichterstattung der Waldbewirtschaftung nach Art. 3.4 KP. Anders verhält es sich, wenn eine unbestockte Fläche entsteht, für deren Nachnutzung Nicht-Wald vorgesehen ist. Diese Flächen sind, unabhängig davon, ob die Entwaldung durch natürliche Störereignisse oder durch menschliches Abholzen hervorgerufen wurde, als Entwaldung, die direkt vom Mensch verursacht wurde anzusehen.

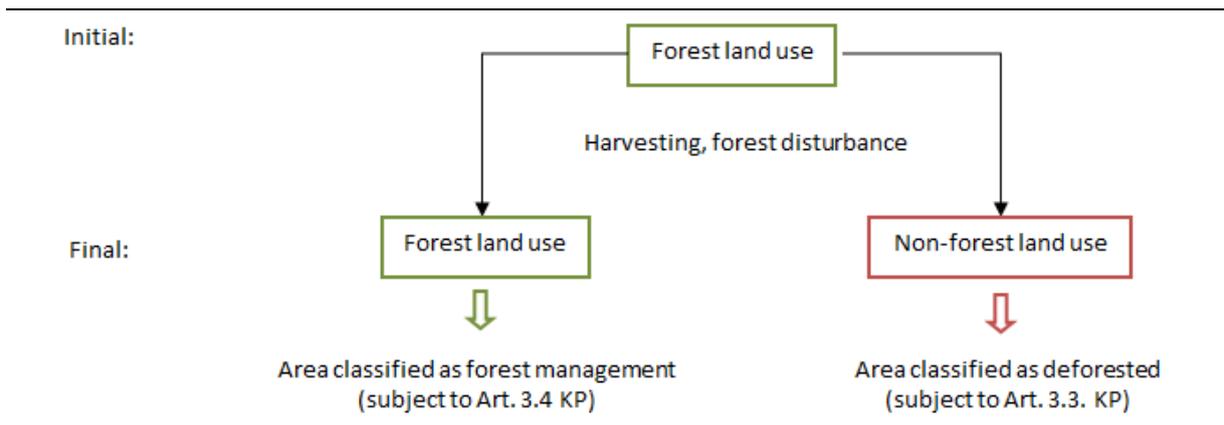


Abbildung 82: Schema zur Unterscheidung zwischen Ernte oder Waldzerstörung, die von Wiederaufforstung gefolgt sind, und Entwaldung

### **11.4.3 Informationen über die Größe und geografische Lage von Waldgebieten, die ihre Waldbedeckung verloren haben aber nicht als entwaldet gelten**

Durch Waldbewirtschaftung entstehen in Wäldern geringfügig unbestockte Flächen (Blößen). Diese betragen nach den Daten der BWI 2012 ca. 41.742 ha und haben einen Anteil von 0,36 % an der Gesamtwaldfläche. Wie bereits oben in Kapitel 11.4.2 erläutert, fallen auch diese Flächen nach wie vor unter die Walddefinition und gehen in die Berechnungen zu den Vorräten und deren Änderungen mit ein.

### **11.4.4 Informationen in Bezug auf Natürlichen Störungen unter dem Artikel 3.3**

Wie im Kapitel 11.1.2 dargelegt, hat Deutschland die Option natürliche Störungen nicht gewählt. Auftretende natürliche Störungen werden nicht gesondert betrachtet, sondern fließen in die Veränderungsrechnungen der entsprechenden Pools mit ein.

### **11.4.5 Informationen zu den Holzprodukten unter dem Artikel 3.3**

Die Abschätzung des Beitrags von Holzprodukten in Deutschland zu den Emissionen nach Quellen und Einbindungen nach Senken von Treibhausgasen wurde, wie in Kapitel 6.10 detailliert beschrieben, gemäß der Vorgaben des IPCC KP Supplement (IPCC 2014) mit dem Modell WoodCarbonMonitor durchgeführt.

Für Deutschland lässt sich der Holzeinschlag den beiden Aktivitäten Waldbewirtschaftung (forest management), und Entwaldung (deforestation) zuordnen. Holzprodukte aus Entwaldung (Artikel 3.3) werden gemäß der Vorgaben der IPCC KP Supplements (IPCC 2014) auf Basis einer sofortigen Emission berücksichtigt.

## 11.5 Artikel 3.4

### 11.5.1 *Informationen, die belegen, dass Aktivitäten nach Artikel 3.4 seit dem 1. Januar 1990 auftraten und vom Menschen verursacht sind*

#### 11.5.1.1 Waldbewirtschaftung

Da die Erfassung der Waldflächen, der Flächenänderungen und der durch die entsprechenden Aktivitäten verursachten Vorratsänderungen in einem integrierten Verfahren abgebildet werden, gelten für die Aktivität Waldbewirtschaftung die Aussagen entsprechend aus Kapitel 11.4.1.

Gemäß § 1 Nr. 1 BWaldG ist der „Wald wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutzfunktion) und wegen seiner Bedeutung für die Umwelt, insbesondere für die dauernde Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes, das Klima, den Wasserhaushalt, die Reinhaltung der Luft, die Bodenfruchtbarkeit, das Landschaftsbild, die Agrar- und Infrastruktur und die Erholung der Bevölkerung (Schutz- und Erholungsfunktion) zu erhalten, erforderlichenfalls zu mehren und seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern“.

Dem Wald werden damit drei Grundfunktionen zugeordnet, nämlich die Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktion, aufgrund derer seine Erhaltung und seine ordnungsgemäße und nachhaltige Bewirtschaftung zu sichern sind. Zusätzlich schreibt § 11 (1) S. 1 BWaldG vor, dass der „Wald (...) im Rahmen seiner Zweckbestimmung ordnungsgemäß und nachhaltig bewirtschaftet werden (soll).“ Zwar besagt die Formulierung nicht, dass Wald bewirtschaftet werden „muss“, weshalb eine grundsätzliche Verpflichtung zu verneinen ist, andererseits wurde auch nicht die Formulierung „kann“ gewählt, bei der eine Verpflichtung auszuschließen wäre. Die gewählte Formulierung lässt damit sehr wohl eine Grundhaltung erkennen, nämlich dass Wald bewirtschaftet werden soll. Eine Verbindlichkeit zur Bewirtschaftung von Waldflächen existiert damit für ganz Deutschland<sup>155</sup>.

Zur Sicherung der drei Grundfunktionen soll der Wald gem. § 1 Nr. 1 i.V.m. § 11 (1) S.1 BWaldG erhalten und ordnungsgemäß und nachhaltig bewirtschaftet werden. Die Zielvorgabe der Waldbewirtschaftung entsprechend der Marrakesh Accords (MA) deckt sich damit mit den Vorgaben des BWaldG. In beiden Fällen zielt die Bewirtschaftung darauf ab, dass der Wald seine Funktionen auf Dauer erfüllen kann.

Gemäß den MA wird Waldbewirtschaftung definiert als „a system of practices“. Damit wird vorgegeben, dass die Bewirtschaftung durch Handlungen/Maßnahmen gekennzeichnet ist. Eine Waldfläche, die sich selbst überlassen wird, ohne dass irgendwelche Maßnahmen ergriffen werden, zählt damit nicht zu einer bewirtschafteten Waldfläche. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass in diesem Waldgebiet tatsächlich keine menschlichen Aktivitäten stattfinden, also kein aktiver Eingriff durch den Mensch erlaubt ist (entspricht MCPFE-Schutzkategorie

---

<sup>155</sup> Von einer Verpflichtung zur „nachhaltigen ordnungsgemäßen Bewirtschaftung“ für alle Waldbesitzer sprechen Häusler und Scherer-Lorenzen (2002) in: Nachhaltige Forstwirtschaft in Deutschland im Spiegel des ganzheitlichen Ansatzes der Biodiversitätskonvention. BfN – Skripten 62, S. 5 und 15.

1.1). Derartige Schutzwaldflächen sind in Deutschland jedoch „praktisch nicht vertreten“ (BMELV, 2009). Schutzwaldgebiete, in denen aktive Eingriffe des Menschen auf ein Minimum beschränkt zugelassen sind, sog. Totalschutzgebiete (MCPFE-Schutzkategorie 1.2), hatten 2007 einen Flächenanteil von 1,1% der Gesamtwaldfläche mit zunehmender Tendenz (BMELV, 2009). Im Vordergrund dieser Waldflächen steht der Biotop- und Artenschutz (z.B. Bannwälder, Naturwaldreservate, Kernzonen von Nationalparks und Biosphärenreservaten). Bestimmte eingreifende Maßnahmen sind jedoch ausdrücklich zugelassen (z.B. zur Brandbekämpfung, Kontrolle von Schalenwild, Krankheiten oder Insektenkalamitäten<sup>156</sup>). Für Schutzwälder sind wie für alle Schutzgebiete Konzepte aufzustellen, in denen der Schutzgegenstand, der Schutzzweck, die zur Erreichung des Schutzzwecks notwendigen Ge- und Verbote und die erforderlichen Pflege-, Entwicklungs- und Wiederherstellungsmaßnahmen darzustellen sind<sup>157</sup> (z.B. in Schutzgebietsverordnungen oder Richtlinien, Vgl. z.B. § 23 (2) LWaldG MV). Weiterhin sind etwa 23% der Waldfläche Schutzgebiete, deren Schutzzweck aktiv durch Bewirtschaftungsmaßnahmen sichergestellt wird (MCPFE-Schutzkategorie 1.3), 56 % entfallen auf Wälder, deren vorrangiges Ziel der Schutz von Landschaften und spezifischen Naturelementen ist (MCPFE-Schutzkategorie 2) und 34 % mit dem vorrangigen Ziel von Schutzfunktionen (MCPFE-Schutzkategorie 3). Bei den MCPFE-Schutzkategorien 1.3 bis 3 wird die Bewirtschaftung entsprechend dem Schutzzweck ausgerichtet. Diese Kategorien erfüllen damit die Vorgaben der Waldbewirtschaftung. Auch bei der Kategorie 1.2 sind menschliche Aktivitäten zur Sicherung der Schutzgebiete durchaus zulässig. Gemäß IPCC 2006 Guidelines (IPCC 2006) erfüllen damit auch diese Gebiete die Vorgaben der Waldbewirtschaftung nach Art. 3.4 KP: „For example forested national parks (...) where these parks are managed to fulfil relevant ecological (including biodiversity) and social functions, and are subject to forest management activities such as fire suppression, a country may choose to include these forested national parks as lands subject to forest management“<sup>158</sup>. Es ist zu beachten, dass die hier angegebenen Flächenanteile der Schutzwaldkategorien nicht aufaddiert werden dürfen, da sie sich z.T. überschneiden und die gleiche Waldfläche z.T. mehrfach erfasst wurde (BMELV, 2009).

Der Wald in Deutschland wird in weiten Teilen beplant. Für etwa  $\frac{3}{4}$  der Waldfläche liegen nach Schätzung des BMEL forstliche Betriebspläne (Wirtschaftspläne, Betriebspläne oder -gutachten) vor (BMELV, 2009). Neben dieser betrieblichen Planung werden für den Wald zusätzlich im Rahmen der Landesplanung z.T. eigenständige forstliche Landschaftspläne (forstliche Rahmenpläne) aufgestellt<sup>159</sup>. Ziel der forstlichen Rahmenplanung ist es, „die für die Entwicklung der Lebens- und Wirtschaftsverhältnisse notwendigen Funktionen des Waldes nach § 1 Nr. 1 (BWaldG) zu sichern“. Dies entspricht genau der Zielstellung, die auch von der IPCC Good Practice Guidance (2003) für die Waldbewirtschaftung vorgegeben wird. Dabei können bzw. müssen auch Maßnahmen festgelegt werden (Vgl. z.B. § 6 (3) Nr. 4 S. 2 BWaldG a.F.; Art. 6 (1) Nr. 2 BayWaldG (Waldgesetz für Bayern), § 9 (4) LWaldG Mecklenburg-Vorpommern, § 6 S. 2 NWaldLG (Niedersächsisches Wald- und Landschaftsgesetz), § 7 (1)

---

<sup>156</sup> Außerdem zugelassen sind Maßnahmen zur naturverträglichen Walderschließung für Erholungszwecke und zur naturverträglichen Forschung.

<sup>157</sup> Vgl. z.B. § 22 (1) BNatSchG

<sup>158</sup> IPCC KP Supplements (2014) Kapitel 2.7.2 and IPCC 2006 Guidelines, Kapitel 2, Volume 4

<sup>159</sup> Die forstliche Rahmenplanung war bis 2005 im BWaldG verpflichtend vorgegeben. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Ausgestaltung der Planung innerhalb der Länder, wurden diese Bestimmungen jedoch gestrichen. Vgl. BMELV (2009) Waldbericht der Bundesregierung, S. 28.

LFoG NRW (Landesforstgesetz für das Land Nordrhein-Westfalen), § 6 (2) WaldG Sachsen-Anhalt<sup>160</sup>). Teilweise wird auch explizit vorgegeben, dass die Planung als Richtlinie u.a. für die Bewirtschaftungstätigkeit zu nutzen ist (Vgl. § 8 (3) LFoG NRW).

Alles in allem dürfte die Annahme, dass Wald in Deutschland flächendeckend die Kriterien der Waldbewirtschaftung entsprechend den Vorgaben der MA und IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014) erfüllt, damit bestätigt sein.

Eine Zusammenstellung von Textausschnitten aus den Landeswaldgesetzen für die Bewirtschaftungsvorgaben von Wäldern und zu den Vorgaben der forstlichen Rahmenplanung findet sich in STEUK (2010). Die Zusammenfassung ist in Tabelle 448 zu finden.

Tabelle 448: Zusammenstellung der Verpflichtung zur Waldbewirtschaftung, zur Aufstellung von Plänen und zur forstlichen Rahmenplanung aus den Waldgesetzen der Bundesländer

Bundesland	Verpflichtung zur Waldbewirtschaftung			Verpflichtung zur Aufstellung von Plänen (Wirtschafts-, Betriebspläne, Betriebsgutachten oder andere forstliche Fachplanungen)			Verpflichtung zur forstlichen Rahmenplanung
	Staatswald	Körperschaftswald	Privatwald	Staatswald	Körperschaftswald	Privatwald	
Baden-Württemberg	X	X	X	X	X	(X)	(X)
Bayern	X	X	X	X	[X]		(X)
Berlin	X	X	X				X
Brandenburg							X
Bremen	X	X	X				
Hamburg	X	X	X				X
Hessen	X	X	X	X	X	[X]	
Mecklenburg-Vorpommern	X	X	X				X
Niedersachsen	X	X	X	[X]	[X]		X
Nordrhein-Westfalen	X	X	X		X		X
Rheinland-Pfalz	X	X	X	[X]	[X]	[X]	X
Saarland	X	X	X	X	X	(X)	X
Sachsen	X	X	X	X	X		(X)
Sachsen-Anhalt	X	X	X	X	X		X
Schleswig-Holstein				[X]	[X]		
Thüringen	X	X	X	X	X	[X]	X

#### Legende

- X Vorgabe verbindlich (einschließlich soll)  
[X] Vorgabe nur unter bestimmten Voraussetzungen (z.B. Mindestgröße) verbindlich  
(X) Vorgabe optional / nicht verbindlich (kann)

### 10.5.1.2 Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung

Alle Flächen unter Ackerlandbewirtschaftung und Weidelandbewirtschaftung unterliegen einmal oder mehrmals im Jahr periodischen Bewirtschaftungsmaßnahmen, so dass die Emissionen und Senken menschlichen Ursprungs sind.

<sup>160</sup> Festlegung von Maßnahmen in Betriebsplänen siehe § 5 (6) S. 3 LWaldG Schleswig-Holstein.

## 11.5.2 Informationen bezüglich der Ackerland- und Weidelandbewirtschaftung für das Basisjahr

### 11.5.2.1 Ackerlandbewirtschaftung

Die Emissionen aus Ackerlandbewirtschaftung 1990 werden dominiert von CO<sub>2</sub> aus organischen Böden. Kohlenstoffverluste aus Mineralböden durch die Umwandlung von Grünland zu Ackerland sind ebenfalls signifikant (Tabelle 449). Das Emissionsmuster ist sehr ähnlich wie im Jahr 2014 (Tabelle 430).

Tabelle 449: Kohlenstoffvorratsänderungen und Treibhausgasemissionen infolge Ackerlandbewirtschaftung im Basisjahr 1990

Unterkategorien	C-Vorratsänderungen in Biomasse 1990 <sup>161</sup> [kt C]	C-Vorratsänderungen in Mineralböden 1990 <sup>93</sup> [kt C]	CO <sub>2</sub> aus organischen Böden 1990 <sup>93</sup> [kt C]	CH <sub>4</sub> aus organischen Böden 1990 <sup>162</sup> [kt CH <sub>4</sub> ]	Direktes und indirektes N <sub>2</sub> O aus Zersetz organischer Substanz in Mineralböden 1990 <sup>94</sup> [kt N <sub>2</sub> O]	Summe 1990 <sup>94/163</sup> [kt CO <sub>2</sub> -Äqu]
Ackerland bleibt Ackerland	0	0	-1.611,60	5,17	0	6.038,52
<b>Summe LUC zu Ackerland</b>	<b>-150,78</b>	<b>-729,91</b>	<b>-827,80</b>	<b>2,66</b>	<b>1,12</b>	<b>6.663,80</b>
<b>Summe LUC von Ackerland</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Gesamt</b>	<b>-150,78</b>	<b>-729,91</b>	<b>-2.439,40</b>	<b>7,83</b>	<b>1,12</b>	<b>12.702,32</b>

Emissionen und Senken aus Landnutzungsänderung von Ackerland zu anderen Landnutzungskategorien werden unter Art. 3.3 (Aufforstung), Art. 3.4 (Weidelandbewirtschaftung) berücksichtigt bzw. gemäß der IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014), Kap. 2.9.2 mit Null berechnet. N<sub>2</sub>O-Emissionen aus organischen Böden unter Ackerland werden im Sektor Landwirtschaft in der Subkategorie Kultivierung von Histosolen berichtet.

### 11.5.2.2 Weidelandbewirtschaftung

Die Emissionen aus Weidelandbewirtschaftung 1990 werden dominiert von CO<sub>2</sub> aus organischen Böden. Die Kohlenstoffsénke in Mineralböden Landnutzungsänderungen kompensiert die Emissionen nur geringfügig (Tabelle 450). Das Emissionsmuster ist sehr ähnlich wie im Jahr 2014 (Tabelle 431).

<sup>161</sup> Vorratsänderung positiv: C-Sénke; negativ: C-Quelle

<sup>162</sup> THG-Emission positiv: THG-Quelle; negativ: THG-Quelle

<sup>163</sup> Ohne N<sub>2</sub>O-Emissionen aus organischen Böden, wird unter Landwirtschaft berichtet

Tabelle 450: Kohlenstoffvorratsänderungen und Treibhausgasemissionen infolge Weidelandbewirtschaftung im Basisjahr 1990

Unterkategorien	C-Vorratsänderungen in Biomasse 1990 <sup>164</sup> [kt C]	C-Vorratsänderungen in Mineralböden 1990 <sup>96</sup> [kt C]	CO <sub>2</sub> aus organischen Böden 1990 <sup>96</sup> [kt C]	CH <sub>4</sub> aus organischen Böden 1990 <sup>165</sup> [kt CH <sub>4</sub> ]	Direktes und indirektes N <sub>2</sub> O aus Zersetzung organischer Substanz in Mineralböden 1990 <sup>97</sup> [kt N <sub>2</sub> O]	Summe 1990 <sup>97/166</sup> [kt CO <sub>2</sub> -Äqu]
Grünland i.e.S. bleibt Grünland i.e.S.	0	0	-6.834,09	21,24	0	25.589,36
<b>Summe LUC zu Grünland i.e.S.</b>	<b>-73,06</b>	<b>648,00</b>	<b>-610,27</b>	<b>1,90</b>	<b>0</b>	<b>176,99</b>
<b>Summe LUC von Grünland i.e.S.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Gesamt</b>	<b>-73,06</b>	<b>648,00</b>	<b>-7.444,36</b>	<b>23,14</b>	<b>0</b>	<b>25.766,35</b>

Emissionen und Senken aus Landnutzungsänderung von Grünland i.e.S. zu anderen Landnutzungskategorien werden unter Art. 3.3 (Aufforstung), Art. 3.4 (Ackerlandbewirtschaftung) berücksichtigt bzw. gemäß der IPCC 2013 KP Supplements (IPCC 2014), Kap. 2.10.2 mit Null berechnet. N<sub>2</sub>O-Emissionen aus organischen Böden unter Grünland i.e.S. werden im Sektor Landwirtschaft in der Subkategorie Kultivierung von Histosolen berichtet.

### 11.5.3 Informationen zur Waldbewirtschaftung

#### 11.5.3.1 Definition der Waldbewirtschaftung

Wie bereits in Kapitel 11.5.1 erläutert, sind die deutschen Wälder per Gesetz ordnungsgemäß und nachhaltig zu bewirtschaften. Bundesweite Vorgaben zur Waldbewirtschaftung finden sich im Bundeswaldgesetz (BWaldG). Dieses wird durch die Bundesländer mit eigenen Landeswaldgesetzen konkretisiert. Bei einer Gegenüberstellung der nationalen Vorgaben mit der internationalen Definition, zeigt sich dass diese durchaus vergleichbar sind.

#### Internationale Definition gemäß der MA<sup>167</sup>:

“Forest management” is a system of practices for stewardship and use of forest land aimed at fulfilling relevant ecological (including biological diversity), economic and social functions of the forest in a sustainable manner;

Übersetzung: „Waldbewirtschaftung“ ist ein System von Praktiken für die Behandlung/Pflege und Nutzung des Waldes, darauf abzielend relevante ökologische (einschließlich der biologischen Vielfalt), wirtschaftliche und soziale Funktionen des Waldes in nachhaltiger Weise zu erfüllen;

#### Nationale Definitionen nach dem BWaldG und den Landeswaldgesetzen (LWaldG):

Gem. § 1 Nr. 1 BWaldG ist der Zweck des Gesetzes insbesondere, „den Wald wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutzfunktion) und wegen seiner (...) (Schutz- und Erholungsfunktion) zu erhalten, erforderlichenfalls zu mehrern und seine ordnungsgemäße Bewirtschaftung nachhaltig zu sichern“. Nach § 11 (1) S. 1 BWaldG soll der Wald „im Rahmen

<sup>164</sup> Vorratsänderung positiv: C-Senke; negativ: C-Quelle

<sup>165</sup> THG-Emission positiv: THG-Quelle; negativ: THG-Quelle

<sup>166</sup> Ohne N<sub>2</sub>O-Emissionen aus organischen Böden, wird unter Landwirtschaft berichtet

<sup>167</sup> Paragraph 1 (f) des Annex A der Decision 16/CMP.1

seiner Zweckbestimmung ordnungsgemäß und nachhaltig bewirtschaftet werden.“ Aufgrund der eingeschränkten Gesetzgebungskompetenz des Bundes, gibt dieser hier lediglich einen Rahmen vor, der dann durch die Bundesländer entsprechend umzusetzen und zu konkretisieren ist (Vgl. § 5 und § 11 (1) S. 2 BWaldG). Somit legen die Länder fest, was unter einer ordnungsgemäßen und nachhaltigen Forstwirtschaft zu verstehen ist. Eine Zusammenstellung der relevanten Abschnitte aus den Landeswaldgesetzen findet sich in STEUK (2010).

Die Vorgaben zur Waldbewirtschaftung nach den Landeswaldgesetzen sind mit den internationalen vergleichbar. Die Bestimmung, dass Wald unter Erfüllung ökologischer (einschließlich der biologischen Vielfalt), wirtschaftlicher und sozialer Funktionen in nachhaltiger Weise bewirtschaftet werden soll<sup>168</sup>, lässt sich von der Aussage her in jedem Landesgesetz finden. Synonym für die ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Funktionen werden in Deutschland oftmals Schutz-, Nutz- und Erholungsfunktion verwendet<sup>169</sup>(siehe Tabelle 451). Findet sich der Wortlaut der ökologischen, wirtschaftlichen und sozialen Funktionen, die bei der Bewirtschaftung sicherzustellen sind, nicht explizit nochmal im Text des Landesgesetzes, so findet sich jedoch der Zusatz „im Rahmen seiner Zweckbestimmung“<sup>170</sup>. Der Wald ist danach also im Rahmen seiner Zweckbestimmung nachhaltig zu bewirtschaften. Damit wird auf § 1 BWaldG verwiesen (Gesetzeszweck), der sich wortgleich in jedem Landeswaldgesetz wiederfindet. § 1 Nr. 1 BWaldG legt wiederum fest, dass der Wald insbesondere, „wegen seines wirtschaftlichen Nutzens (Nutzfunktion) und wegen seiner (...) (Schutz- und Erholungsfunktion) zu erhalten“ ist. Die Zielstellung zur Sicherung der wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Funktionen findet sich damit flächendeckend in den Gesetzestexten wieder. Auch das Erfordernis der Nachhaltigkeit wird sowohl durch das BWaldG, als auch durch die Landesgesetze erfüllt.

Tabelle 451: Gegenüberstellung der Waldfunktionen nach dem Bundeswaldgesetz und nach IPCC

Waldfunktionen nach BWaldG	Waldfunktionen nach MA
Nutzfunktion	Wirtschaftliche Funktionen
Schutzfunktion	Ökologische Funktionen
Erholungsfunktion	Soziale Funktionen

### 11.5.3.2 Umwandlung von natürlichen Wäldern (Natural Forest) zu Gepflanzter Wald (Planted Forest)

Die Mehrheit der deutschen Wälder wird im Sinne des Kyoto Protokolls als Teil des Planted Forest definiert (vgl. Annex 4A.1, Chapter 4, Volume 4, 2006 IPCC Guidelines). In diesem Sinne fallen unter diese Definition alle Wirtschaftswälder, Plantagen und gepflanzten Bestände. Im weitesten Sinne der Definition liegt auch bei Vorhandensein eines Schutzkonzepts ein Bewirtschaftungsplan vor. Demnach kommen Waldflächen, in denen noch kein Bewirtschaftungskonzept vorlag, in Deutschland nicht vor. Primärwald in diesem Sinne gibt es nicht, bzw. ist nicht flächenrelevant (KRISMANN & HENNENBERG (2012)).

<sup>168</sup> Vgl. Art. 4 Nr. 1 BayWaldG; § 1a LFoG NRW; sinngemäß auch § 6 (1) LWaldG RLP; sinngemäß auch § 18 (1) i.V.m. § 19 (1) S. 2 ThürWaldG.

<sup>169</sup> Vgl. § 1 Nr. 1 BWaldG; § 13 LWaldG BW; § 11 (2) Nr. 1 LWaldG B; § 4 (2) LWaldG Bbg; § 5 (1) BremWaldG, § 6 (1) HeFoG; § 6 (1) Nr. 1 LWaldG MV; § 11 (1) NWaldLG; § 5 (1) LWaldG SH.

<sup>170</sup> Vgl. § 6 (1) LWaldG Ha; § 11 (1) LWaldG SL; § 17 SächsWaldG; § 4 (1) WaldG LSA; § 18 (1) ThürWaldG.

Aus den oben angeführten Gründen gibt es in Deutschland keine Umwandlung von natürlichen Wäldern (Natural Forest) zu Waldplantagen (Planted Forest).

### 11.5.3.3 Forest Management Reference Levels (FMRL)

Gemäß dem Beschluss 2/CMP.6 (Cancun Agreements) sollen anthropogene Treibhausgasemissionen aus Quellen und Senken, die sich aus Waldbewirtschaftung unter Artikel 3.4 in der zweiten Verpflichtungsperiode ergeben gegen das Forest Management Reference Level (FMRL) angerechnet werden. Das FMRL beinhaltet einen Wert, der die durchschnittliche jährliche Netto-Emissionen von Waldbewirtschaftung in der zweiten Verpflichtungsperiode aus historischen Daten und politischen Entscheidungen projiziert.

Für Deutschland wurde ein FMRL von -22.41 Mt CO<sub>2</sub>-Eq. pro Jahr gemeldet. Die im Jahr 2011 eingereichten Dokumente zum FMRL und den dazugehörigen Reviewbericht finden sich auf der UNFCCC-Webseite <http://unfccc.int/bodies/awg-kp/items/5896.php>. Diese beinhalten die methodische Beschreibung für die Erstellung des FMRL.

### 11.5.3.4 Technische Korrektur des FMRL

Die IPCC 2013 KP Supplement Richtlinien verlangen eine technische Korrektur des FMRL wenn sich methodische Änderungen bei der Berechnung der Zeitreihen ergeben, neue historische Daten zur Verfügung stehen oder Pools in der aktuellen Berichterstattung berücksichtigt, die noch nicht in der ursprünglichen FMRL-Berechnung berücksichtigt werden konnten. Das bisher entwickelte Referenzlevel enthält nicht alle Quellgruppen und sonstige Emissionen, die nach den derzeitigen Regeln der THG-Berichterstattung zu KP 3.4 berichtet werden und damit auch Teil der Anrechnung sind. Deshalb muss Deutschland eine technische Korrektur des FMRL durchführen. Wegen fehlender Vorhersagemodelle, die zurzeit aber in Entwicklung sind, kann Deutschland diese Technische Korrektur noch nicht in der aktuellen Submission 2016 durchführen, wird dies aber in den folgenden Berichterstattungen nachholen.

### 11.5.3.5 Informationen in Bezug auf Natürlichen Störungen unter dem Artikel 3.4

Wie im Kapitel 11.1.2 dargelegt, hat Deutschland die Option natürliche Störungen nicht gewählt. Auftretende natürliche Störungen werden nicht gesondert betrachtet, sondern fließen in die Veränderungsrechnungen der entsprechenden Pools mit ein.

### 11.5.3.6 Informationen zu den Holzprodukten unter dem Artikel 3.4

Die Abschätzung des Beitrags von Holzprodukten in Deutschland zu den Emissionen nach Quellen und Einbindungen nach Senken von Treibhausgasen wurde, wie in Kapitel 6.10 detailliert beschrieben, gemäß der Vorgaben des IPCC KP Supplement (IPCC 2014) mit dem Modell WoodCarbonMonitor durchgeführt.

Zunächst wurde die Verfügbarkeit von Aktivitätsdaten, d.h. Daten zu Produktion und Außenhandel von Holzprodukten, geprüft (vgl. Kap. 2.8.1.1, IPCC 2014). Nach der Berechnung der aus heimischem Einschlag stammenden Produktanteile wurde in einem zweiten Schritt (vgl. Kap. 2.8.1.2, IPCC 2014), der in den Produkten enthaltene Kohlenstoff entsprechend der in Kapitel 6.10.2.1 beschriebenen Vorgehensweise den Kyoto-Aktivitäten zu Wald unter Artikel 3, Paragraphen 3 und 4 zugeordnet. Für Deutschland lässt sich der Holzeinschlag den beiden Aktivitäten Waldbewirtschaftung (forest management), und Entwaldung (deforestation) zuordnen. Holzprodukte aus Entwaldung werden gemäß der

Vorgaben der IPCC KP Supplements (IPCC 2014) auf Basis einer sofortigen Emission berücksichtigt, so dass sich als Ergebnis der für Deutschland verfügbaren Inventurinformationen und der Gleichung 2.8.3 (IPCC 2014) die jährlichen Holzeinschlagsanteile aus der Aktivität Waldbewirtschaftung fFM(i) berechnen.

Weitere Informationen und Angaben zu den verwendeten Emissionsfaktoren und der für Deutschland durchgeführten Berechnung gemäß der Vorgaben des IPCC KP Supplement (IPCC 2014) finden sich in den Kapiteln 6.10.2.2 und 6.10.2.3.

## **11.6 Weitere Informationen**

### **11.6.1 Hauptkategorienanalyse für Aktivitäten nach Artikel 3.3 und die gewählten Aktivitäten nach Artikel 3.4**

Die Hauptkategorienanalyse wurde im Zusammenhang mit der Analyse für das UNFCCC-Inventar auch für die Aktivitäten nach Artikel 3.3 und die gewählten Aktivitäten nach Artikel 3.4 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in tabellarischer Form im Kapitel 1.5.2 dieses Berichts zusammengestellt. Die angewendeten Verfahren, Grundlagen und Methoden hierfür sind ausführlich im Kapitel 17.1.4 beschrieben.

### **11.7 Informationen zu Artikel 6 (JI- & CDM-Projekte / Management der ERU)**

Es können gemäß Paragraph 5, Absatz 1, Satz 1 des Projekt-Mechanismen-Gesetzes (ProMechG, [http://www.gesetze-im-internet.de/promechg/\\_5.html](http://www.gesetze-im-internet.de/promechg/_5.html)) keine Projekte im Bereich LULUCF genehmigt werden, die in Deutschland stattfinden sollen.

## **12 INFORMATIONEN ZUR BUCHFÜHRUNG DER KYOTO-EINHEITEN**

### **12.1 Background information**

Chapter 12 and 14 include information on the German emission trading registry. The accounting on Kyoto units and the public availability of information is described in chapter 12. Any significant changes in the national registry are reported in chapter 14.

### **12.2 Summary of information reported in the SEF tables**

According to decision 15/CMP.1, annex, part 1, section E each Party must include information on its aggregate holdings and transactions of Kyoto units in its annual report. The information has to be reported in the Standard Electronic Format (SEF), which is an agreed format, embodied in a special report, for reporting on Kyoto units.

The SEF for 2015 was generated on 4 January 2016 with the Union registry in version 6.7.3 r.11304, provided by the EU commission on 1.10.2015 and the SEF application version 3.6.1, provided by the secretariat on 1.12.2015. The German SEF for 2015 contains the information required in paragraph 11 of the annex to decision 15/CMP.1 and adhere to the guidelines of the SEF. The SEF has been submitted to the UNFCCC Secretariat electronically and the contents of the report can also be found in annex 6 (chapter 22.2.2.1) of this document.

## 12.3 Discrepancies and Notifications

<b>15/CMP.1 annex I.E paragraph 12</b> List of discrepant transactions	No discrepant transactions occurred in 2015.
<b>15/CMP.1 annex I.E paragraph 13 and 14</b> List of CDM notifications	No CDM notifications occurred in 2015.
<b>15/CMP.1 annex I.E paragraph 15</b> List of non-replacements	No non-replacements occurred in 2015.
<b>15/CMP.1 annex I.E paragraph 16</b> List of invalid units	No invalid units exist as at 31 December 2015.
<b>15/CMP.1 annex I.E paragraph 17</b> Actions and changes to address discrepancies	No actions were taken or changes made to address discrepancies for the period under review.

## 12.4 Publicly accessible information

<b>13/CMP.1 annex II paragraph 45</b> Account information	<p>The requested information is publicly available for all accounts. The data of all accounts can be viewed online at:  <a href="https://ets-registry.webgate.ec.europa.eu/euregistry/DE/public/reports/publicReports.xhtml">https://ets-registry.webgate.ec.europa.eu/euregistry/DE/public/reports/publicReports.xhtml</a>            Representative name and contact information is classified as confidential due to Article 107 Registry Regulation No. 389/2013.</p>														
<b>13/CMP.1 annex II paragraph 46</b> Joint implementation project information	<p>The complete documentation of the JI projects is presented in the German JI project database which is accessible at the following URL. The database also contains already registered but not yet approved JI projects.  <a href="https://jicdm.dehst.de/promechg/pages/project1.aspx">https://jicdm.dehst.de/promechg/pages/project1.aspx</a>            In 2015, ERU for one JI project were converted from AAU. No ERU converted from RMU were issued. In total 12,108 ERU were generated in 2015:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>JI Project ID</th> <th>Converted Amount</th> <th>Unit Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>DE1000142</td> <td>12,108</td> <td>ERU converted from AAU</td> </tr> <tr> <td>Sum</td> <td>12,108</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	JI Project ID	Converted Amount	Unit Type	DE1000142	12,108	ERU converted from AAU	Sum	12,108						
JI Project ID	Converted Amount	Unit Type													
DE1000142	12,108	ERU converted from AAU													
Sum	12,108														
<b>13/CMP.1 annex II paragraph 47</b> Unit holding and transaction information	<p>The information requested in (a), (d), (f) and (l) is classified as confidential due to Article 107 Registry Regulation No. 389/2013 as well as national data protection law and therefore not publicly available. Transactions of units within the most recent five year period are also classified as confidential, therefore the transactions provided are only those completed more than five years in the past.            The information requested in (b), (c), (e), (g), (h), (i), (j) and (k) is publicly available at <a href="https://ets-registry.webgate.ec.europa.eu/euregistry/DE/public/reports/publicReports.xhtml">https://ets-registry.webgate.ec.europa.eu/euregistry/DE/public/reports/publicReports.xhtml</a>.</p>														
<b>13/CMP.1 annex II paragraph 48</b> Authorized legal entities information	<p>The following legal entities are authorized by the Member State to hold Kyoto units:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Legal entities authorised by Germany to hold units</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AAU</td> <td>Federal Government only</td> </tr> <tr> <td>ERU</td> <td>Each account holder</td> </tr> <tr> <td>CER</td> <td>Each account holder</td> </tr> <tr> <td>RMU</td> <td>Federal Government only</td> </tr> <tr> <td>tCER</td> <td>Federal Government only</td> </tr> <tr> <td>ICER</td> <td>Federal Government only</td> </tr> </tbody> </table>		Legal entities authorised by Germany to hold units	AAU	Federal Government only	ERU	Each account holder	CER	Each account holder	RMU	Federal Government only	tCER	Federal Government only	ICER	Federal Government only
	Legal entities authorised by Germany to hold units														
AAU	Federal Government only														
ERU	Each account holder														
CER	Each account holder														
RMU	Federal Government only														
tCER	Federal Government only														
ICER	Federal Government only														

## 12.5 Calculation of the Commitment Period Reserve

Germany's Commitment Period Reserve (CPR) is calculated as 90 percent of Germany's assigned amount (4,868,096,694 tonnes CO<sub>2</sub> equivalent) calculated pursuant to Article 3 paragraphs 7 and 8 of the Kyoto Protocol. The initial CPR of the current commitment period did not change and is still 4,381,287,024 tonnes CO<sub>2</sub> equivalent (or AAU).

In accordance to Article 4 paragraph 4 Registry Regulation No. 1193/2011 the Union registry has to prepare for keeping the CPR. If a transfer proposal would result in an infringement of the CPR, the registry should reject it internally.

The German registry did not violate the CPR during the reported year.

## 13 INFORMATIONEN ÜBER ÄNDERUNGEN IM NATIONALEN SYSTEMS

Im vorliegenden Berichtszeitraum lag der Schwerpunkt auf der weiteren institutionellen Anpassung des Nationalen Systems auf die Erfordernisse der 2. Verpflichtungsperiode des Kyoto Protokolls und der 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Insbesondere wurden die neu gewählten Aktivitäten gemäß Artikel 3.4 des Kyoto-Protokolls institutionell im National System abgebildet. Hierzu wurde das Konzept zur Erstellung der Emissions- und Kohlenstoffinventare der Quellgruppen 3 und 4 inklusive des Qualitätssicherungskonzepts für KP-LULUCF (siehe Kapitel 1.2.1.4) durch das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung angepasst. Weiterhin wurde die bestehende Institutionalisierung auf ihren Bestand für die 2. Verpflichtungsperiode überprüft. Weitere Änderungen in der Institutionalisierung des Nationalen Systems wurden aber in 2015 nicht durchgeführt.

## 14 INFORMATIONEN ZU ÄNDERUNGEN IN DEN NATIONALEN REGISTERN

The following changes to the national registry of Germany have occurred in 2015.

<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(a)</b> Change of name or contact	No change in the name or contact information of the registry administrator occurred during the reported period.
<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(b)</b> Change regarding cooperation arrangement	No change of cooperation arrangement occurred during the reported period.
<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(c)</b> Change to database structure or the capacity of national registry	There was no change to the database structure as it pertains to KP functionality in 2015. Versions of the CSEUR released after 6.3.3.2 (the production version at the time of the last Chapter 14 submission) introduced minor changes in the structure of the database. These changes were limited and only affected EU ETS functionality. No change was required to the database and application backup plan or to the disaster recovery plan. The database model is provided in Annex A. No change to the capacity of the national registry occurred during the reported period.
<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(d)</b> Change regarding conformance to technical standards	Changes introduced since version 6.3.3.2 of the national registry are listed in Annex B. Each release of the registry is subject to both regression testing and tests related to new functionality. These tests also include thorough testing against the DES and were successfully carried out prior to the relevant major release of the version to Production (see Annex B). Annex H testing was carried out in February 2016 and the test report is attached.

	No other change in the registry's conformance to the technical standards occurred for the reported period.
<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(e)</b> Change to discrepancies procedures	No change of discrepancies procedures occurred during the reported period.
<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(f)</b> Change regarding security	No change of security measures occurred during the reporting period.
<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(g)</b> Change to list of publicly available information	No change to the list of publicly available information occurred during the reporting period.
<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(h)</b> Change of Internet address	No change of the registry internet address occurred during the reporting period.
<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(i)</b> Change regarding data integrity measures	No change of data integrity measures occurred during the reporting period.
<b>15/CMP.1 annex II.E paragraph 32.(j)</b> Change regarding test results	Changes introduced since version 6.3.3.2 of the national registry are listed in Annex B. Both regression testing and tests on the new functionality were successfully carried out prior to release of the version to Production. The site acceptance test was carried out by quality assurance consultants on behalf of and assisted by the European Commission; the report is attached as Annex B. Annex H testing was carried out in February 2016 and the test report is attached.

## 15 INFORMATIONEN ZUR MINIMIERUNG DER NEGATIVEN EINFLÜSSE NACH ARTIKEL 3, ABSATZ 14

Von den meisten Maßnahmen in Deutschland werden keine direkten Auswirkungen auf Entwicklungsländern erwartet; in den übrigen Fällen werden die erwarteten Auswirkungen durchweg positiv eingeschätzt, beispielsweise durch Aufbau von technischen und Verwaltungsstrukturen für den Klimaschutz.

Auch die möglichen indirekten Effekte sind fast durchweg positiv, insbesondere durch vorteilhafte Auswirkungen auf die Energieversorgung und –preise in den Kooperationsländern.

### Förderung von Biotreibstoffen:

Die Förderung von Biotreibstoffen, die aus nicht nachhaltiger Produktion stammen, könnte mögliche negative Auswirkung haben. Dies kann zu entsprechender Vernichtung oder nachteiliger Verschiebung von Ressourcen in Entwicklungsländern führen. Dieser Effekt soll zukünftig mit der Implementierung der Nachhaltigkeits-Verordnung ausgeschlossen werden. Darin werden Nachhaltigkeitsstandards und entsprechende Zertifizierungssysteme geregelt (Biomasse Nachhaltigkeitsverordnung 2009, in der geänderten Fassung vom 22. Juni 2010) und somit die EU-Richtlinie zu Erneuerbaren Energien umgesetzt (2009/28/EG).

In diesem Zusammenhang ist besonders hervorzuheben, dass die Zertifizierungssysteme so gestaltet werden, dass die Herstellung von Biokraftstoffen in Entwicklungsländern nicht zu Konflikten mit der Nahrungssicherheit auf lokaler oder internationaler Ebene führt.

Die in den relevanten europäischen Gesetzeswerken verankerten Kriterien umfassen:

- Mindestanforderungen für die Einsparung von Treibhausgasemissionen;
- Nutzungsverbot von Biokraftstoffen, die auf unter Biodiversitätsaspekten wertvollen Flächen hergestellt wurden sowie
- Nutzungsverbot für Biokraftstoffe, die auf Flächen mit hoher CO<sub>2</sub>-Speicherleistung hergestellt wurden (Feuchtgebiete, Torfmoore oder Wälder).

Zudem trägt die forcierte Nutzung von Biokraftstoffen der zweiten Generation zur Vermeidung von Konflikten mit der Nahrungssicherheit bei.

Deutschland nimmt darüber hinaus aktiv an relevanten internationalen Kooperationsforen teil, wie z.B. der "Global Bioenergy Partnership", einer G8-Initiative. Das von Deutschland finanzierte Projekt "Bioenergy and Food Security" der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) orientiert sich an der Umsetzung von ökologischen und sozialen Mindeststandards. Das Projekt hat sich zum Ziel gesetzt, in Zusammenarbeit mit den Entscheidungsträgern potentiell betroffener Länder, Kriterien für die Bewertung der Chancen und Risiken der Bioenergienutzung in ländlichen Regionen zu entwickeln.

#### **Abbau von Steinkohlesubventionen:**

Der Abbau von Subventionen für einheimische fossile Energieträger trägt zur Vermeidung negativer Auswirkungen von Klimaschutzmaßnahmen auf Drittstaaten bei. So haben sich in Deutschland am 7. Februar 2007 der Bund, das Land Nordrhein-Westfalen und das Saarland sowie die RAG AG und die IG BCE darauf verständigt, die subventionierte Förderung der Steinkohle in Deutschland zum Ende des Jahres 2018 sozialverträglich zu beenden. Der Deutsche Bundestag wird diese Entscheidung auf Grundlage eines gemeinsamen Berichts der Bundesregierung und der Landesregierungen der Revierländer in 2012 überprüfen.

#### **Politiken und Maßnahmen auf EU-Ebene, insbesondere EU-Emissionshandel:**

Neben der Gestaltung der eigenen Politiken und Maßnahmen zum Klimaschutz in Deutschland nimmt die Bundesregierung aktiv an der Gestaltung von Klimaschutzmaßnahmen auf europäischer Ebene teil. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang der europäische Emissionshandel, an dem in Deutschland Unternehmen der Energiewirtschaft und der Industrie beteiligt sind, die knapp die Hälfte der deutschen Treibhausgasemissionen verursachen. Dieses Instrument hat an sich keine direkten Wirkungen auf Drittstaaten. Allerdings wird in Deutschland seit 2008 ein Teil der Erlöse aus der Versteigerung von Emissionsrechten im Emissionshandel für Klimaschutzprojekte in Entwicklungsländern verwendet. Die internationale Klimaschutzinitiative (IKI) ist für die Mittelvergabe verantwortlich und finanziert Projekte in den Bereichen Emissionsminderung, Anpassung an den Klimawandel und Schutz tropischer Regenwälder. Dies steht im Einklang mit der Emissionshandelsrichtlinie, die die Verwendung eines Teils der Auktionserlöse insbesondere für Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen in Entwicklungsländern vorsieht.

Die Einbeziehung des internationalen Flugverkehrs in den Europäischen Emissionshandel seit Beginn des Jahres 2012 könnte potentiell negative Folgen für Drittstaaten haben, da neben den europäischen Airlines auch die entsprechenden Unternehmen aus Drittstaaten für Flüge in und aus der EU die notwendigen Zertifikate vorweisen müssen. Die diesbezügliche Gesetzgebung war Gegenstand intensiver Analysen sowie Anhörungen von Experten und potentiell Betroffenen. Eine eigens eingerichtete Arbeitsgruppe im Rahmen des "European Climate Change Programme" befand diese Maßnahme als kostengünstigen Weg zur Minderung der Emissionen im Flugverkehr. Die quantitativen Analysen hatten explizit auch mögliche Auswirkungen auf Entwicklungsländer zum Gegenstand (European Commission 2006).

Analysen auf der Basis der Eurocontrol-Daten zeigten, dass Airlines aus Drittstaaten nur in geringem Umfang zu den vom Emissionshandel umfassten Flugbewegungen beitragen und

so nur in geringem Umfang von Kostensteigerungen betroffen sind. Zudem sind unter den Drittstaaten die meisten Flugbewegungen zwischen der EU und anderen Industriestaaten zu verzeichnen, so dass die Gesamtbelastung von Unternehmen aus Entwicklungsländern deutlich geringer ausfällt. Die Emissionshandelsrichtlinie sieht außerdem vor, dass im Falle vergleichbarer Klimaschutzmaßnahmen im Flugverkehrssektor in Drittstaaten die von deren Territorium in die EU startenden Flugbewegungen vom EU-ETS ausgenommen werden können.

Zudem führt die Einbeziehung des Flugverkehrs in den ETS aufgrund der Möglichkeit der Nutzung von CDM-Zertifikaten zu einer tendenziell höheren Nachfrage nach CDM-Projekten, was indirekt positive Auswirkungen in Form zusätzlicher Investitionen in Klimaschutztechniken für die Gruppe der Entwicklungsländer hat.

### **Unterstützung von Entwicklungsländern bei der Diversifizierung ihrer Energieversorgung:**

Deutschland unternimmt vielfältige Anstrengungen, um Entwicklungsländer bei der Diversifizierung ihrer Energieversorgung zu unterstützen und diese damit weniger anfällig für die Entwicklung von Weltmarktpreisen für Energie zu machen. In diesem Zusammenhang sind besonders die Zusammenarbeit im Bereich erneuerbare Energien im Mittelmeerraum und mit den Golfstaaten hervorzuheben, u.a. durch die EU-GCC Energie-Expertengruppe, Zusammenarbeit bei Forschung und Entwicklung, den Mittelmeer-Solarplan, das regionale Exzellenzzentrum für erneuerbare Energien und Energieeffizienz (RCREEE) oder die Beiträge der EU zum Maghreb Electricity Market Integration Project (IMME).

Deutschland ist darüber hinaus an der Finanzierung der Global Energy Efficiency and Renewable Energy Fund (GEEREF) beteiligt, die regionale Investitionsprogramme in Entwicklungsländern in den Bereichen erneuerbare Energien und Energieeffizienz unterstützt. GEEREF zielt darauf ab, den Transfer und die Anwendung von umweltfreundlichen Technologien in den ärmeren Regionen der Welt zu beschleunigen.

### **Übersicht:**

In den folgenden Tabellen werden verschiedene Politiken und Maßnahmen sortiert nach Sektoren sowie ihre direkten und indirekten Effekte auf Entwicklungsländer kurz dargestellt.

Tabelle 452: Querschnittsmaßnahmen

<b>Maßnahme</b>	<b>Direkte Effekte</b>	<b>Indirekte Effekte</b>
<b>Emissionshandel</b>	keine	<u>Positiv:</u> Auktionserlöse werden teilweise für Klimaschutz und Anpassung in EL verwendet
<b>Flugverkehr im Emissionshandel</b>	<u>Negativ:</u> Höhere Kosten für Luftfahrtunternehmen aus Drittstaaten für Flüge in die und aus der EU	<u>Positiv:</u> Auktionserlöse werden teilweise für Klimaschutz und Anpassung in EL verwendet
<b>CDM</b>	<u>Positiv:</u> Zusätzliche Investitionen in Klimaschutzmaßnahmen in EL	keine
<b>JJ</b>	keine	keine
<b>Energie-/CO<sub>2</sub> Steuern</b>	keine	keine

Tabelle 453: Energiepolitische Maßnahmen

Maßnahme	Direkte Effekte	Indirekte Effekte
<b>Förderung Erneuerbarer Energien</b>	keine	<u>Positiv:</u> potentielle Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, potentielle Verbesserung der Elektrizitätsversorgung ländlicher Räume, Verbesserung der Luftqualität
<b>Förderung von Biokraftstoffen</b>	keine	<u>Negativ:</u> falls importierte Biokraftstoffe zur Vernichtung von Wäldern und anderen CO <sub>2</sub> -Senken führen oder ihr Anbau zu einer Lebensmittelknappheit/Verteuerung in Entwicklungsländern führt. <u>Positiv:</u> wirtschaftliche Entwicklung
<b>Förderung der Energieeffizienz</b>	keine	<u>Positiv:</u> kann zu einem Sinken der Energiekosten führen und zur einer Verbesserung der Luftqualität
<b>Förderung von KWK</b>	keine	<u>Positiv:</u> Senkt die Energiekosten

Tabelle 454: Landwirtschaft

Maßnahme	Direkte Effekte	Indirekte Effekte
<b>An Lebensmittelsicherheit und Tierschutzstandards gekoppelte Subventionen anstatt solcher an Produktionsmengen gekoppelter</b>	<u>Positiv:</u> führt zu einer Steigerung des Wettbewerbs in der Landwirtschaft	keine
<b>Verbessertes Tierabfall - Management</b>	keine	keine
<b>Biogasnutzung/anaerobe Vergärung</b>	keine	<u>Positiv:</u> vergleichsweise billige Energiequelle.

Tabelle 455: Wald- und Forstwirtschaft

Maßnahme	Direkte Effekte	Indirekte Effekte
<b>Wiederaufforstung</b>	keine	<u>Positiv:</u> weniger Entwaldung
<b>Nachhaltiges Waldmanagement</b>	keine	keine

Tabelle 456: Abfallverwertung/-behandlung

Maßnahme	Direkte Effekte	Indirekte Effekte
CH <sub>4</sub> - Abscheidung von Müll und Klärschlamm	keine	Positiv: kostengünstige Energiequelle
Kompostierung	keine	keine

## 16 WEITERE INFORMATIONEN

Dieses Kapitel wird derzeit nicht benötigt.

## 17 ANHANG 1: HAUPTKATEGORIEN DES DEUTSCHEN TREIBHAUSGASINVENTARS

Entsprechend der 2006 IPCC Guidelines sind die Vertragsstaaten der Klimarahmenkonvention und des Kyoto-Protokolls verpflichtet, jährlich Emissionsdaten zu berechnen und zu veröffentlichen.

Diese Emissionsinventare müssen für jeden nachvollziehbar sein (Transparenz), in der Zeitreihe seit 1990 vergleichbar berechnet sein (Konsistenz), durch Anwendung der vorgeschriebenen Berechnungsmethoden international einheitlich bewertet sein (Vergleichbarkeit), alle im Berichtsland relevanten Emissionsquellen und –senken beinhalten (Vollständigkeit) und mit einer Fehlerangabe bewertet sein sowie einem permanentem internen und externen Qualitätsmanagement unterliegen (Genauigkeit).

Um die hierfür notwendigen, vielfältigen und detaillierten Aktivitäten und Ressourcen auf die wesentlichen Kategorien der Inventare konzentrieren zu können, wurde durch den IPCC die Definition einer Hauptkategorie (engl.: Key Source) eingeführt. Als solche werden Kategorien bezeichnet, die im nationalen Inventarsystem herausgehoben sind, da ihre Emissionen einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtemission der direkten Treibhausgase haben, entweder in der absoluten Höhe der Emissionen, im Beitrag zum zeitlichen Emissionstrend oder beides.

In der den 2006 IPCC Guidelines sind hierzu im Kapitel 4 die für die Bestimmung der Hauptkategorien anzuwendenden Methoden festgelegt. Diese ermöglichen es, durch die Analyse des Inventars für ein Jahr (Methode 1 Level Assessment), die Analyse einer Zeitreihe der Inventarangaben (Methode 1 Trend Assessment), einer detaillierten Analyse der fehlerbewerteten Inventarangaben (Methode 2 Trend Assessment unter Berücksichtigung der Ungenauigkeiten), sowie einer Bewertung qualitativer Kriterien (entsprechend Kapitel 4.3.3 2006 IPCC GL: Vol. 4, Ch. 1) jeweils die Hauptkategorien zu identifizieren.

Die Analysen nach Methode 1 sind dabei immer nach zwei Verfahren durchzuführen. In einem ersten Durchlauf werden lediglich die Emissionen – die Einbindungen in Senken bleiben hier unberücksichtigt – aus Quellen bewertet. In einem zusätzlichen Durchlauf wird dann auch der Betrag (ohne Berücksichtigung des Vorzeichens) der Emissionseinbindung in den Senken mit einbezogen. Beide Ergebnisse differieren dann erwartungsgemäß. Entsprechend den 2006 IPCC GL sind beide Ergebnisse bei der Festlegung der Hauptkategorien zu berücksichtigen.

Für die identifizierten Hauptkategorien besteht dann die Verpflichtung, für die Emissionen sehr detaillierte Berechnungsmethoden (Methode 2 oder höher), die ebenfalls in den 2006 IPCC GL vorgegeben sind, anzuwenden. Sollte deren direkte Anwendung aus den verschiedensten Gründen (z.B. die Datenverfügbarkeit für die benötigten Eingangsgrößen o.ä.) nicht möglich sein, besteht die Verpflichtung, nachzuweisen, dass durch die national angewendeten Methoden mindestens eine vergleichbare Genauigkeit im Berechnungsergebnis erreicht wird. Diese Nachweise sowie auch die insgesamt durchgeführte Hauptkategorienanalyse sind in dem jährlich zu erarbeitenden nationalen Inventarbericht zu beschreiben.

### 17.1 Beschreibung der Methoden zur Festlegung der Hauptkategorien

Im Nachfolgenden werden die Ergebnisse der Hauptkategorienanalyse nach den beiden Methode 1 Verfahren (Level und Trend), dem Methode-2-Verfahren und der Bewertung qualitativer Kriterien vorgestellt. Auf die Beschreibung der zugrunde gelegten Methoden in den

2006 IPCC GL wird verwiesen. Die jährlichen Emissionsinventare wurden hinsichtlich ihrer CO<sub>2</sub>-Äquivalentemissionen in insgesamt 151 Einzelaktivitäten aufgesplittet.

### **17.1.1 Methode-1-Verfahren**

Im Ergebnis der **Level-Analyse** werden die Kategorien als Hauptkategorien (●) festgelegt, die im Basisjahr des Kyoto-Protokolls, bzw. im aktuellen Jahr von der Menge der freigesetzten Emissionen 95 % der nationalen Gesamtemission (als CO<sub>2</sub>-Äquivalentemission) verursachen. Die Berechnung erfolgte unter Anwendung der Formel 4.1 der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 1).

Bei der in dieser Analyse verwandten Kategorienzusammenfassung sind nach diesem Verfahren in der aktuellen Berichterstattung insgesamt 35 Hauptkategorien festzustellen (siehe Tabelle 6, Kapitel 1.5).

Im Ergebnis der **Trend-Analyse** werden die Kategorien als Hauptkategorien (●) festgelegt, die hinsichtlich der zeitlichen Entwicklung ihres Emissionsbeitrages seit dem Basisjahr zur Änderung der Gesamttreibhausgasemissionen des neuesten Jahres besonders beigetragen haben. Es spielt hierbei keine Rolle, ob durch diese Änderung eine Minderung oder Steigerung der Emissionen der Gesamtemissionen erfolgt ist. Die Berechnung erfolgte unter Anwendung der Formel 4.2 der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 1).

Bei der in dieser Analyse verwendeten Quellgruppenzusammenfassung sind nach diesem Verfahren insgesamt 39 Hauptkategorien festzustellen (siehe Tabelle 6, Kapitel 1.5).

### **17.1.2 Methode-2-Verfahren**

Die Hauptkategorienanalyse nach dem Methode-2-Ansatz beruht auf den Ergebnissen der aktuellen Unsicherheitenbestimmung nach Methode 1. Die Ergebnisse bestätigten in weiten Teilen die Ergebnisse der Methode-1-Hauptkategorien-Analysen. Hinzu kommen jedoch sechs weitere Kategorien (siehe Tabelle 8, Kapitel 1.5.1).

### **17.1.3 Bewertung qualitativer Kriterien**

Deutschland führt eine Bewertung der Hauptkategorien durch die Anwendung qualitativer Kriterien durch. Die anzuwendenden Kriterien sind in Kapitel 4.3.3 der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 1) empfohlen und schließen eine Bewertung aufgrund des Einsatzes von Minderungstechniken, der Erwartung einer überproportionalen Zunahme der Emissionen, einer hohen Unsicherheit oder unerwartet niedriger oder hoher Emissionen einer Kategorie ein. Auf Grund dieser Kriterien können zusätzliche Kategorien als eine Hauptkategorie festgelegt werden.

In der Adipinsäureproduktion (2.B.3) wurde eine redundante Abgasbehandlungsanlage installiert. Aufgrund dessen wird es nach qualitativen Kriterien als Hauptkategorie eingestuft. 2.B.3 ist aber bereits nach Methode 1 Level und Trend eine Hauptkategorie. Unter 2.G.2 werden SF<sub>6</sub>-Emissionen aus Schallschutzscheiben berichtet. Noch ist der Trend nicht zu erkennen, aber aufgrund der zunehmenden Entsorgung dieser Scheiben ist mit stark steigenden SF<sub>6</sub>-Emissionen in den kommenden Jahren zu rechnen. Deshalb ist es bereits nach den qualitativen Kriterien eine Hauptkategorie. Dies führt zu keiner Änderung da bereits 2G für SF<sub>6</sub> nach Methode 1 Level und Trend eine Hauptkategorie ist. Eine qualitative Wertung aufgrund hoher Unsicherheiten ist nicht erforderlich, da Deutschland eine Methode 2 Hauptkategorienanalyse für das gesamte Inventar alle drei Jahre durchführt. Im Inventar fielen keine unerwartet niedrigen oder hohen Emissionen auf.

Durch die Anwendung qualitativer Kriterien werden in Deutschland keine zusätzlichen Hauptkategorien identifiziert.

Deutschland wendet alle empfohlenen Verfahren für die Ermittlung bzw. Bewertung der Quellkategorien an. Die IPCC-Guidelines schreiben vor dass 95% der Emissionen aus Quellen bzw. Einbindungen in Senken als Hauptkategorien festgelegt werden müssen. Da die Festlegung der Hauptkategorien in Deutschland durch die Kombination der Ergebnisse aller Analysenverfahren und Bewertungen erfolgt, werden insgesamt die verursachenden Aktivitäten für ca. 98 % des Inventars als Hauptkategorien identifiziert.

### 17.1.4 Hauptkategorien-Analyse für die Kyoto-Berichterstattung

Die folgende CRF-Tabelle NIR.3 enthält die zusammengefassten Informationen zur Hauptkategorien-Analyse der Kyoto-Berichterstattung. Weitere Informationen finden sich in Kapitel 1.5.2.

Tabelle 457: KP CRF Table NIR.3: Summary Overview for Key Categories for Land Use, Land-Use Change and Forestry Activities under the Kyoto Protocol

Key Categories of Emissions and Removals	Gas	Criteria used for Key Category Identification			Comments <sup>(3)</sup>
		Associated category in UNFCCC inventory <sup>(1)</sup> is key (indicate which category)	Category contribution is greater than the smallest category considered key in the UNFCCC inventory <sup>(1), (4)</sup> (including LULUCF)	Other <sup>(2)</sup>	
<b>Specify key categories according to the national level of disaggregation used<sup>(1)</sup></b>					
Afforestation and Reforestation	CO <sub>2</sub>	Conversion to forest land	Yes	High expected growth.	The value is very close to the value in the smallest category considered key in the UNFCCC inventory. The value has increased about tenfold since 1990.
Forest Management	CO <sub>2</sub>	Forest land remaining forest land	Yes	None	No Comment
Cropland management	CO <sub>2</sub>	Cropland remaining cropland, Land converted to Cropland	Yes	None	No comment
Deforestation	CO <sub>2</sub>	Land converted to Cropland	Yes	None	No comment
Grazing land management	CO <sub>2</sub>	Grassland remaining grassland	Yes	None	No comment

<sup>(1)</sup> See section 5.4 of the IPCC good practice guidance for LULUCF.

<sup>(2)</sup> This should include qualitative consideration as per section 5.4.3 of the IPCC good practice guidance for LULUCF or any other criteria.

<sup>(3)</sup> Describe the criteria identifying the category as key.

<sup>(4)</sup> If the emissions or removals of the category exceed the emissions of the smallest category identified as key in the UNFCCC inventory (including LULUCF), Parties should indicate YES. If not, Parties should indicate NO.

## **18 ANHANG 2: DETAILIERTE ERLÄUTERUNG DER METHODEN UND DATEN ZUR BERECHNUNG VON CO<sub>2</sub> EMISSIONEN AUS DER VERBRENNUNG VON BRENNSTOFFEN**

### **18.1 Die Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland**

In der Bundesrepublik Deutschland werden von zahlreichen Stellen energiestatistische Daten veröffentlicht, die zum Teil eine unterschiedliche Darstellung, Abgrenzung und Aggregation aufweisen. Die Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland werden im Auftrag des BMWi erstellt und bilden die zentrale Datengrundlage für die Ermittlung energiebedingter Emissionen, Szenarien und Prognosen über die Auswirkung energie- und umweltpolitischer Maßnahmen. Die Verbände der deutschen Energiewirtschaft fassen jährlich gemeinsam mit wirtschaftswissenschaftlichen Forschungsinstituten im Rahmen der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) die relevanten Daten zu einem geschlossenen Bild zusammen und machen dieses Zahlenwerk als Energiebilanzen der Öffentlichkeit zugänglich.

Die vollständigen Energiebilanzen für die Jahre seit 1990 werden im Internet bereitgestellt unter:

[http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=7&clang=0](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=7&clang=0)

Auf der Internetseite der AGEB ist in deutscher und englischer Sprache auch ein Vorwort zu den Energiebilanzen veröffentlicht, in dem Erläuterungen zur Struktur der Energiebilanz gegeben werden.

Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen sind (Stand:September 2015):

- Bundesverband der deutschen Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW), Berlin,
- Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e.V. (DEBRIV), Köln,
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW Berlin),
- EEFA GmbH, Münster,
- Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln (EWI), Köln,
- Gesamtverband Steinkohle (GVSt), Herne,
- Mineralölwirtschaftsverband (MWV), Berlin,
- Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), Essen,
- Verein der Kohlenimporteure e.V., Hamburg,
- Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), Stuttgart.

Die Arbeit der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen wird außerdem unterstützt durch den Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW) sowie den Verband der Industriellen Energie- und Kraftwirtschaft e.V. (VIK). Die Gesamtverantwortung für die Erstellung der Energiebilanzen obliegt seit dem Bilanzjahr 1994 dem DIW Berlin, seit 2002 in Kooperation mit EEFA (Energy Environment Forecast Analysis GmbH) sowie Herrn Rossbach (ehemals MWV) als Berater für den Mineralölteil. Insgesamt liefern die Energiebilanzen unter Berücksichtigung der verfügbaren Daten ein umfassendes Bild der Energiemengenstrukturen nach Aufkommen und Verwendung in der deutschen Volkswirtschaft.

Die wichtigste Quelle ist die amtliche Statistik. Die verwendeten Erhebungen vom Statistischen Bundesamt sind in der Tabelle 458 aufgelistet. In die endgültige Energiebilanz fließen weiterhin Daten der Verbände BDEW und Deutsches Atomforum ein, sowie Daten des Gesamtverbands Steinkohle (GVSt), des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins (DEBRIV), des Mineralölwirtschaftsverbands (MWV). Weiterhin wurde bis 2011 für den Holzverbrauch der

privaten Haushalte auf die GfK-Rheinbraun-Daten zurückgegriffen, die über DEBRIV im Februar/März des übernächsten Jahres gemeldet wurden. Für den Holzverbrauch der privaten Haushalte ab dem Jahr 2012 wurden die Daten der Erhebungsstudie von RWI zugrunde gelegt, für den Holzverbrauch im Sektor GHD werden ab dem Jahr 2013 Angaben des Thünen-Instituts verwendet.

Ferner werden für die endgültige Energiebilanz Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) verwendet. Vorläufige Daten zu erneuerbaren Energieträgern werden mit der AGEE-Stat und dem BDEW abgestimmt und fließen in die Schätzbilanz und damit in die Auswertungstabellen ein.

Hinzu kommen in einer Reihe von Fällen, z.B. zur Darstellung des nichtenergetischen Verbrauchs seitens der chemischen Industrie, persönliche Expertenmitteilungen.

## 18.2 Aufbau der Energiebilanzen

Die Energiebilanzen bieten in Form einer Matrix eine Übersicht der energiewirtschaftlichen Verflechtungen. Sie erlauben damit nicht nur Aussagen über den Verbrauch von Energieträgern in den einzelnen Quellgruppen, sondern geben ebenso Auskunft über ihren Fluss von der Erzeugung bis zur Verwendung in den unterschiedlichen Erzeugungs-, Umwandlungs- und Verbrauchsbereichen. In der **Aufkommensbilanz** werden:

- die Gewinnung im Inland
- die Einfuhr
- die Bestandsentnahmen
- die Ausfuhr
- die Hochseebunkerung
- die Bestandsaufstockungen

von Energieträgern dargestellt und zum **Primärenergieverbrauch** zusammen gefasst. Die Primärenergiebilanz ist Grundlage für die Berechnungen des IPCC-Referenzverfahrens (PROGNOS, 2000). Maßgebend für die Emissionsinventarerstellung ist die **Verwendungsbilanz**. Auch über die Verwendungsbilanz lässt sich der Primärenergieverbrauch ermitteln. Sie umfasst:

- die Umwandlungsbilanz
- die Fackel- und Leitungsverluste
- den Nichtenergetischen Verbrauch und
- den Endenergieverbrauch.

Unterschiede zwischen Aufkommens- und Verwendungsbilanz werden durch die Position „Statistische Differenzen“ ausgeglichen.

Die **Umwandlungsbilanz** als Bestandteil der Verwendungsbilanz gibt an, welche Energieträger in andere Energieträger umgewandelt werden. Der Umwandlungsausstoß zeigt das Ergebnis dieser Umwandlung. Die Umwandlung von Energie kann stofflicher Natur sein, z. B. die Umwandlung von Rohöl (Umwandlungseinsatz) in Mineralölprodukte (Umwandlungsausstoß) oder physikalischer Natur, z. B. durch die Verbrennung von Steinkohlen (Umwandlungseinsatz) in Kraftwerken zur Erzeugung elektrischer Energie (Umwandlungsausstoß). Der Energieverbrauch im Umwandlungsbereich weist aus, wieviel Energie zum Betrieb der Umwandlungsanlagen benötigt wurde (Eigenverbrauch des Umwandlungsbereichs). Die Umwandlungsbilanz wird nach 12 Anlagenarten differenziert.

Der **Nichtenergetische Verbrauch** als Bestandteil der Verwendungsbilanz wird ohne Zuordnung zu Anlagenarten oder Wirtschaftszweigen insgesamt ausgewiesen. Er beschreibt, welche

Energieträger als Rohstoffe eingesetzt werden (z. B. in der Chemischen Industrie Umwandlung von Energieträgern in Kunststoffe).

Schließlich zeigt die Verwendungsbilanz, in welchen Endverbrauchssektoren Energie in die letztlich benötigte Nutzenergie (z. B. Kraft, Licht, Raum- und Prozesswärme) umgewandelt wird (**Endenergieverbrauch**). Dies umfasst die Industrie, unterteilt in 14 Wirtschaftszweige, den Verkehr, die Haushalte und Gewerbe, Handel, Dienstleistungen und übrige Verbraucher (inklusive Landwirtschaft).

Der Energiefluss in den Energiebilanzen ist dargestellt für 30 Energieträger. Diese Energieträger können den folgenden Hauptgruppen zugeordnet werden:

- Steinkohlen,
- Braunkohlen,
- Mineralöl (einschließlich Flüssiggas und Raffineriegas),
- Gase (Kokerei- u. Gichtgas, Erdgas, Grubengas, ohne Deponie- u. die o.g. Gase),
- Erneuerbare Energien (einschließlich erneuerbare Abfälle, ab 2013 auch Klärschlamm),
- Sonstige Energieträger (nichterneuerbare Abfälle, Abwärme)
- Elektrischer Strom und andere Energieträger.

Energiebilanzen liegen für die Jahre 1990 bis 1994 getrennt für die alten und neuen Bundesländer sowie für Deutschland insgesamt vor. Seit 1995 wird nur noch eine Energiebilanz für Deutschland insgesamt (in der Gebietsabgrenzung vom 3. Oktober 1990) vorgelegt. In einer Satellitenbilanz werden die Erneuerbaren Energien ab 1996 weiter aufgeschlüsselt (AGEB 2003).

Ab dem Jahr 2000 wurde die Energieträgerstruktur im Bereich Erneuerbare Energien / Müll geändert: Wasser- und Windkraft incl. PV wurden zusammengefasst und Müll/Biomasse wurde in erneuerbare und nicht erneuerbare Anteile aufgesplittet. Seit dem Jahr 2003 werden in der Energiebilanz nichterneuerbare Abfälle und Abwärme auch im Endenergieverbrauch verbucht.

In der Energiebilanz werden die Energieträger in *natürlichen Einheiten* wie Tonnen (t) für feste und flüssige Brennstoffe, Kubikmeter (m<sup>3</sup>) für Gase (außer Erdgas), Kilowattstunden (kWh) für elektrische Energie und Erdgas, Joule (J) für Abfälle, Erneuerbare Energien, Kernenergie und Fernwärme angegeben. Um die Angaben vergleichbar und additionsfähig zu machen, werden alle Werte über Heizwerttabellen und Umrechnungsfaktoren in die Einheit Joule (J) umgerechnet. Anders als in Gasstatistiken werden in der Energiebilanz auch die Gase auf den Heizwert bezogen.

Gegenwärtig sind die Energiebilanzen bis 2013 veröffentlicht. Um den Bedürfnissen der Emissionsberichterstattung nach Aktualität Rechnung zu tragen wird dem UBA von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen eine vollständige vorläufige Energiebilanz für die Inventarerstellung zur Verfügung gestellt.

### 18.3 Methodische Aspekte: Energiebedingte Aktivitätsraten

Die im UBA erstellten Inventare für Luftschadstoffe und Treibhausgase bauen auf den von der AG Energiebilanzen erstellten Energiebilanzen für Deutschland auf. Dabei lassen sich die zur Emissionsberechnung benötigten Daten direkt aus den Energiebilanzzeilen 11, 12, 15, 16, 40, 60 sowie 65 und 68 ablesen. Für Biomassebrennstoffe sowie Erdgas und Heizöl leicht muss auch EBZ 14 zur Berechnung herangezogen werden.

Um den speziellen Anforderungen für die Emissionsberechnung gerecht zu werden und die Vollständigkeit der Daten zu gewährleisten, muss in einigen wenigen Fällen von der oben genannten Systematik abgewichen und es müssen weitere Daten hinzugefügt werden:

- Der emissionsrelevante Brennstoffeinsatz zur Braunkohlentrocknung muss aus der EBZ 10 herausgerechnet werden. Die genaue Beschreibung der Kategorie 1.A.1.c erfolgt im Kapitel 3.2.8.2.
- Der Erdgaseinsatz in den Kompressoren konnte für die Jahre 1995-2002 direkt aus der Energiebilanz (EBZ 33) entnommen werden. Für die Jahre 1990-1994 sowie ab dem Jahr 2003 müssen die Werte außerhalb der Energiebilanz berechnet werden. Die Beschreibung der Methode erfolgt im Kapitel 3.2.10.5.2 (Kategorie 1.A.3.e).
- Da die verbrannten Abfallmengen in der Energiebilanz aus systematischen Gründen bzw. unter dem Fokus der Energieerzeugung nicht über alle Jahre vollständig erfasst werden, muss auch in diesem Fall mit Hilfe der Abfallstatistik ergänzt werden. Erläuterungen dazu sind im Kapitel 3.2.6.2 (Kategorie 1.A.1.a) sowie im Kapitel 3.2.9.7.2 (Kategorie 1.A.2.g Sonstige (stationär)) vorhanden.
- Der Brennholzeinsatz in den Kategorien Gewerbe, Handel, Dienstleistungen wird in der Energiebilanz bis 2012 nicht ausgewiesen und muss ergänzt werden. Die Beschreibung für die Kategorie 1.A.4 erfolgt im Kapitel 3.2.11.2.

Der Reduktionsmitteleinsatz zur Herstellung von Roheisen wird in der Energiebilanz z.T. als energetischer Verbrauch in der EBZ 54 und z.T. als Umwandlungseinsatz in EBZ 17 (Gichtgasäquivalent) ausgewiesen. Der Einsatz des dabei entstehenden Gichtgases zur Energieerzeugung wird in den entsprechenden Energiebilanzzeilen 11, 12, 15, 33 und 54 verbucht. Um Doppelzählungen zu vermeiden werden die in der EBZ 54 verbuchten Reduktionsmitteleinsätze aus dem Hochofen sowie das Gichtgasäquivalent nicht mit berichtet.

## 18.4 Unsicherheiten, Zeitreihenkonsistenz und Qualitätssicherung der Energiebilanz

Bedingt durch die zunehmende Liberalisierung der Energiemärkte, aber auch im Zusammenhang mit der Herausbildung eines europäischen Binnenmarktes – hat sich die energiestatistische Datenbasis in den Umbruchjahren verschlechtert (ZIESING et al, 2003). Mit Einführung des seit 2003 wirksamen Energiestatistikgesetzes hatte sich zwar die Datengrundlage wieder relativ verbessert, aufgrund der Dynamik im Energiesektor ist unterdessen jedoch wieder eine Novellierung des Energiestatistikgesetzes erforderlich.

Kontinuierlich erfolgen Anpassungen im Datengerüst der Energiebilanz um bestmöglich Daten zur Verfügung zu stellen.

Diese Änderungen erfolgen in größeren Abständen und werden jeweils von der AGEB dokumentiert:

- Erläuterungen zur Revision der Energiebilanzen 2003 - 2006<sup>171</sup>
- Anmerkungen zu den Änderungen in den Energiebilanzen 2003 bis 2007<sup>172</sup>
- Revision der Energiebilanzen 2003 bis 2009<sup>173</sup>
- Methodische Änderungen in der Energiebilanz 2012<sup>174</sup>

<sup>171</sup> [http://www.ag-energiebilanzen.de/#revision\\_der\\_eb\\_2003\\_bis\\_2006](http://www.ag-energiebilanzen.de/#revision_der_eb_2003_bis_2006)

<sup>172</sup> [http://www.ag-energiebilanzen.de/#aktualisierungen\\_der\\_energiebilanzen\\_2003\\_bis](http://www.ag-energiebilanzen.de/#aktualisierungen_der_energiebilanzen_2003_bis)

<sup>173</sup> [http://www.ag-energiebilanzen.de/#revision\\_der\\_energiebilanzen\\_2003\\_bis\\_2009\\_05](http://www.ag-energiebilanzen.de/#revision_der_energiebilanzen_2003_bis_2009_05)

<sup>174</sup> [http://www.ag-energiebilanzen.de/#methodische\\_aenderungen\\_der\\_eb\\_2012](http://www.ag-energiebilanzen.de/#methodische_aenderungen_der_eb_2012)

### **18.4.1 Qualitätsbericht der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen zur Erstellung der Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland**

Zur Dokumentation ihrer Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Erstellung der Energiebilanzen legt die AGEB seit dem Jahr 2012 dem Umweltbundesamt einen gemeinsamen Qualitätsbericht vor.

Der Inhalt der aktuellen Berichte wird im Folgenden wortgetreu veröffentlicht (kenntlich über andere Schriftart).

#### **18.4.1.1.1 Hintergrund**

Im Rahmen der Treibhausgasemissionsberichterstattung hat der Koordinierungsausschuss des Nationalen Systems Emissionsinventare Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung (QK/QS) festgelegt. Diese sind auf allen Ebenen der Inventarerstellung einzuhalten. Einer der wichtigsten Datensätze zur Ermittlung der Treibhausgasemissionen sind die Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland, mit deren Erstellung die Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB) beauftragt ist. Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW Berlin) und das EEFA-Forschungsinstitut arbeiten als Unterauftragnehmer für die AGEB daran mit. Die Bearbeiter der Energiebilanzen sind gehalten, dabei die Mindestanforderungen an QK/QS wie Transparenz, Konsistenz, Vergleichbarkeit, Vollständigkeit und Genauigkeit zu erfüllen.

Zur Dokumentation ihrer Datenquellen und Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Erstellung der Energiebilanzen legt die AGEB dem Umweltbundesamt hiermit den aktuellen Qualitätsbericht vor. Er bezieht sich insbesondere auf die Energiebilanz 2012.

#### **18.4.1.1.2 Arbeitsteilung bei der Erstellung der Energiebilanzen**

Das DIW Berlin ist bei der Erstellung der Energiebilanzen für die folgenden Energieträger verantwortlich:

- Erdgas, Erdölgas,
- Erneuerbare Energien (Wasser, Wind und Photovoltaik; Biomasse und erneuerbare Abfälle; Sonstige erneuerbare Energieträger),
- Nicht-erneuerbare Abfälle, Abwärme,
- Strom (bis 2012),
- Kernenergie und
- Fernwärme (bis 2012).

Darüber hinaus koordiniert das DIW Berlin im Rahmen der Energiebilanzarbeiten die vierteljährlichen Schätzungen des Primärenergieverbrauchs für die Bundesrepublik Deutschland und schätzt dafür den Energieträger „Sonstiges“.

Des Weiteren vergibt das DIW Berlin einen Werkvertrag an Herrn Ulrich Rossbach, der den Mineralölteil der Energiebilanzen bearbeitet:

- Erdöl (roh) und
- Mineralölprodukte (Ottokraftstoffe; Rohbenzin; Flugturbinenkraftstoffe; Dieselmotorkraftstoff; Heizöl leicht; Heizöl schwer; Petrolkoks; Flüssiggas; Raffineriegas; Andere Mineralölprodukte).

In den Aufgabenbereich des EEFA-Forschungsinstituts fällt die Erstellung der Energiebilanzen für die Energieträger:

- Steinkohle, Steinkohlenkoks, Steinkohlebriketts und Andere Steinkohlenprodukte,
- Braunkohle (roh), Braunkohlenbriketts, Andere Braunkohlenprodukte und Hartbraunkohle sowie
- Kokerei- und Stadtgas, Gicht- und Konvertergas sowie Grubengas

- Strom (ab 2013),
- Fernwärme (ab 2013).

Darüber hinaus koordiniert das EEFA-Institut im Rahmen der Energiebilanzarbeiten die Lieferungen bzw. Meldungen energiestatistischer Daten im Rahmen europäischer bzw. internationaler Verpflichtungen (sog. IEA/EUROSTAT Annual Joint Questionnaires).

Beginnend mit dem Energiebilanzjahr 2009 wird im Rahmen der Arbeiten für die Auswertungstabellen eine Schätzbilanz erstellt. In sie fließen vor allem die Daten aus der Statistik-Nr. 066 (Erhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen der allgemeinen Versorgung) des Statistischen Bundesamtes (StBA) und Verbandsdaten des Bundesverbandes der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (BDEW) sowie Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien–Statistik (AGEE-Stat) ein. Die Schätzungen werden insbesondere mit dem BDEW und der AGEE-Stat abgestimmt. Hinzu kommen Daten der Amtlichen Mineralölstatistik (AMS des BAFA).

Zu diesem frühen Zeitpunkt liegen i.d.R. wichtige amtliche Datenquellen wie z.B. die Erhebungen über den Energieverbrauch der Industriesektoren noch nicht vor. Diese Datenlücken werden mit Hilfe von Schätzungen geschlossen. Die Schätzbilanz kann deshalb nicht die hohen Anforderungen an die Datenqualität erfüllen wie die endgültige Energiebilanz, die erst mit einer zeitlichen Verzögerung von etwa einem Jahr publiziert werden kann.

#### **18.4.1.1.3 Qualität der verwendeten Datenquellen**

Zur Erstellung der Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland werden folgende *Daten des Statistischen Bundesamts (StBA)* verwendet:

- Erhebung (Nr. 060) über die Energieverwendung der Betriebe des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden sowie des Verarbeitenden Gewerbes,
- Erhebung (Nr. 061E) über die Einfuhr von Kohle,
- Erhebung (Nr. 062) über Geothermie,
- Erhebung (Nr. 064) über Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme,
- Erhebung (Nr. 066) über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen der allgemeinen Versorgung,
- Erhebung (Nr. 067) über die Stromerzeugungsanlagen im Bergbau und des Verarbeitenden Gewerbes,
- Erhebung (Nr. 070) über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern,
- Erhebung (Nr. 073) über Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas,
- Erhebung (Nr. 075) über Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Flüssiggas,
- Erhebung (Nr. 082 P) über Abgabe, Ein- und Ausfuhr von Erdgas und Erdölgas sowie Erlöse der Produzenten,
- Erhebung (Nr. 082) über Aufkommen, Abgabe, Ein- und Ausfuhr von Gas sowie Erlöse der Gasversorgungsunternehmen und der Gashändler,
- Energiesteuerstatistik, Fachserie 14, Reihe 9.3).

Die Daten des Statistischen Bundesamts (StBA) unterliegen amtlichen Qualitätsanforderungen. Die Qualitätsberichte des StBA können im Internet auf der Homepage bezogen werden:

<https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitätsberichte/Energie/EnergieWasserversorgung.html>.

Außerdem werden *Angaben aus der Amtlichen Mineralölstatistik (AMS)* des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) verwendet. Die monatlich und jährlich publizierte AMS impliziert ein geschlossenes, widerspruchsfreies System des gesamten Aufkommens und Verbrauchs von Mineralöl in Deutschland. Statistische Grundlage für die AMS ist der sogenannte „Integrierte Mineralölbericht“ (IM),

zu dessen Abgabe alle größeren Ölfirmen verpflichtet sind. Das BAFA überprüft die Angaben der Ölfirmen regelmäßig. Darüber hinaus werden auch Händler/Importeure, definiert durch den sog. Erhebungskreis, durch das BAFA befragt. Die AMS enthält - mit wenigen Ausnahmen – keine Angaben zum sektoralen Ölverbrauch in Deutschland. Diese Daten werden anderen amtlichen und sonstigen Quellen entnommen und falls erforderlich modifiziert. Jährlich werden die Heizwerte für die Ölprodukte und den Rohöleinsatz überprüft und gegebenenfalls neu festgesetzt. Das erfolgt unter Berücksichtigung technischer Entwicklungen und Marktentwicklungen. Ziel ist eine möglichst genaue Umrechnung der Tonnenangaben in TJ.

Neben den amtlichen Daten werden folgende *Daten von Verbänden* verwendet:

- Angaben zur Bruttostromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland (BDEW),
- Angaben zur Stromerzeugung in Kernkraftwerken (Deutsches Atomforum e.V.),
- Angaben zum Aufkommen und Verbrauch von Mineralöl (Mineralölwirtschaftsverband, MWV; MWV-Mitgliedsunternehmen; Befragungen von Verbrauchern),
- Angaben zur Erdöl- und Erdgasgewinnung (Wirtschaftsverband Erdöl- und Erdgasgewinnung, W.E.G.),
- Angaben zu Flüssiggas (Deutscher Verband Flüssiggas e.V., DVFG),
- Angaben zum Verkehr (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, VDV),
- Angaben zur Kohlenwirtschaft (Statistik der Kohlenwirtschaft e.V., getragen von GVSt und DEBRIV).

Unter den Statistiken der Verbände spielt die *Statistik der Kohlenwirtschaft* eine besondere Rolle. Für die Energiebilanz werden u.a. folgende Daten verwendet:

für die Steinkohle:

- die Statistik über den Inlandsabsatz nach Steinkohlearten und Verbrauchergruppen und
- die Statistik über die Produktion, Einsatz in Umwandlungsbereichen und Lagerbestandsveränderungen (Vordruck 4a)

für die Braunkohle:

- Daten über die Förderung, Herstellung Selbstverbrauch und den Absatz (Vordruck 5) sowie Informationen aus dem Produktionsbericht,
- Daten zum Inlandsabsatz/-einsatz nach Ländern und Verbrauchergruppen.

Die Daten der Kohlenstatistik können in Deutschland als quasi amtlich und sehr genau eingestuft werden. Der Verein der Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. arbeitet seit 60 Jahren als Bindeglied zwischen den Unternehmen des Kohlenbergbaus und der amtlichen Statistik (vgl. dazu Internet: <http://www.kohlenstatistik.de/files/50jahre.pdf>). Die Kohledaten der amtlichen Statistik beruhen auf den Erhebungen der Statistik der Kohlenwirtschaft. Ein Großteil der Kohledaten wird auf der Internetseite <http://www.kohlenstatistik.de> einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die damit verbundene Transparenz kann ebenfalls als Beleg für die Zuverlässigkeit und Genauigkeit dieser Datenquellen herangezogen werden. Das Energiestatistikgesetz hat unter ausdrücklichem Hinweis auf das funktionierende System der Kohlenstatistik auf einen eigenen Paragraphen für Erhebungen zur inländischen Kohle verzichtet.

Darüber hinaus werden folgende *weitere Quellen* verwendet:

- Studien zum Kraftstoffverbrauch von Maschinen des „Non-Road-Sektors“ (ifeu-Institut GmbH, Heidelberg),
- Angaben zu erneuerbaren Energien (Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik, AGEE-Stat).

Eine Informations- und Vergleichsquelle zum Energieverbrauch der Privaten Haushalte und des Sektors Gewerbe, Handel und Dienstleistungen stellen methodisch abgesicherte Studien dar, die vom Bundeswirtschaftsministerium in regelmäßigen Abständen in Auftrag gegeben werden. Gemäß Empfehlung des Arbeitskreises Methodik beim BMWi, wird die RWI/forsa-Studie als Datengrundlage für den Holzverbrauch der privaten Haushalte ab EB 2012 verwendet.

Über die Qualität der vorliegenden Daten hinaus spielt für die Energiebilanzerstellung die mehrjährige Verfügbarkeit der Quellen sowie eine einheitliche und konsistente Darstellung der Zeitreihen eine wichtige Rolle. Nur so kann sichergestellt werden, dass über die zur Energiebilanzerstellung genutzten Verfahren und Methoden Daten generiert werden, die sich auch über einen langen Zeitraum konsistent und ohne Strukturbrüche in das Bilanzschema eingliedern. Sowohl die amtlichen Quellen als vor allem auch die Daten der Kohlenstatistik blicken auf eine lange Tradition zurück. Sollten aufgrund von Revisionen oder der Veränderung statistischer Grundlagen (z.B. Energiestatistikgesetz) Brüche in den Zeitreihen unvermeidbar sein, sind sie in den zur Energiebilanzerstellung genutzten Quellen gut dokumentiert, so dass stets eine sachgerechte Anpassung der Methoden gewährleistet ist.

#### **18.4.1.1.4 *Transparenz der Methoden und Verfahren***

Am 1. Januar 2003 ist das Energiestatistikgesetz (EnStatG) in Kraft getreten. Mit diesem Gesetz wurden die amtlichen Energiestatistiken aus verschiedenen Rechtsgrundlagen zusammengeführt und an die gewandelten Informationsbedürfnisse der Nutzer angepasst. Seitdem werden durch das Statistische Bundesamt auch für die Bereiche Wärmemarkt, Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbare Energieträger Daten erhoben und bereitgestellt. Im Rahmen dieser Neustrukturierung weist das Statistische Bundesamt neben der Strom- und Wärmerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung den kompletten Brennstoffeinsatz für Kraft-Wärme-Kopplung in der allgemeinen Versorgung und der Industrie (differenziert nach Energieträgern) aus.

Für die Energiebilanzen - und hier insbesondere für die Darstellung des industriellen Endenergieverbrauchs - ergab sich aus dem veränderten statistischen Datenangebot grundsätzlich ein methodischer Anpassungsbedarf. Die skizzierte Erweiterung des Datenangebots hat nämlich zur Folge, dass für die industrielle Stromerzeugung ab dem Jahr 2003 gesonderte Informationen zum Brennstoffeinsatz der reinen Stromerzeugung vorliegen.

Daten zur Aufteilung des Brennstoffeinsatzes auf die Produkte Strom und Wärme bei Kraft-Wärme-Kopplung in der Industrie und in Heizkraftwerken werden vom Statistischen Bundesamt nicht erhoben, sondern von der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen bzw. den von ihr beauftragten Instituten geschätzt. Die dabei angewandte „finnische“ Methode beruht auf der Richtlinie 2004/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Februar 2004. Diese ist mathematisch exakt definiert und wird im Vorwort der Energiebilanzen näher erläutert.

Mit Blick auf die Qualitätssicherung wird die Berechnung in den Bereichen der allgemeinen Versorgung und der Industrie mit der finnischen Methode nachvollziehbar und transparent gehandhabt. Die notwendigen Rahmenannahmen wie etwa die Referenzwirkungsgrade der ungekoppelten Erzeugung in den Dokumentationen zur Energiebilanz werden deutlich angegeben. All dies zeigt, dass bei der Erstellung der Energiebilanzen trotz Anwendung teilweise komplexer methodischer Umwandlungsschritte eine hohe Transparenz und Eindeutigkeit der Ergebnisse gewährleistet werden kann. So lassen sich alle Energiebilanzfelder stets eindeutig bis hin zur jeweiligen primärstatistischen Grundlage zurückverfolgen.

Amtliche oder verbandsinterne Primärinformationen können – ungeachtet ihrer Qualität – nur an wenigen Stellen der Energiebilanz unmittelbar ohne den Einsatz methodischer oder statistischer Verfahren zur Erstellung der Energiebilanz genutzt werden. Vielmehr erfordert die komplexe Darstellung des

Energieflusses in Form einer Matrix zur Einhaltung der formalen Rahmenbedingungen und methodischen Vorgaben ausgehend von vorliegenden statistischen Rohdaten zahlreiche Transformationsschritte, Umrechnungen oder Umbuchungen. Hinzu kommt, dass in einigen wenigen Bereichen der Energiebilanz keine primärstatistischen Daten vorliegen, so dass Datenlücken in Abhängigkeit vom Einzelfall auch durch die Anwendung formaler Schätzmethoden geschlossen werden müssen.

#### **18.4.1.1.5 Kontrolle und Verifikation der Ergebnisse**

Die Maßnahmen zur Qualitätssicherung und –kontrolle umfassen die Bereiche

- Sicherung der Datenqualität und der Transparenz der Methoden und Verfahren,
- Mechanismen zur Kontrolle und kritischen Überprüfung der Energiebilanzen, die Korrektheit, Vollständigkeit und Konsistenz der Bilanz sicherstellen sowie
- Maßnahmen zur Dokumentation und Archivierung, die die Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Bilanz gewährleisten sollen,
- Fachverantwortlichkeit zur Erstellung der Energiebilanzen.

Kritische Diskussion, Verifikation und Kontrolle erfolgen auf unterschiedlichen Ebenen:

- Die jährliche Energiebilanz wird unabhängig von mehreren Bearbeitern erstellt und wechselseitig abgeglichen.
- Die Arbeiten werden wechselseitig kontrolliert und anhand von Kontrollgrößen (z.B. Veränderungen im Jahresvergleich, impliziten Heizwerten, Nutzungsgraden) auf Plausibilität geprüft.
- Die Zeitreihenkonsistenz wird regelmäßig verifiziert. Im Falle unplausibler Sprünge in der Zeitreihe, die nicht auf Übertragungs- oder Rechenfehler, sondern auf die Entwicklungen in den primärstatistischen Erhebungen zurückzuführen sind, erfolgt in enger Kooperation mit der datenliefernden Institution wie dem StBA eine lösungsorientierte Erörterung des Problems.
- Die Energiebilanzen werden mit den Datenlieferungen an IEA/Eurostat abgeglichen.
- Des Weiteren kontrollieren die in der AGEB zusammengeschlossenen Verbände begleitend die Ergebnisse.
- Für die erneuerbaren Energien findet eine Abstimmung und gegenseitige Kontrolle innerhalb der AGEE-Stat statt.
- Außerdem werden Daten und Ergebnisse frühzeitig mit den Fachverantwortlichen des Umweltbundesamts (UBA) ausgetauscht und diskutiert.
- Statistische Fragen der Energiebilanz werden auch im „Arbeitskreis Methodik“ (AKM) beim BMWi diskutiert.

Die Veröffentlichung der Energiebilanz auf den Internetseiten der AGEB bzw. die Bereitstellung vorläufiger Energiebilanzdaten an das Umweltbundesamt zur Weiterverarbeitung im System des nationalen Treibhausgasinventars erfolgen erst, nachdem die Gesamtbilanz alle Kontrollinstanzen erfolgreich durchlaufen hat.

Um Fehler bei Berechnungen und Schätzungen der Daten für die Energiebilanz weitgehend zu vermeiden, erfolgt die jährliche Aufstellung der Energiebilanz im Rahmen standardisierter Vorgehensweisen. Dazu wurden umfangreiche Instrumente entwickelt, die bewährte Schätzverfahren oder formale Berechnungsmethoden im Rahmen der Bilanzarbeiten automatisieren. Aufgrund dieser Vorgehensweise, die teilweise nur das Einpflegen der statistischen Rohdaten in die entsprechenden Tools erfordert, können Berechnungs- oder Transformationsfehler weitgehend verhindert werden. Die Verwendung stets einheitlicher und standardisierter Methoden leistet zudem einen wichtigen Beitrag zur Sicherung der Zeitreihenkonsistenz.

#### **18.4.1.1.6 Dokumentation und Archivierung**

DIW Berlin und EEFA-Forschungsinstitut führen über die in jährlichem Abstand zu erstellenden Energiebilanzen eine detaillierte, schriftliche Dokumentation. Die Dokumentation umfasst jedes Feld der Energiebilanz, eine Auflistung der verwendeten statistischen Quellen und Erhebungen sowie eine genaue Erläuterung der angewandten Rechenmethoden und –verfahren. Ziel der Dokumentation ist die lückenlose Nachvollziehbarkeit sowohl für eigene Zwecke als auch für das BMWi und das UBA. Regelmäßige Aktualisierung der Dokumentation ist auch ein Beitrag zur Datenqualität und Einhaltung der Zeitreihen- und Methodenkonsistenz.

Alle statistischen Daten, Berechnungsmethoden, Schätzverfahren, die für die Erstellung der Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland verwendet werden, werden archiviert. Die Sicherung der elektronischen Daten erfolgt im DIW sowohl automatisch durch die Zentrale Datenverarbeitung auf speziellem Serverplatz als auch manuell in regelmäßigen Abständen. Im EEFA-Institut kommen zur Archivierung elektronischer Inhalte sowohl portable Medien wie CD-ROM oder DVD sowie Wechselplatten als auch netzbasierte Serverlösungen zum Einsatz. Die Sicherung der Daten erfolgt sowohl automatisch als auch in regelmäßigem Abstand auf manuellem Weg.

#### **18.4.1.1.7 Qualifikation der Bearbeiter**

Für die Bearbeitung des Dienstleistungsprojektes „Erstellen von Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland“ steht dem DIW Berlin und dem EEFA-Forschungsinstitut erfahrenes Personal mit fundierten statistischen, ökonomischen sowie energiewirtschaftlichen Kenntnissen zur Verfügung.

#### **18.4.1.1.8 Erläuterungen zur Aktualität bzw. zeitlichen Verfügbarkeit der Daten für die Erstellung der Energiebilanzen**

##### **Amtliche Statistiken**

Die endgültigen Jahreswerte der monatlichen Erhebung 066 (Stromerzeugung für die Allgemeine Versorgung) für 2013 waren nach Revision im November 2014 verfügbar; die jährlichen Erhebungen 064 (Wärmeerzeugung) im April 2015, die 067 (Stromerzeugungsanlagen der Industrie) im Oktober 2014, die 070 (Einspeisungen) im Oktober 2014 und die 073 (Klärgerberhebung) im Oktober 2014, die 082/082P lag auch im Januar 2014 vor. Die Ergebnisse der Erhebungen 066 (Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung) und 067 (Stromerzeugungsanlagen der Industrie) müssen mit der finnischen Methode umgerechnet werden. Berechnungen, Prüfvorgänge, Abstimmungsprozesse mit BDEW, AGEE-Stat, EEFA, MWV benötigen mindestens drei Wochen Zeit.

Die Ergebnisse der Erhebung 060 (Energieverwendung der Industrie), die einen wesentlichen Bestandteil der Energiebilanzen ausmachen, lagen im November 2014 vor. Dies bildet einen wesentlichen zeitlichen Engpass für die Erstellung der Energiebilanz. Branchenscharfe Berechnungen, Plausibilitätsprüfungen, Prüfanfragen an das StBA (das diese dann an die Länder weiterreichen muss) und Abstimmungen mit beteiligten Verbänden benötigen wenigstens drei Wochen Zeit. Die Ergebnisse der Erhebung 062 (Geothermie) lagen im Oktober 2014 vor.

Solche zeitlichen Restriktionen haben dazu geführt, dass beginnend mit dem Berichtsjahr 2009 im Juli zunächst eine Schätzbilanz erstellt wird, in der die vorliegenden amtlichen Daten aus der Erhebung 066 eingearbeitet sind. Die restlichen Daten werden in Zusammenarbeit mit den Verbänden, die der AGEB angehören, zunächst geschätzt und abgestimmt.

##### **Verbandsstatistiken**

In die endgültige Energiebilanz fließen Daten von Verbänden ein (s.o.), die frühzeitig vorliegen.

Aufgrund der vierteljährlichen Schätzungen zum Primärenergieverbrauch in Deutschland liegen hierzu zeitnah auch vorläufige Daten vor. Wichtige vorläufige Daten, die auch für den Endenergieverbrauch für die Schätzbilanz mit Stand August vonnöten sind, liefert der BDEW. Dieser veröffentlicht im Sommer eines jeden Jahres Daten zum Thema „Energemarkt Deutschland – Zahlen und Fakten zur Gas-, Strom- und Fernwärmeversorgung“. Außerdem fließen in die Schätzbilanz Angaben des BDEW zur Bruttostromerzeugung ein sowie Daten des Gesamtverbands Steinkohle (GVSt), des Bundesverbands Braunkohle (DEBRIV), des Mineralölwirtschaftsverbands (MWV) und des Deutschen Atomforums.

### **Sonstige Daten**

Für die endgültige Energiebilanz werden Angaben der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) verwendet, die regelmäßig im Juli/August vorliegen.

Angaben zur Stromerzeugung aus Biomasse sowie zum Brennstoffeinsatz von Biomasse in dezentralen KWK-Anlagen für das Jahr 2013 beruhen auf Angaben des ZSW. Dabei wird eine Methodik verwendet, die von ZSW und EEFA im Rahmen der Meldungen an IEA und Eurostat konzipiert wurde.

Zur Berechnung der Stromerzeugung und des Brennstoffeinsatzes in kleinen Erdgas- und HEL-KWK-Anlagen (< 1 MW) wurden wie für 2012 Angaben aus der BHKW-Datenbank des Öko-Instituts verwendet, die auch für die IEA/Eurostat-Berichterstattung genutzt werden.

Für den Holzverbrauch der privaten Haushalte wird die RWI/forsa-Erhebungsstudie im Auftrag des BMWi als Datengrundlage verwendet. Für den Holzverbrauch im Sektor GHD werden für 2013 erstmals Angaben des Thünen-Instituts verwendet.

Tabelle 458: Zur Erstellung der Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland verwendeten Erhebungen des StBA

Erhebung	Nr.	Erhebungszeitraum	Aktualität gemäß Qualitätsbericht	Angaben	Erhebungskreis	Erhebungseinheiten
Erhebung über die Energieverwendung des Verarbeitenden Gewerbes sowie der Betriebe des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden	060	jährlich	Ende des Folgejahres (verfügbar ab Ende Oktober/Anfang November)	Stromerzeugung, -abgabe und -verbrauch <b>Energieträger- / Brennstoffbezug und -verbrauch nach Energieträger</b> <b>Energieträger- / Brennstoffabgabe und -bestand nach Energieträger</b> Durchschnittlicher Heizwert	Abschnitte B „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“ und C „Verarbeitendes Gewerbe“	<b>Produzierende Betriebe</b> (derzeit ca. 40.000) mit <b>mind. 20 Beschäftigten</b> <b>Ausnahme:</b> Betriebe von Unternehmen des Verarbeitenden Gewerbes bereits mit <b>10 und mehr tätigen Personen in den Wirtschaftszweigen</b>
Erhebung über die Einfuhr von Kohle	061E	Monatlich, jährlich	Ende April des Folgejahres	<b>Einfuhr von Kohle</b>	Unternehmen, die Braunkohle, Braunkohlenprodukte, Steinkohle, Steinkohlenkoks und -briketts einführen.	<b>Vollerhebung</b> (nicht einbezogen werden im Ausland gelegene Einheiten)
Erhebung über Geothermie	062	jährlich	Ca. 9 Monate nach Ende des Berichtszeitraums	<b>Nettowärmeerzeugung</b> und Leistung nach Art der Anlage sowie Abgabe von Wärme nach inländischen Abnehmergruppen.		Erhoben wird bei höchstens <b>100 Betreibern, die Anlagen zur Nutzung von Geothermie unterhalten</b>
Erhebung über Erzeugung, Bezug, Verwendung und Abgabe von Wärme	064	jährlich	Ende des Folgejahres (verfügbar meist Ende September)	Fernwärmeversorgung: Nettowärmeerzeugung, Bezug, Abgabe und Netzverluste. Es erfolgt keine Aussage zum verwendeten Energieträger <b>Brennstoffeinsatz und Wärmeerzeugung nach Energieträger</b>	Betreiber von <b>Heizwerke</b> ab 1 MW <sub>th</sub> und Betreiber von <b>Fernwärmenetzen</b> (nur große „historisch“ gewachsene Netze) Es erfolgt <b>keine Erfassung von Nahwärme-„Insel-netzen“</b>	<b>Max. 1000 Betreiber</b> von Anlagen zur Wärmeversorgung einschl. Absorptionsanlagen zur Kälteerzeugung <b>ab 2 MW<sub>th</sub></b> .
Erhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung der Stromerzeugungsanlagen für die allgemeine Versorgung	066K	monatlich; jährlich	6 Wochen nach Ende des Berichtszeitraums; Ende Juni des Folgejahres (verfügbar im Mai)	Anzahl, Nettostrom- und Nettowärmeerzeugung nach Anlagenart, <b>Strom und Wärmeerzeugung nach Energieträger</b> <b>Brennstoffeinsatz für Strom- und/oder Wärmeerzeugung nach Energieträger</b> (getrennte Erfassung von KWK Anlagen)	Unternehmen und Betriebe der <b>Elektrizitätsversorgung (Allgemeine Versorgung)</b>	<b>Höchstens 1000 Betreiber ab 1 MW<sub>e</sub></b> .
Erhebung über Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden	067	jährlich	9 Monate nach Ende des Berichtszeitraums (verfügbar meist Ende September)	<b>Anzahl und Engpassleistung nach Anlagenart</b> <b>Nettostrom und Nettowärmeerzeugung (getrennte Erfassung von KWK Anlagen)</b> <b>Brennstoffeinsatz für Strom- und/oder Wärmeerzeugung nach Energieträger (getrennte Erfassung von KWK Anlagen),</b> Eigenverbrauch von Strom und Wärme	Abschnitt B „Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden“ und C „Verarbeitendes Gewerbe“	Betreiber (derzeit ca. 500) von Anlagen zur <b>eigenen Versorgung</b> . Es werden Anlagen zur Erzeugung von Elektrizität einschl. der Anlagen zur Erzeugung von Elektrizität und Wärme in Kopplungsprozessen (KWK) <b>ab 1 MW<sub>e</sub></b> abgefragt
Erhebung über die Stromeinspeisung bei Netzbetreibern	070	jährlich	12 Wochen nach Ende des Berichtszeitraums (verfügbar meist Ende September)	<b>Stromeinspeisung nach Bundesländer und Energieträger getrennt</b> <b>Leistungsangaben nach Bundesländer und Energieträger getrennt</b>	Betreiber von Stromnetzen für die allgemeine Versorgung	<b>Vollbefragung</b>
Erhebung über Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas	073	jährlich	8 Monate nach Ende des Berichtszeitraums (verfügbar Ende Juni/Anfang Juli)	<b>Anaerobe Klärgasgewinnung</b> <b>Brennstoffeinsatz in Stromerzeugungsanlagen</b> <b>Brennstoffeinsatz zu reinen Heiz-/oder Antriebszwecken</b> <b>Stromeinspeisung</b> <b>Eigenverbrauch</b>	Betreiber von Kläranlagen	bei höchstens 6000 Betreibern von Kläranlagen (zurzeit <b>ca. 1300 Betreiber</b> )
Erhebung über Abgabe von Flüssiggas	075	jährlich	8 Monate nach Ende des Berichtszeitraums (verfügbar Ende Juni/Anfang Juli)	<b>Abgabe von Flüssiggas nach inländischen Abnehmergruppen und Bundesländern sowie Ausfuhr</b>	Unternehmen, die Flüssiggas an Letztverbraucher und Wiederverkäufer abgeben	Bei höchstens 130 Unternehmen, die Flüssiggas an Letztverbraucher oder Wiederverkäufer abgeben
Erhebung über Aufkommen, Abgabe, Ein- und Ausfuhr von Gas sowie Erlöse der Gasversorgungsunternehmen und der Gashändler	082	jährlich	Die Bundesergebnisse liegen 12 Monate nach Ende des Berichtszeitraums vor.	<b>Gewinnung, Erzeugung und Bezüge von Gas sowie Wert der Einfuhr</b> <b>Abgabe und Ausfuhr von Gas sowie Erlöse</b> <b>Aufkommen von Gas nach Gasarten</b> <b>Abgabe von Gas sowie Erlöse nach Bundesländern</b>	Unternehmen der Gasversorgung	Totalerhebung
Erhebung über Abgabe, Ein- und Ausfuhr von Erdgas und Erdölgas sowie Erlöse der Produzenten	082P	jährlich	Die Bundesergebnisse liegen 12 Monate nach Ende des Berichtszeitraums vor.	<b>Ein- und Ausfuhr, die Abgabe nach inländischen Abnehmergruppen</b>	Produzenten von Erdgas	Totalerhebung

Link zur Nomenklatur der Wirtschaftszweige (WZ 2008): <https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/Klassifikationen.html>

Link zu den Qualitätsberichten Energiestatistik inkl. Fragebogen: <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Qualitaetsberichte/Energie/EnergieWasserversorgung.html>

### 18.4.1.2 Vergleich der Energiebilanz 2013 mit der Energiebilanz 2012

Die endgültigen Energiebilanzen werden von der AGEB in der Regel im Frühjahr des übernächsten Kalenderjahres veröffentlicht. Um frühzeitiger Daten bereitstellen zu können, wird ab 2009 parallel zu den Auswertungstabellen im Sommer des nächsten Jahres eine Schätzbilanz erstellt, die zum Teil auf anderen Datenquellen beruht.

Im Rahmen der Überprüfung der Energiebilanzen hinsichtlich Qualitätskontrolle und -sicherung durch UNFCCC werden folgende Vergleiche durchgeführt:

- Vergleich der Energiebilanz mit der Energiebilanz für das Vorjahr
- Vergleich der Schätzbilanz mit der Energiebilanz für das Vorjahr
- Vergleich der Energiebilanz mit der Schätzbilanz für dasselbe Jahr

Zur Identifikation signifikanter Abweichungen zwischen Energiebilanzen, die jeweils gesondert zu erläutern sind, werden absolute und relative Abweichungen berechnet. Aus einer Kombination der Kriterien „Abweichungen in TJ“ und „Abweichungen in %“ werden auffällige Positionen nach Energiebilanzspalten und -zeilen analysiert. Als Schwellenwerte werden Abweichungen von 10.000 TJ und 20 % zugrunde gelegt.

Für den Vergleich der Energiebilanz 2013 mit der Energiebilanz 2012 resultieren bei diesen Kriterien 44 Positionen (einschließlich Summen), die in der folgenden Übersicht dargestellt sind und im Folgenden erläutert werden.

Die hier dargestellten Differenzen entsprechen den statistischen Veränderungen gegenüber dem Vorjahr. Ursachen solcher Änderungen bestehen generell u.a. in der Konjunkturerwicklung, Strukturänderungen, Preisänderungen, Witterungseinflüssen und Sonderentwicklungen wie dem Ausstieg aus der Kernenergie. Diese allgemeinen Entwicklungen des Energieverbrauchs und seiner Determinanten 2013 im Vergleich zu 2012 werden in den Jahresberichten der AG Energiebilanzen erläutert.<sup>175</sup>

Der Vergleich der Energiebilanzen dient insbesondere der Kontrolle und Dokumentation der Plausibilität von auffälligen Veränderungen. Bei einigen Bilanzpositionen sind allerdings Änderungen, die mit den oben genannten Kriterien erfasst werden, nicht ungewöhnlich. Dies betrifft z.B. Bestandsänderungen, die sich naturgemäß von Jahr zu Jahr deutlich unterscheiden.

Tabelle 459: Übersicht: Auffällige Positionen beim Vergleich der Energiebilanz 2013 mit der Energiebilanz 2012 – Veränderungen 2013 gegenüber 2012

EB-Spalte	EB-Zeile	TJ	%
Steinkohle	Gewinnung im Inland	-95.035	-29,3
Steinkohle	Fernheizwerke	-17.868	-52,7
Steinkohle	Statistische Differenzen	24.175	215,6
Andere StKP	Einfuhr	-46.218	-100,0
Andere StKP	Energieaufkommen im Inland	-46.218	-100,0
Andere StKP	Ausfuhr	-54.515	-100,0
Andere StKP	Sonstige Energieerzeuger	-12.877	-100,0
Andere StKP	Umwandlungseinsatz insgesamt	-12.877	-100,0
Andere StKP	Kokereien	-13.518	-100,0
Andere StKP	Sonstige Energieerzeuger	-11.830	-100,0
Andere StKP	Umwandlungsausstoß insgesamt	-25.349	-100,0

<sup>175</sup> AG Energiebilanzen: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013. Langer Winter steigert Energienachfrage im Jahr 2013. März 2014. [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de).

EB-Spalte	EB-Zeile	TJ	%
Diesel	Einfuhr	166.881	49,4
Diesel	Bestandsentnahmen	-12.573	-100,0
Diesel	Energieaufkommen im Inland	154.308	44,1
Diesel	Ausfuhr	47.014	24,7
Diesel	PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND	107.189	76,0
HS	Ausfuhr	27.234	32,8
HS	Bestandsaufstockungen	-16.194	-100,0
Erdgas	Ausfuhr	173.919	29,0
Erdgas	Wärmeleistungwerke der allg. Versorgung	-70.645	-21,5
Erdgas	Statistische Differenzen	-76.771	-367,0
Biomasse	Ausfuhr	17.880	43,1
Biomasse	Sonstige Energieerzeuger	17.443	---
Biomasse	Energieverbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	18.098	5.914,4
Biomasse	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen u. übrige Verbraucher	29.449	35,8
Sonstige ET	ENERGIEANGEBOT IM INL.N.UMWANDLUNGSBILANZ	-19.501	-23,8
Sonstige ET	ENDENERGIEVERBRAUCH	-19.501	-23,8
Sonstige ET	Grundstoffchemie	-20.130	-44,4
Sonstige ET	Bergbau, Gew. Steine u. Erden, Verarbeit. Gewerbe insg.	-19.501	-23,8
Strom	PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND	-32.778	39,4
FernW	Kraftwerke	-19.941	-100,0
FernW	Energieverbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	-19.306	-62,9
FernW	Metallerzeugung	-24.938	-94,3
FernW	Gewerbe, Handel, Dienstleistungen u. übrige Verbraucher	13.007	27,2
PET	Ausfuhr	180.904	27,3
PET	Mineralölverarbeitung	11.309	31,3
PET	Sonstige Energieerzeuger	16.916	113,0
PET	Energieverbrauch im Umwandlungsbereich insgesamt	28.637	41,0
PET	Statistische Differenzen	-45.889	-181,0
SET	Bestandsaufstockungen	-21.775	-60,2
SET	PRIMÄRENERGIEVERBRAUCH IM INLAND	180.843	39,4
<b>Summe</b>	<b>Bestandsaufstockungen</b>	<b>-29.135</b>	<b>-39,3</b>
<b>Summe</b>	<b>Sonstige Energieerzeuger</b>	<b>22.542</b>	<b>143,5</b>
<b>Summe</b>	<b>Statistische Differenzen</b>	<b>-53.251</b>	<b>236,5</b>

## Erläuterungen

### *Steinkohle*

Die Gewinnung im Inland ist 2013 stark gesunken.

Fernheizwerke: Rückgang des Brennstoffeinsatzes zur ungekoppelten Wärmeerzeugung in Heizkraftwerken nach Statistik 066.

Statistische Differenzen liegen im normalen Schwankungsbereich.

### *Andere Steinkohlenprodukte*

Ab 2013 werden andere Steinkohlenprodukte in der Energiebilanz nicht mehr erfasst.

### *Diesel*

Der Einfuhrüberschuss von Diesel hat sich 2013 erhöht (AMS).

Dementsprechend sind Energieaufkommen und PEV gestiegen.

### *Heizöl schwer*

Die Ausfuhr von schwerem Heizöl ist gestiegen (AMS).

### *Erdgas*

Die Ausfuhr hat sich 2013 erhöht (StBA).

Der Erdgaseinsatz in Wärmeleistungwerke der allg. Versorgung ist stark gesunken (StBA).

Die statistischen Differenzen sind relativ gering (2013 negativ).

***Biomasse***

Die Ausfuhr von Biokraftstoffen ist nach Angaben des BAFA gestiegen.

Ab 2013 wird unter Sonstige Energieerzeuger der Einsatz von Biogas für Fermenter verbucht (Energieverbrauch im Umwandlungsbereich).

Im GHD-Sektor ist ab 2013 der Holzverbrauch hinzugekommen.

***Sonstige Energieträger***

Der Endenergieverbrauch von sonstigen Energieträgern in der Grundstoffchemie ist stark gesunken.

***Strom***

Der Ausfuhrüberschuss von Strom ist 2013 gestiegen. Der (neg.) PEV ist entsprechend gesunken.

***Fernwärme***

Der Eigenverbrauch für Fernwärmeerzeugung (Energieverbrauch im Umwandlungsbereich) wird ab 2013 nicht separat ausgewiesen (Nettobuchung).

Der Fernwärmeverbrauch der Metallerzeugung 2012 wurde vom StBA nachträglich revidiert (in EB 2012 nicht revidiert).

Der Fernwärmeverbrauch im GHD hat sich erhöht (Restrechnung).

***Primärenergieträger, Sekundärenergieträger, Summe***

Hier spiegeln sich die Abweichungen in den Summen wider.

**18.4.1.3 Vergleich der Schätzbilanz 2014 mit der Energiebilanz 2013**

Eine Übersicht und Erläuterungen zu auffälligen Positionen beim Vergleich der Schätzbilanz 2014 mit der Energiebilanz 2013 liegen dem Umweltbundesamt vor und zeigen die Ergebnisse des Vergleichs.

Die Differenzen zwischen der Schätzbilanz 2014 und der Energiebilanz 2013 entsprechen den zum Zeitpunkt der Erstellung der Schätzbilanz absehbaren Veränderungen gegenüber dem Vorjahr. Ursachen solcher Änderungen bestehen generell u.a. in Konjunktorentwicklung, Strukturänderungen, Preisänderungen, Witterungseinflüssen und Sonderentwicklungen wie der Ausstieg aus der Kernenergie. Diese allgemeinen Entwicklungen des Energieverbrauchs und seiner Determinanten 2014 im Vergleich zu 2013 werden in den Jahresberichten der AG Energiebilanzen erläutert.<sup>176</sup>

Darüber hinaus ist zu beachten, dass zur Erstellung der Schätzbilanzen zum Teil andere Datenquellen als für die endgültigen Energiebilanzen verwendet werden müssen und die Angaben deshalb voneinander abweichen können. Außerdem können Differenzen u.U. auch auf methodischen Änderungen beruhen.

Der Vergleich der Energiebilanzen dient insbesondere der Kontrolle und Dokumentation der Plausibilität von auffälligen Veränderungen. Bei einigen Bilanzpositionen sind allerdings Änderungen, die mit den oben genannten Kriterien erfasst werden, nicht ungewöhnlich. Dies betrifft z.B. Bestandsänderungen, die sich naturgemäß von Jahr zu Jahr deutlich unterscheiden.

---

<sup>176</sup> AG Energiebilanzen: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2014. Dank milder Witterung kräftiger Rückgang des Energieverbrauchs. März 2015. [www.ag-energiebilanzen.de](http://www.ag-energiebilanzen.de).

**18.4.1.4 Vergleich der Energiebilanz 2013 mit der Schätzbilanz 2013**

Eine Übersicht und Erläuterungen zu auffälligen Positionen beim Vergleich der Energiebilanz 2013 mit der Schätzbilanz 2013 liegen dem Umweltbundesamt vor und zeigen die Ergebnisse des Vergleichs.

Die Differenzen zwischen den endgültigen Werten der Energiebilanz und der Schätzbilanz spiegeln Schätzfehler wider. Darüber hinaus ist zu beachten, dass zur Erstellung der Schätzbilanzen zum Teil andere Datenquellen als für die endgültigen Energiebilanzen verwendet werden müssen und die Angaben deshalb voneinander abweichen können. Außerdem können Differenzen u.U. auch auf methodischen Änderungen beruhen.

---

## 18.5 Aktionsplan Energiedaten Inventarverbesserung

Ebenfalls seit 2012 hat das Umweltbundesamt in Zusammenarbeit mit BMWi, AGEB und StBA einen Aktionsplan Energiedaten Inventarverbesserung erarbeitet, in dem dargelegt wurde, wie den Beanstandungen aus der Inventarüberprüfung Rechnung getragen werden soll. Damit wird der Forderung aus Paragraph 39 des Überprüfungsberichts 2011 (FCCC/ARR/2011/DEU) nach einem Aktionsplan entsprochen.

Tabelle 460: Aktionsplan Energiedaten Inventarverbesserung

Nr	Thema	Zuständigkeit	Verantwortlich für die Durchführung	Bezug (Absatz)	Zitat aus Überprüfungsbericht 2011 (FCCC/ARR/2011/DEU)	Instrument zur Umsetzung / Veröffentlichung	Aktivität zur Verbesserung	geplantes / erreichtes Ergebnis	Zeitliche Perspektive	Anmerkung
1	Aktionsplan Energiedaten zur Inventarverbesserung	BMWi/UBA/AGEB/StBA	UBA	39	<i>address review relevant issues in an action plan in the 2011 submission. [...] The ERT reiterates the recommendation of the previous review report that Germany prepare a plan for the remaining abovementioned issues, and to report on it and on any progress achieved in its next annual submission</i>	Aktionsplan; NIR	Für den Inventarbericht 2013 wird erstmals dieser Aktionsplan aufgestellt	abgestimmter Aktionsplan Energiedaten Inventarverbesserung liegt für die Inventarüberprüfung 2012 vor und wird jährlich aktualisiert	laufend	
2.1	Pünktlichkeit der endgültigen Energiebilanz	BMWi/AGEB / StBA/StaLas	BMWi	39	<i>timeliness of reporting [...]</i>	Prozessanalyse Energiedaten; NIR	Für den Inventarbericht 2013 wird das Ergebnis einer Prozessanalyse dargelegt, in dem die Meldewege genauer als bisher beschrieben werden, sowie die Bemühungen und Erfolge, diese zu verkürzen	durch Prozessanalyse, in dem die geltenden Meldewege genauer als bisher beschrieben werden, sowie die Bemühungen und Erfolge, diese zu verkürzen, können Überprüfungsexperten nachvollziehen, dass D alle Optimierungsmöglichkeiten ausgeschöpft hat; Arbeitsstand ist im NIR 2013 dokumentiert	erledigt	
2.2	Pünktlichkeit der endgültigen Energiebilanz	BMWi/AGEB/StBA/StaLas	BMWi/AGEB (nicht für amtliche Daten)/StBA und	137	<i>In the course of the review, the ERT formulated a number of</i>	Prozessanalyse Energiedaten; NIR	Organisationsverbesserungen in den Statistischen	amtliche statistische Daten sollen zukünftig		

Nr	Thema	Zuständigkeit	Verantwortlich für die Durchführung	Bezug (Absatz)	Zitat aus Überprüfungsbericht 2011 (FCCC/ARR/2011/DEU)	Instrument zur Umsetzung / Veröffentlichung	Aktivität zur Verbesserung	geplantes / erreichtes Ergebnis	Zeitliche Perspektive	Anmerkung
			Statistische Landesämter (für amtliche Daten)		<i>recommendations relating to the transparency of background and methodological information (e.g. in the energy[...] sectors), justification and documentation of recalculations (e.g. in the energy[...] sectors)[...] The key sectoral recommendations are that Germany: [...]</i> <i>(b) Improve the timeliness of reporting of the NEB (energy);</i>		Landesämtern. Das Statistische Bundesamt bespricht auf der Referentenbesprechung mit den Ländern, ob und wie eine Verbesserung der Zusammenarbeit gewährleistet werden kann.	früher übermittelt werden als bisher		
3.1	Abweichungen vorläufige und endgültige EB	BMWi/AGEB / StBA/StaLas	AGEB; UBA	39	<i>significant differences between the preliminary and final NEB</i>	QK-Bericht; NIR	Energiedatenkonsistenzanalyse (EDKA)	Feststellung und Klärung der Abweichungen sowie Unterscheidung und Adressierung von a) Informationsdefiziten b) Dokumentationsbedarfen c) Datenproblemen d) methodische Änderungen	fortlaufend	
3.2	Abweichungen vorläufige und endgültige EB	AGEB	AGEB	39	<i>significant differences between the preliminary and final NEB</i>	QK	Von der AGEB wird angestrebt, eine Verringerung der Schätzfehler zu erreichen.	Berichte der AGEB zu Plausibilitätschecks. Die AGEB prüft neue Verfahren und Methoden zur Erstellung der Schätzbilanz. Konkrete Vorschläge dazu wurden vorgelegt (vgl. Bericht des EEFA-Forschungsinstituts zum Thema Schätz - u. Modellansätze zur Erstellung vorl. Energiebilanzen).	fortlaufend	

Nr	Thema	Zuständigkeit	Verantwortlich für die Durchführung	Bezug (Absatz)	Zitat aus Überprüfungsbericht 2011 (FCCC/ARR/2011/DEU)	Instrument zur Umsetzung / Veröffentlichung	Aktivität zur Verbesserung	geplantes / erreichtes Ergebnis	Zeitliche Perspektive	Anmerkung
3.3	Abweichungen vorläufige und endgültige EB	AGEB, UBA	UBA	39	<i>significant differences between the preliminary and final NEB</i>	Inventarbeschreibung	Im Rahmen der Arbeiten an Inventar und Nationalem Inventarbericht 2015 (NIR) werden Abweichungen beschrieben und die Ergebnisse werden im Rahmen einer Differenzdiskussion dargestellt.	Arbeitsstand ist in der Inventarbeschreibung 2015 dokumentiert: Dokumentation, Datenrevision für frühere Jahre, Verringerung von Schätzfehlern	seit 2012 fortlaufend	
4	komplexes Nationales System	BMWi/UBA/ AGEB	UBA	39	<i>The previous review report noted several issues related to Germany's NEB (such as [...] the complexity of the NEB compiling process that may contribute to the problems with regard to timeliness and quality.</i>	NaSE	Austausch über die Ergebnisse der Inventarüberprüfung und Ableitung von Handlungsbedarfen;	Energiedatenworkshop am 16.11.10 Energiedatenworkshop am 05.08.11 Energiedatenworkshop am 27.04.12 Energiedatenworkshop am 07.08.12 Energiedatenworkshop 2013 am 07.05.2013 Energiedatenworkshop 2014 am 05.06.2014		
5	Qualitätssicherung	EEFA/ DIW/ StBA/ AGEB / UBA	AGEB/UBA	39	<i>lack of QA/QC procedures in place for some data sources used to compile the NEB</i>	NIR	gemeinsamen Qualitätsbericht der AGEB in neuen Anhang 2 des NIR 2012 und folgende	the NEB is subject to QA/QC procedures in accordance with the national system	seit 2012 fortlaufend	
6.1	Abweichungen EB mit IEA-Daten	BMWi, AGEB, Fragebogenbeauftragte	BMWi	39	<i>low comparability with the IEA data</i>		gemeinsam im Rahmen des Aktionsplans festzuschreiben	Einführung eines Überleitungsverfahrens zur Sicherstellung der Kompatibilität zwischen Energiebilanz und Fragebogen im Bereich Strom und Wärme (vgl. dazu im Einzelnen Bericht des EEFA-	Abgeschlossen bzw. Fortlaufend	

Nr	Thema	Zuständigkeit	Verantwortlich für die Durchführung	Bezug (Absatz)	Zitat aus Überprüfungsbericht 2011 (FCCC/ARR/2011/DEU)	Instrument zur Umsetzung / Veröffentlichung	Aktivität zur Verbesserung	geplantes / erreichtes Ergebnis	Zeitliche Perspektive	Anmerkung
								Forschungsinstituts an AGEB bzw. BMWi. Die Überleitung wurde im Zuge der umfassenden Revision der Fragebögen erfolgreich umgesetzt. In anderen Bereichen der Fragebögen bzw. Bilanz werden die Bemühungen zur Minimierung von Abweichungen weiter fortgesetzt. Berichte der AGEB zu Plausibilitätschecks Revision des Questionnaires 2003-2011.	Abgeschlossen  Frühjahr 2014	
6.2	Abweichungen EB mit IEA-Daten	BMWi, AGEB, Fragebogenbeauftragte	BMWi	45	<i>The ERT also noted differences between the inventory data and the corresponding IEA data (e.g. for solid fuels exports, the data show differences of over 60 per cent in some recent years [...]) Germany has provided some explanations for the divergences and informed the ERT that it is continuing to investigate these differences. The ERT considers that the differences cause no underestimation of emissions, but reiterates the recommendation of the previous review report that Germany explain the</i>		gemeinsam im Rahmen des Aktionsplans festzuschreiben	Siehe 6.1		
								Geplante Revision der NEB		

Nr	Thema	Zuständigkeit	Verantwortlich für die Durchführung	Bezug (Absatz)	Zitat aus Überprüfungsbericht 2011 (FCCC/ARR/2011/DEU)	Instrument zur Umsetzung / Veröffentlichung	Aktivität zur Verbesserung	geplantes / erreichtes Ergebnis	Zeitliche Perspektive	Anmerkung
					<i>reasons for these differences between its inventory data and the corresponding IEA data in its next annual submission.</i>					
7.1	Verbesserung Gasbilanz	BMWi/StBA/ DIW/UBA/u.a.	StBA	39	<i>significant amount of flaring/losses of natural gas in the NEB that were not transparently accounted for</i>	NIR, EB	Treffen aller Beteiligten Energieexperten, Überprüfung und Umstellung der Datenquelle	the significant amount of flaring/losses of natural gas are taken into account	Apr 12	erledigt
7.2	Verbesserung Gasbilanz	BMWi/StBA/ DIW/UBA/u.a.	StBA	39	<i>significant amount of flaring/losses of natural gas in the NEB that were not transparently accounted for</i>	NIR, EB	Aktualisierung der Gasbilanzen in den Positionen Fackelverluste, sondern u.a. auch auf Gewinnung , Außenhandel, Bestandsveränderung, NEV, EEV in den Energiebilanzen 2005 und Folgende	the significant amount of flaring/losses of natural gas are taken into account with regard to the time series Revision der NEB		erledigt

## 18.6 Unsicherheiten der Aktivitätsraten stationärer Feuerungsanlagen

Siehe NIR 2007, Kapitel 13.6.

## 18.7 CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren

Die CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren wurden für die Berichterstattung 2015 vollständig überarbeitet. Dabei konnte erstmals in großem Umfang auf Daten des Emissionshandels zurückgegriffen werden. Es lagen Daten zu Heizwerten, Emissionsfaktoren, Brennstoffmengen und der Datenqualität vor. Diese Daten wurden einer gründlichen Qualitätskontrolle unterzogen. So wurden nur die Faktoren der Ebene 3 oder 4 (Messung) in die Rechnung einbezogen. Weiterhin wurden Emissionsfaktoren ersetzt, die offensichtlich aus Listenwerten stammten. Manche Stoffströme werden im Emissionshandel nicht eindeutig benannt, was zu fehlerhaften Materialzuordnungen bei festen Brennstoffen führt. Bezüglich der Kohlen konnten diese Fehlallokationen über den Heizwert eindeutig identifiziert und nachträglich umsortiert werden. Braunkohlen und Steinkohlen lassen sich über den Heizwert eindeutig unterscheiden. Aus den qualitätsgeprüften Daten wurden jährlich gewichtete Mittelwerte berechnet. Um überprüfen zu können, ob die ermittelten Faktoren repräsentativ sind, wurden die dahinterliegenden Brennstoffmengen mit denen der Energiebilanz verglichen. Außerdem wurde auf eine weitest gehende Konsistenz zwischen Heizwerten und Emissionsfaktoren geachtet.

Zusätzlich zu den Daten des Emissionshandels wurden noch weitere Datenquellen ausgewertet, Archivdaten gesichtet und eigene Messungen durchgeführt. Für die Rückrechnungen bis 1990 wurden je nach Sachverhalt sehr unterschiedliche Verfahren gewählt. Damit sollte zum einen die Zeitreihenkonsistenz gesichert werden und zum anderen möglichst realitätsnahe Lösungen gefunden werden. Die Herausforderung bestand gut dokumentierte Archivdaten für das Jahr 1990 zu finden, da Dokumente aus dieser Zeit nur in Papierform an unterschiedlichen Institutionen vorlagen. Außerdem werden Daten nur selten über einen Zeitraum von über 20 Jahren aufbewahrt.

Da zum verbleibenden Kohlenstoffgehalt in der Asche keine belastbaren und repräsentativen Daten vorliegen, wird als Oxydationsfaktor 1 angenommen. Das entspricht dem Default-Wert der 2006 IPCC Guidelines.

### 18.7.1 Steinkohlen

Für die Steinkohlen wird ein sektorübergreifender Emissionsfaktor berechnet, was in diesem Fall sicherstellt, dass die Gesamtemissionen möglichst genau ermittelt werden. Einzige Ausnahme bilden die Kokskohlen für die Eisen & Stahlindustrie, die sich deutlich von den Kesselkohlen unterscheiden. Eine weitere Ausnahme bilden die in den Haushalten und übrigen Kleinfeuerungsanlagen eingesetzten Anthrazitkohlen, die deutlich höhere Heizwerte und Kohlenstoffgehalte aufweisen.

Für die übrigen Steinkohlen wurden Emissionshandelsdaten für die Jahre 2005 – 2014 ausgewertet. Es gibt jeweils Stoffströme, die einem bestimmten Herkunftsgebiet zugeordnet werden können. Dadurch ist es möglich, herkunftsspezifische CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren und Heizwerte zu ermitteln. Neben den herkunftsspezifischen Daten gibt es noch eine Menge gemischter Kohlen bzw. Kohlen unklarer Herkunft. Für alle einzelnen Kohlefraktionen (Deutschland, Südafrika, Australien, Indonesien, Kolumbien, Norwegen, Polen, Tschechien, Russland, USA und Venezuela) wurden CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren und Heizwerte bestimmt. Für

die nicht spezifizierbaren sonstigen Steinkohlen wurden ebenfalls gewichtete Mittelwerte berechnet. Um die Emissionsfaktoren zurückrechnen zu können, wurden für die Steinkohlen zwei verschiedenen Rechenvarianten geprüft. Zum einen wurde mit Hilfe der Daten zu den einzelnen Herkunftsgebieten sowie über die Importströme der Steinkohlenstatistik, ein gewichteter Mittelwert für jedes Jahr berechnet. Zum anderen wurde aus den gesamten im Emissionshandel gemeldeten und geprüften Emissionsfaktoren für Steinkohlen ein gewichteter Mittelwert gebildet. Die folgende Abbildung zeigt das Ergebnis des Vergleiches:

Tabelle 461: Vergleich der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für die Steinkohlen

[t CO <sub>2</sub> /TJ]	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Rechnung über Importe	93,874	93,976	93,865	93,924	93,993	94,003	94,181	93,652	93,276	93,888
gewichteter EF aller ETS Daten	93,606	93,940	93,792	94,317	94,121	94,032	94,228	93,675	93,363	93,560
Differenz	0,29%	0,04%	0,08%	-0,42%	-0,14%	-0,03%	-0,05%	-0,02%	-0,09%	0,35%

Da die Differenzen in den meisten Jahren sehr gering sind, können ab dem Jahr 2006 die gewichteten Emissionsfaktoren von allen im Emissionshandel gemeldeten Steinkohlen (außer Eisen & Stahl) verwendet werden - unabhängig vom Herkunftsgebiet. Für die Rückrechnung bis 1990 werden die aus den Emissionshandelsdaten gebildeten herkunftsspezifischen Emissionsfaktoren mit den jeweiligen Importströmen kombiniert. Dadurch entsteht eine konsistente Zeitreihe.

Die folgende Abbildung zeigt die auswertbaren Steinkohlemengen für die im Emissionshandel gemessene Emissionsfaktoren und Heizwerte vorlagen.

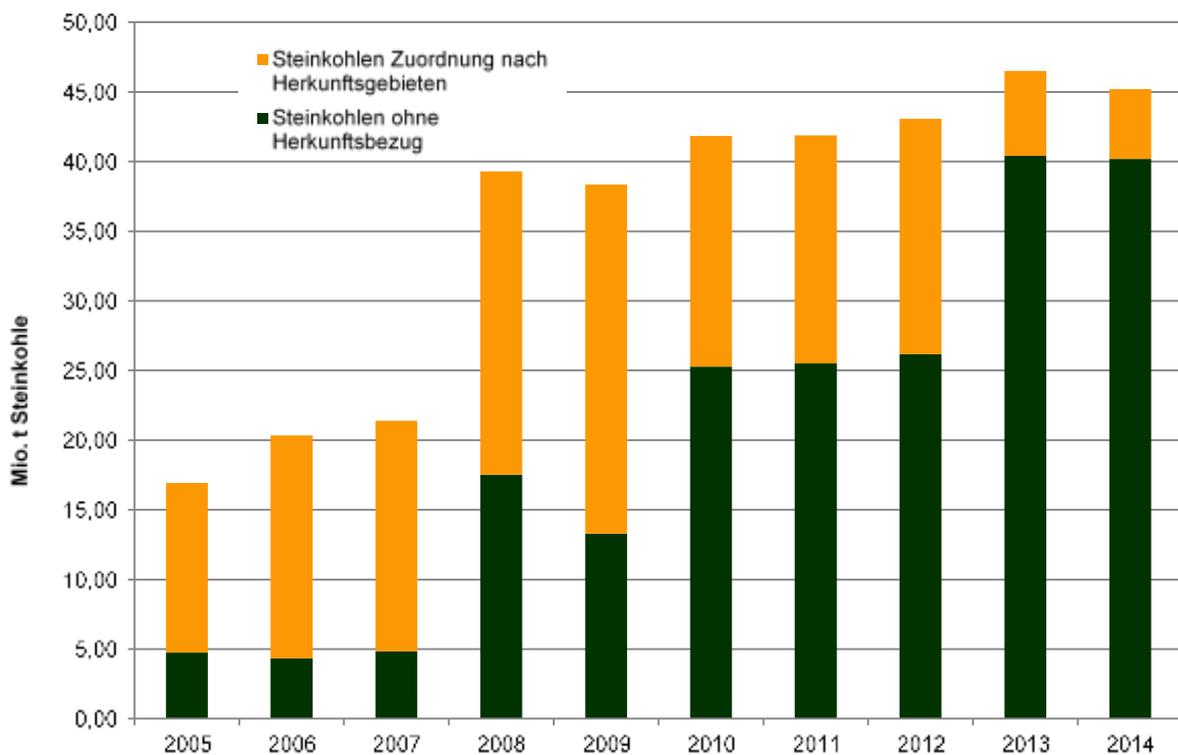


Abbildung 83: Steinkohlemengen für die im Emissionshandel gemessene Emissionsfaktoren und Heizwerte vorliegen

Dabei zeigt sich, dass aufgrund der Änderung der Regelungen die Qualität der Werte, vor allem ab dem Jahr 2008 deutlich ansteigt. Zum anderen fällt auf, dass die Menge der Steinkohlen, die sich eindeutig einem bestimmten Abbauggebiet zuordnen lässt, deutlich

abnimmt. Von daher ist die Bildung eines gewichteten Mittelwertes über alle Steinkohlen, unabhängig von der Herkunft, die fachlich sinnvollste Lösung. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Emissionsfaktoren repräsentativ sind.

Insgesamt wurden sehr gründliche Qualitätsprüfungen durchgeführt und zahlreiche Auswertungen vorgenommen. Die folgende Abbildung zeigt beispielhaft, dass sich zum einen mehr oder weniger deutliche Herkunftsprofile erstellen lassen, zum anderen ein klarer Zusammenhang zwischen Kohlenstoffgehalt und Heizwert besteht.

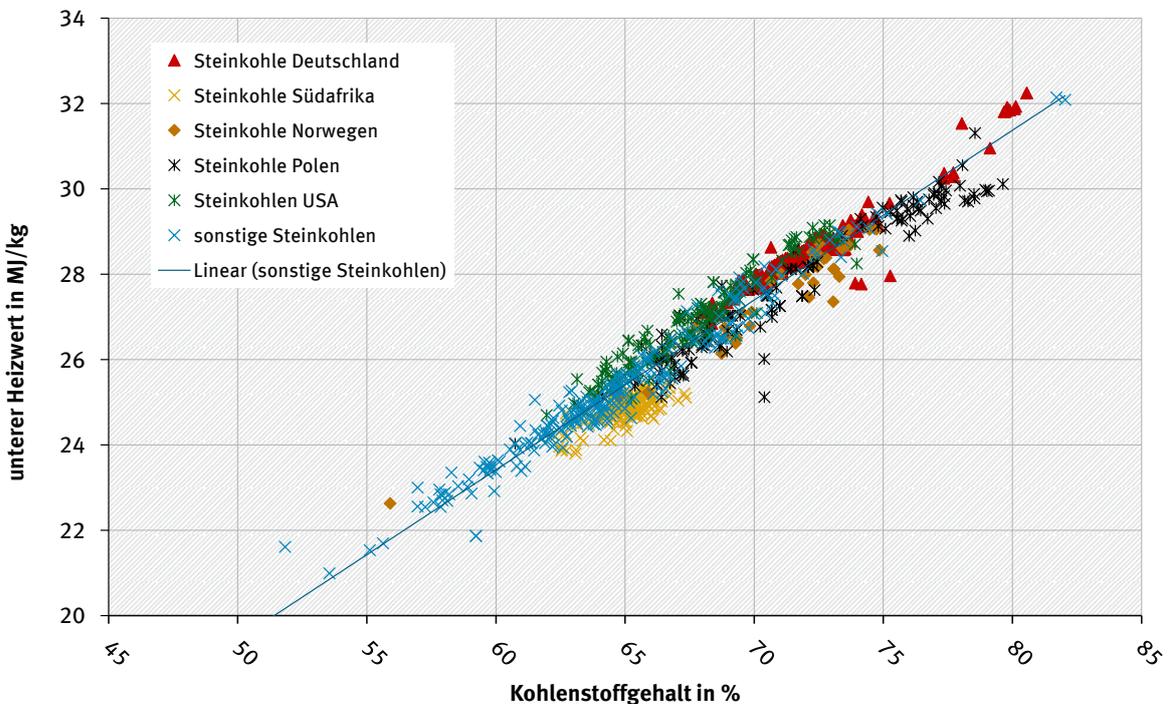


Abbildung 84: Verhältnis zwischen Kohlenstoffgehalten und Heizwerten für verschiedene Steinkohlenqualitäten

Die meisten Steinkohlen haben einen Kohlenstoffgehalt (bezogen auf die Originalsubstanz) zwischen 60 und 75 %. Der Durchschnitt liegt je nach Jahr zwischen 65 und 66 %. Die Steinkohlen im unteren Bereich bis zu einem Kohlestoffgehalt von rund 56 % und einem Heizwert von maximal 22 MJ/kg können als Ballaststeinkohlen bezeichnet werden. Die Steinkohlen im oberen Bereich, ab einem Heizwert von ca. 30 MJ/kg weisen Kokssteinkohlenqualität auf. Die höchsten Kohlenstoffgehalte kommen bei Anthrazit vor.

Die Werte der in Deutschland eingesetzten **Kokssteinkohlen** sind in dieser Grafik nicht enthalten. Die Kokssteinkohlen wurden aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften separat ausgewertet. Außerdem werden für die Eisen & Stahl Industrie bezüglich der Kohlen im Emissionshandel keine auswertbaren Heizwerte gemeldet, so dass für diesen Bereich nur massebezogene Emissionsfaktoren ermittelt wurden. Dementsprechend werden die Kohlemengen ebenfalls in Tonnen bilanziert. Da für diesen Sektor in der Statistik Heizwertangaben größtenteils fehlen, erscheint es sinnvoll, mit natürlichen Einheiten zu rechnen. Nach intensiven Gesprächen mit den zuständigen Fachexperten der Deutschen Emissionshandelsstelle konnten repräsentative Emissionsfaktoren für die in der Eisen & Stahlindustrie eingesetzten Steinkohlen ermittelt werden. Aus dem gleichen Datensatz konnten Emissionsfaktoren für **Steinkohlenkoks**,

**Steinkohlenteer sowie Benzol**, die in der Energiebilanz unter „Andere Steinkohlenprodukte“ zusammengefasst werden.

Bezüglich **Steinkohlenkoks** wurde für alle anderen Industriezweige ein energiebezogener CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor als Mittelwert aus den Emissionshandelsdaten für die Jahre 2005 – 2013 berechnet.

Da die in den Kleinf Feuerungsanlagen eingesetzten **Steinkohlenbriketts** über den Emissionshandel nicht erfasst werden, wurden für diesen Bereich im Rahmen eines Projektes eigene Analysen durchgeführt. Die Werte werden bis zum Jahr 1990 zurückgeschrieben, da für das Basisjahr keine repräsentativen Werte vorliegen.

### 18.7.2 Braunkohlen

Die Rohbraunkohlen, die in der öffentlichen Versorgung eingesetzt werden, können über die Braunkohlenstatistik revierspezifisch zugeordnet werden. Die CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren werden ab dem Jahr 2005 aus den Emissionshandelsdaten ermittelt. Die Kohlenstoffgehalte (bezogen auf die Originalsubstanz) liegen ebenfalls revierspezifisch vor. Die folgende Abbildung soll ein Beispiel geben:

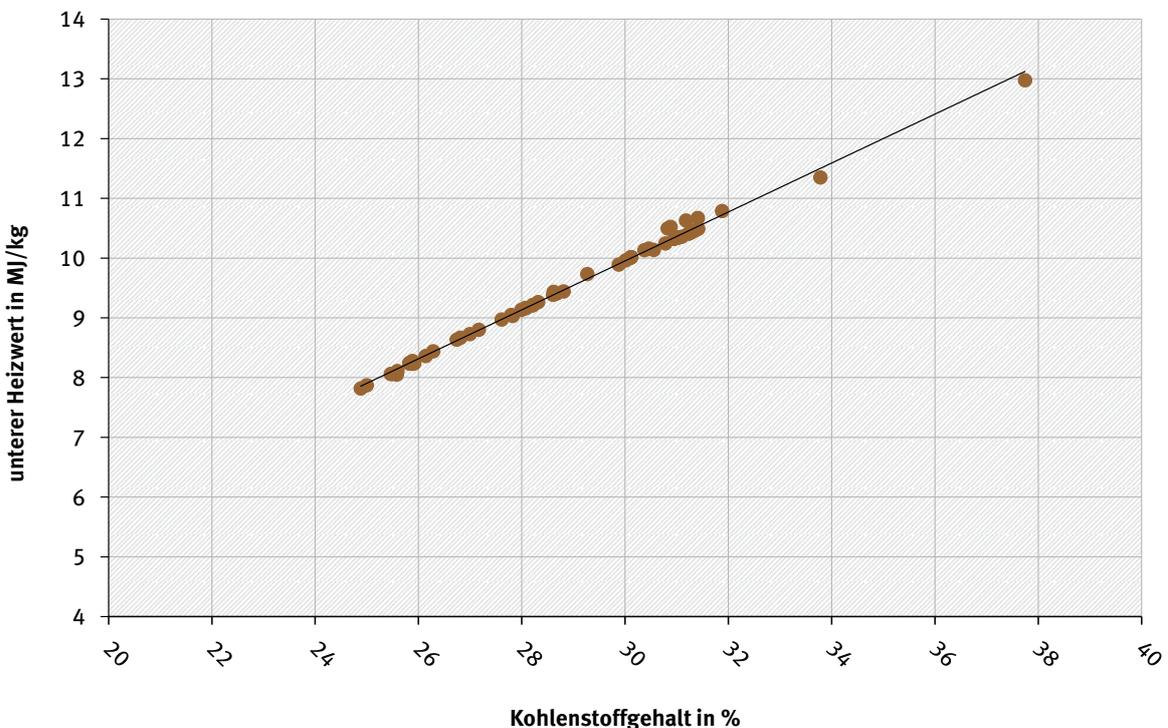


Abbildung 85: Verhältnis zwischen Kohlenstoffgehalten und Heizwerten am Beispiel einer Rohbraunkohlequalität

Bezüglich der Braunkohlen sind die Unterschiede beim Schwefelgehalt größer als bei den Steinkohlen. Da der Schwefelgehalt einen merklichen Einfluss auf den Heizwert und damit auf das Verhältnis zwischen Kohlenstoffgehalt und Heizwert hat, muss die Braunkohle revierspezifisch ausgewertet werden. Die Abbildung 85 zeigt, dass es eine eindeutige Korrelation zwischen Heizwert und Kohlenstoffgehalt gibt. Somit kann über die entsprechende Formel und den für die jeweiligen Jahre bekannten Heizwert, der entsprechende Kohlenstoffgehalt und anschließend der energiebezogene CO<sub>2</sub>

Emissionsfaktor berechnet werden. Dadurch ist eine Rückrechnung bis 1990 und somit die Bildung einer konsistenten Zeitreihe möglich. Sicherlich gibt es Unschärfen, da 1990 vermutlich noch kleinere Gruben in Betrieb waren, die andere Schwefelgehalte aufwiesen. Das lässt sich aber im Nachhinein nicht mehr herausfinden. 1990 wurden kaum Kohlenstoffanalysen durchgeführt, weil dieses Thema damals noch nicht relevant war. Es gibt nur wenige Einzelanalysen, die nicht unbedingt repräsentativ sind. So liegen zum Beispiel für die Hessische Braunkohle, welche bis 2003 gefördert wurde, nur Angaben zum Heizwert vor. Für die Rückrechnung wurde hier ein mittlerer Schwefelgehalt angenommen, der zwischen dem Mitteldeutschen und dem Rheinischen Revier liegt. Mengenmäßig ist diese Kohle kaum relevant. Der Emissionsfaktor ändert sich zwischen 1991 und 1992 sehr stark, weil in diesem Revier zwei Kraftwerke vom Netz gingen, die zwischenzeitlich mit minderwertiger Kohle versorgt wurden.

Für den Rohbraunkohleeinsatz in den Fernheizwerken wird ein gewichteter Emissionsfaktor aus dem Braunkohleeinsatz in der öffentlichen Versorgung berechnet. Für die Industrie und die Kleinverbraucher wurde aus der Absatzstatistik des DEBRIV (Deutscher Braunkohlen Industrie Verein) ein gewichteter Emissionsfaktor berechnet, der sich aus der Verteilung der Reviere ergibt.

Zur Ermittlung der Emissionsfaktoren für die **Braunkohlenbriketts** werden ab dem Jahr 2005 Emissionshandelsdaten verwendet. Daraus werden Jahres- und revierspezifische Mittelwerte gebildet, aus denen mit Hilfe der Absatzstatistik (DEBRIV) ein gewichteter Mittelwert berechnet wird. Die Emissionshandelsdaten können nicht direkt verwendet werden, da sie den Berichtskreis nicht vollständig abdecken. Die Haushalte und Kleinverbraucher nehmen nicht am Emissionshandel teil. Um sicherzustellen, dass die Brennstoffqualitäten gleich sind, wurden die Datenauswertungen aus dem ETS mit eigenen Analysen für Briketts aus dem Haushaltsbereich verglichen. Die Werte passen gut zusammen. Braunkohlenbriketts sind zwar ein standardisiertes Produkt, für das bestimmte Qualitätsmerkmale gelten, trotzdem gibt es revierspezifische Unterschiede, abhängig vom Kohlenstoff- oder Schwefelgehalt der eingesetzten Rohbraunkohlen. Die Rückrechnung bis zum Jahr 1990 erwies sich als deutlich komplizierter als die Berechnung der Rohbraunkohlen. Lediglich für die Rheinischen Braunkohlenbriketts konnten aus ETS Daten 2005 – 2013 ein mittlerer CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor berechnet werden, der auch für die Jahre 1990 – 2004 verwendet werden kann. In den Neuen Bundesländern wurden Anfang der 1990er Jahre sehr viele Brikettfabriken geschlossen, so dass sich die Qualität der Brennstoffe deutlich verändert hat. Aus mitteldeutscher Braunkohle werden gar keine Briketts mehr hergestellt. Dementsprechend sind auch keine aktuellen Messwerte vorhanden. Von daher musste auf Archivdaten zurückgegriffen werden. Es lagen Analysedaten von Mohry 1986 sowie Daten aus dem „Jahresbericht der Kohleindustrie der DDR“ aus dem Jahre 1986 vor. Es stellte sich heraus, dass der bisher für die mitteldeutschen Briketts angenommene Kohlenstoffgehalt deutlich zu hoch war. Bei der Berechnung der Mittelwerte wurde darauf geachtet, dass die Emissionsfaktoren mit den vom DEBRIV veröffentlichten Heizwerten zusammenpassen. Somit konnte für jedes Revier ein jährlicher CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor berechnet werden. Daraus konnten mit Hilfe der vom DEBRIV verfügbaren Absatzstatistik jährliche, gewichtete CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren berechnet werden.

Bezüglich der **Braunkohlenstaub- und Wirbelschichtkohle** ist die Datenlage deutlich einfacher, da aus allen Revieren Daten im Emissionshandel vorliegen. Für die Rückrechnung bis 1990 wurden hier - abhängig von der Datenqualität - Mittelwerte aus den Jahren 2005 bzw. 2008 – 2013 verwendet. Analog zu Rohbraunkohlen und Briketts, wurde auch für die

Braunkohlenstaub- und Wirbelschichtkohlen mit Hilfe der Absatzstatistik (DEBRIV) ein gewichteter CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor berechnet. Ab dem Jahr 2005 werden die CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren aus dem Emissionshandel direkt in die Berechnung eingefügt. Mit Hilfe der Revierspezifischen Absatzstatistik werden dann wie bisher gewichtete Faktoren berechnet.

**Braunkohlenkoks** wird gegenwärtig nur noch in einem Revier hergestellt. Der Herdofenkoks dient im Wesentlichen der stofflichen Nutzung. Da die Brennstoffqualität nur äußerst geringe Schwankungen aufweist, wurde aus den ETS Daten 2008 – 2013 ein Mittelwert gebildet, der bis 1990 zurückgerechnet wurde. Für die neuen Bundesländer lag nur eine Datenquelle vor. Es handelt sich um Analysen aus der Ingenieursschule für Bergbau und Energetik „Ernst Thälmann“ in Senftenberg. Es erscheint aber plausibel, dass der Kohlenstoffgehalt deutlich geringer war, während Asche- und Schwefelgehalt im Vergleich zum rheinischen Koks deutlich höher lagen. Folgerichtig ist der für die neuen Bundesländer berechnete Emissionsfaktor auch niedriger.

Der für 2014 aus den Emissionshandelsdaten ermittelte Emissionsfaktor liegt mit 109,317 t CO<sub>2</sub>/TJ dicht an dem für 2005 – 2013 berechneten Mittelwert von 109,578 t CO<sub>2</sub>/TJ.

Der Datensatz aus der Ingenieursschule für Bergbau und Energetik „Ernst Thälmann“ in Senftenberg enthielt auch Analysen für **Torf, lufttrocken**. Der Heizwert stimmt mit dem in der Energiebilanz verwendeten Heizwert überein. Die Werte für das in den Raffinerien der neuen Bundesländer eingesetzte **Braunkohlenteeröl**, stammen aus derselben Datenquelle.

Für den in den Neuen Bundesländern verwendeten **Braunkohlenteer** lagen keine Daten vor. Alternativ wurden Analysedaten aus dem Forschungsbericht Vertrag Nr. 7220-EB/106 (DEBRIV 1980) verwendet. Braunkohlenteer wird seit dem Jahr 1991 nicht mehr eingesetzt.

Die CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für die **Hartbraunkohlen** können ab dem Jahr 2008 aus ETS Daten generiert werden. In Deutschland werden derzeit nur sehr geringe Mengen an Hartbraunkohle eingesetzt. Um die Emissionsfaktoren bis 1990 zurückrechnen zu können, wurde aus den vorhandenen ETS Daten das Kohlenstoff/ Heizwertverhältnis ermittelt. Mit Hilfe der aus der Braunkohlestistik (DEBRIV) bekannten Heizwerte konnte dann eine konsistente Zeitreihe erstellt werden.

### 18.7.3 Mineralöle

**Rohöl** und **Rohbenzin** werden in Deutschland nicht in Verbrennungsanlagen eingesetzt. Deshalb liegen für diese Rohstoffe im Emissionshandel keine Kohlenstoffgehalte vor. Auch aus anderen Quellen liegen keine Analysewerte vor. Von daher werden die Default-Werte aus den 2006 Guidelines verwendet. Die Faktoren werden nur für das Referenzverfahren sowie für die Raffinerie-Umwandlungsbilanz benutzt. Für **Flugbenzin** und **Schmierstoffe** kommen ebenfalls Default-Werte zur Anwendung.

Zur Berechnung der CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für **Ottokraftstoff** wurde eine umfangreiche Auswertung dem DGMK Forschungsbericht 502-1 „Zusammensetzung von Ottokraftstoffen aus deutschen Raffinerien“ (DGMK 2002) vorgenommen. Im Rahmen der Studie wurden die Bestandteile der Kraftstoffe sehr detailliert untersucht. Als Ergebnis liegt die Konzentration von 113 Einzelsubstanzen sowie 16 Stoffgruppen als Mittelwerte für Normalbenzin, Super und Super Plus aus allen deutschen Raffinerien vor. Über die Kohlenstoffgehalte der angegebenen Stoffe und der dazugehörigen Konzentration konnte für die 3 Kraftstoffqualitäten jeweils ein gewichteter Kohlenstoffgehalt berechnet werden. Aus dem Kohlenstoffgehalt konnte ein

massebezogener Emissionsfaktor berechnet werden. Die folgende Tabelle zeigt die Mittelwerte sowie die Schwankungsbreite der CO<sub>2</sub> Faktoren:

Tabelle 462: Zusammensetzung und Emissionsfaktoren von Ottokraftstoffen

		mittlerer CO <sub>2</sub> EF	Minimum	Maximum	Einheit
<b>Normalbenzin</b>		<b>3,183</b>	<b>3,160</b>	<b>3,206</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/ t</b>
<b>Super</b>		<b>3,185</b>	<b>3,152</b>	<b>3,211</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/ t</b>
<b>Super plus</b>		<b>3,141</b>	<b>3,102</b>	<b>3,176</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/ t</b>
<b>Mit folgender Zusammensetzung:</b>					
	Paraffine	45,30	52,06	41,64	%
<b>Normalbenzin</b>	Aromaten	37,14	28,68	48,12	%
	Sauerstoffverbindungen	0,30	0,32	0,19	%
	Paraffine	40,23	23,32	32,22	%
<b>Super</b>	Aromaten	43,44	47,99	46,30	%
	Sauerstoffverbindungen	2,54	11,52	0,01	%
	Paraffine	33,95	41,60	33,29	%
<b>Super Plus</b>	Aromaten	44,33	34,43	49,19	%
	Sauerstoffverbindungen	10,49	13,44	6,80	%

Als weitere Bestandteile sind noch Naphthene und Olefine zu nennen, die aber kaum einen Einfluss auf den CO<sub>2</sub> Faktor haben. Beim Normalbenzin bestimmt im Wesentlichen der Gehalt an Aromaten die Höhe des CO<sub>2</sub> Emissionsfaktors. Die Aromaten haben durchschnittlich einen höheren Kohlenstoffgehalt als die Paraffine. Der Gehalt an Aromaten im Ottokraftstoff hängt hauptsächlich davon ab, ob auf dem Gelände der Raffinerie auch chemische Grundstoffe hergestellt werden. In diesen Fällen wird versucht, einen möglichst hohen Anteil an Aromaten dem chemischen Produktionsprozess zur Verfügung zu stellen. Beim Ottokraftstoff Super schwankt der Gehalt an Aromaten nur geringfügig. Der CO<sub>2</sub> Faktor wird hier im Wesentlichen durch den Gehalt an Sauerstoffverbindungen (MTBE) bestimmt. Beim Super Plus spielt sowohl der Gehalt an Aromaten als auch der Gehalt an Sauerstoffverbindungen eine Rolle.

Aus den Angaben zum jährlichen Absatz von Normalbenzin, Ottokraftstoff Super und Super Plus (Amtliche Mineralöl-daten) wird ein gewichteter CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor berechnet. Für das Jahr 1990 liegen keine Angaben für die Neuen Bundesländer vor. Deshalb wird in diesem Fall die Aufteilung der einzelnen Kraftstoffqualitäten für das Jahr 1991 auf das Jahr 1990 übertragen. Aus Konsistenzgründen wird aus dem berechneten massebezogenen Emissionsfaktor und dem in der Energiebilanz verwendeten unteren Heizwert ein energiebezogener CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor berechnet. Die so ermittelten Emissionsfaktoren schwanken über die Jahre kaum. Lediglich für das Jahr 2011 ergibt sich es ein auffällig niedriger Emissionsfaktor. Nach der Einführung von E10 (10%iger Anteil an Biokraftstoff im Super) wurde deutlich mehr Super Plus getankt.

Als Grundlage zur Berechnung des Emissionsfaktors für **Dieselmotorkraftstoff** dient der DGMK Forschungsbericht 583: „Zusammensetzung von Dieselmotorkraftstoffen aus Deutschen Raffinerien 1999-2002“. Dabei wurden Proben aus 13 Raffinerien für Sommer- und Winterqualitäten untersucht. Aus den Analyseergebnissen wurden jeweils ein Mittelwert für die Sommer- und ein Mittelwert für die Winterqualität berechnet. In Deutschland ist die Verfügbarkeit von Winterdiesel gesetzlich geregelt. Danach müssen die Tankstellen vom 15.11. bis zum 28.02. Winterdiesel anbieten. Zusätzlich muss noch eine Umstellungsphase berücksichtigt werden, so dass mit einer Nutzung von Winterdiesel von ca. 4 Monaten zu rechnen ist. Demnach fahren die Dieselfahrzeuge 8 Monate lang mit Sommerdiesel. Über diese Verteilung wurde aus den Analyseergebnissen zum Sommer- und Winterdiesel ein gewichteter Emissionsfaktor berechnet.

Die CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für **Heizöl leicht, Petrolkoks, Heizöl schwer** und **Anderen Mineralölprodukte** werden aus Emissionshandelsdaten berechnet. Die jeweiligen Mittelwerte aus den Jahren 2005 – 2013 wurden bis 1990 zurückgeschrieben. Die Grenze zwischen schwerem Heizöl und Anderen Mineralölprodukten ist nicht leicht zu ziehen. Gemäß der Mineralölstatistik wurden die Anderen Mineralölprodukte als Reststoffe aus den Raffinerien definiert und der Emissionsfaktor entsprechend berechnet.

Für das **Raffineriegas** wird aus den ETS Daten ein massebezogener CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor berechnet. Da die jährlichen Schwankungen gering sind, wird hier ein über alle Jahre gleicher Faktor verwendet, der aus den Durchschnittswerten der Jahre 2005 – 2013 gebildet wird. Während die im Emissionshandel angegebenen unteren Heizwerte nur geringe jährliche Schwankungen aufweisen, schwanken die in der Energiebilanz verwendeten Heizwerte teilweise erheblich und weichen von den ETS Daten ab. Die in der Energiebilanz berichteten Raffineriegasmengen stammen aus der Mineralölstatistik. Diese Werte stimmen gut mit den ETS Daten überein. Aus Konsistenzgründen werden zur Inventarerstellung die in der Energiebilanz benutzten unteren Heizwerte verwendet. Der Emissionsfaktor wird dann entsprechend angepasst.

Um die CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für **Flüssiggas** ermitteln zu können, wurde zunächst über die molare Masse der Kohlenstoffgehalt für Butan und Propan berechnet. Der jeweilige Anteil der beiden Komponenten wird im Jahresbericht des Deutschen Verbandes Flüssiggas e.V. veröffentlicht. Auch die Daten bis 1990 wurden vom Verband zur Verfügung gestellt. Über den jeweiligen Anteil der beiden Komponenten wird für alle ein gewichteter Emissionsfaktor berechnet, der durch den in der Energiebilanz verwendeten unteren Heizwert geteilt wird. Die im NIR veröffentlichten Emissionsfaktoren für Flüssiggas gelten nur für den energetischen Verbrauch. Die Daten für die stoffliche Nutzung unterscheiden sich, da in diesem Fall im Gemisch durchschnittlich mehr Butan als Propan enthalten ist. Bei der energetischen Nutzung ist mehr Propan als Butan enthalten.

#### 18.7.4 Gase

Gemäß IPCC Definition der Brennstoffe werden einige gasförmige Brennstoffe den festen Brennstoffen zugeordnet, da diese nach Logik der Guidelines aus festen Brennstoffen entstehen bzw. hergestellt werden. Das gilt für Kokerei- und Stadtgas, Gicht- und Konvertergas sowie für Brenngas. Die sonstigen hergestellten Gase werden den flüssigen Brennstoffen zugeordnet, da diese Gase im Wesentlichen in der Chemischen Industrie entstehen, aus dem Nichtenergetischen Verbrauch von Naphtha und anderen Mineralölprodukten. Diese Zuordnung ist notwendig, um im Referenzverfahren sinnvolle Ergebnisse zu erzielen.

Zur Ermittlung der CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für **Kokereigas, Gichtgas, Konvertergas** und **Erdölgas** werden Emissionshandelsdaten verwendet. Für die Rückrechnung bis 1990 wurden aus den ETS Daten 2005 – 2013 Mittelwerte berechnet, die dann für die Jahre 1990 – 2004 verwendet werden. Da in der Energiestatistik Gicht- und Konvertergas nur als Gasgemisch berichtet werden, wird aus den für beide Gase einzeln ermittelten Emissionsfaktoren und dem Gicht- und Konvertergasaufkommen ein gewichteter Emissionsfaktor berechnet. In den einzelnen Verwendungsbereichen gibt es sicherlich Unterschiede im Mischungsverhältnis. Da die Gicht- und Konvertergasverbrennung im Emissionshandel nur teilweise abgedeckt wird, wird durch die hier angewendete Berechnungsmethode sichergestellt, dass die Gesamtemissionen korrekt berechnet werden.

Bis zum Jahr 1996 wurde in Deutschland noch Stadtgas eingesetzt, das in der Energiebilanz mit dem Kokereigas zusammengefasst wird. Genau wie bei der Gicht- und Konvertergasverbrennung ist auch hier der Anteil vom **Kokereigas und Stadtgas** bei der Verwendungsseite nicht ablesbar. Deshalb wird auch in diesem Fall über das Kokereigas- und das Stadtgasaufkommen ein gewichteter Emissionsfaktor berechnet. Die Werte für das **Stadtgas** stammen von der GASAG und DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH Leipzig. Es liegen detaillierte Analysen für die Jahre 1989 bis 1991 vor. Diese unterschiedlichen Gase wurden zu einer einigermaßen gleichbleibenden Stadtgasqualität zusammengemischt. Zum jeweiligen Mischungsverhältnis der Gasfraktionen für die Sommer- und Winterqualität liegen ebenfalls Information der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH Leipzig vor. Die Emissionsfaktoren wurden entsprechend gewichtet. Die Werte für das ausschließlich in den Neuen Bundesländern verwendete **Brenngas** stammen aus dem Datensatz der Ingenieursschule für Bergbau und Energetik „Ernst Thälmann“ in Senftenberg. Der Begriff Brenngas ist nicht klar definiert. Da dieses Gas vornehmlich in den Grubenkraftwerken eingesetzt wurde, ist davon auszugehen, dass sich um ein braunkohlebasierendes Gas handelt. Die Zusammensetzung dieser Gase kann aber sehr unterschiedlich sein. Dementsprechend sind auch die Emissionsfaktoren sehr unterschiedlich. Sie liegen in einem Bereich von 118,6 – 131 t CO<sub>2</sub>/TJ. Im Sinne eines konservativen Ansatzes, um die Basisjahremissionen nicht zu überschätzen, wird für die Inventarerstellung der niedrigste Emissionsfaktor verwendet. Im Energiewirtschaftlichen Jahresbericht 1989 wird für sonstiges Gas ein Heizwert von 5,3 MJ/Nm<sup>3</sup> ausgewiesen, was auf einen höheren Emissionsfaktor hinweist. Da in der Energiebilanz Kokereigas, Stadtgas und Brenngas zusammengefasst berichtet werden, sind die Heizwerte der einzelnen Gase nicht mehr feststellbar.

**Sonstige hergestellte Gase** werden im Wesentlichen in der Chemischen Industrie eingesetzt. Unter diesem Begriff werden sowohl hochkalorische Gase, mit einem hohen Wasserstoffanteil, als auch niederkalorische Fackelgase mit einem hohen Stickstoffanteil zusammengefasst. Der Emissionsfaktor wurde aus Emissionshandelsdaten für die Chemische Industrie berechnet. Dabei wurde der Mittelwert aus den Jahren 2008 – 2013 gebildet. Da sich die Heizwertangaben zwischen der Energiestatistik und dem Emissionshandel deutlich unterscheiden, die angegebenen Mengen in Kubikmeter aber gut zusammenpassen, wurde hierfür somit ein Emissionsfaktor berechnet, der sich auf diese natürliche Einheit bezieht. Aus Konsistenzgründen wird für die Inventarerstellung mit dem in der Energiestatistik verwendeten Heizwert gerechnet.

Für **Grubengas** wird über die vom Steinkohlenverband angegebene verwertete Methanmenge und die in der Energiebilanz angegebene Gesamtmenge in Kubikmetern ein Methangehalt ausgerechnet. Über die entsprechende Gaszusammensetzung wird ein CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor berechnet. Da sich in einigen Jahren statistische Differenzen ergeben, wird, im Sinne eines konservativen Ansatzes mit dem niedrigsten Methangehalt gerechnet.

Da die im Emissionshandel verbuchte **Erdgas**menge nicht repräsentativ ist und häufig Default-Emissionsfaktoren verwendet werden, wurden in dem Projekt: „Messungen der Erdgasqualität an verschiedenen Stellen im Netz zur Ableitung bzw. Verifizierung von durchschnittlichen Emissionsfaktoren und Heizwerte von Erdgas“ (2014), von der DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH Leipzig eigene Analysen durchgeführt. Dabei wurden an 32 Standorten Deutschlandweit Messungen vorgenommen. Die Messstellen wurden so ausgewählt, dass alle wichtigen Importgase sowie die Eigenförderung erfasst wurden. Außerdem wurde ein in Deutschland verteiltes Gemisch analysiert. In den Fällen, in denen die Messung an einem

Grenzübergabepunkt nicht möglich war, wurden alternative Messstellen gefunden. Die Schwankungsbreite der CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren innerhalb der Gasqualitäten ist sehr gering. Aber auch insgesamt schwanken die Werte nur geringfügig. Analog zu anderen Brennstoffen werden auch beim Erdgas keine sektorspezifischen Emissionsfaktoren ermittelt. Das ist in diesem Fall aufgrund der Datenlage nicht möglich. Von daher erscheint es realistischer, auf nationaler Ebene gewichtete Emissionsfaktoren zu ermitteln. Die Berechnung erfolgt auf Grundlage der vorgenommenen Messungen und der Importströme sowie der Eigenproduktion.

### 18.7.5 *Abfall und Sonderbrennstoffe*

Für den **Abfall** wird gemäß VDI 3460 ein Kohlenstoffgehalt angenommen. Die Datenquelle für die Heizwerte ist die Energiestatistik. Die Daten für die **Sonderbrennstoffe** stammen aus dem Projekt: „Einsatz von Sekundärbrennstoffen“ (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02). Diese Daten müssen noch mit Hilfe der Emissionshandelsdaten überprüft und gegebenenfalls korrigiert werden. Für Brennstoffe mit einem relevanten Biomasseanteil ist ein Vergleich mit ETS-Daten generell schwierig, da der Emissionsfaktor nicht in jedem Fall den Biomasseanteil berücksichtigt. Außerdem sind die Bezeichnungen im ETS nicht immer eindeutig. Da die Heizwerte der Sonderbrennstoffe deutlich stärker variieren als die der konventionellen Brennstoffe, ist eine eindeutige Identifikation über den Heizwert nicht möglich. Von daher ist ein solcher Vergleich deutlich aufwendiger. Während für die konventionellen Brennstoffe weitestgehend sektorübergreifende Emissionsfaktoren ermittelt werden, muss bei den Sonderbrennstoffen sektorspezifisch gerechnet werden.

Für wenige Sonderbrennstoffe konnten bereits Emissionshandelsdaten ausgewertet werden. Das betrifft **Altöl** und **Altkunststoff**. Diese Werte werden für die Kohlenstoffbilanz der Eisen & Stahlindustrie verwendet. Der Emissionsfaktor für **Altreifen** wurde aus ETS Daten aus dem Jahr 2010 berechnet.

### 18.7.6 *Biomassebrennstoffe*

Die Emissionsfaktoren für die Biomassebrennstoffe, die als **Ersatzbrennstoffe** in der Industrie eingesetzt werden, stammen ebenfalls aus dem Projekt: „Einsatz von Sekundärbrennstoffen“ (UBA 2005b, FKZ 204 42 203/02). Die CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für **Holz** stammen aus dem Forschungsbericht „Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung“ (STRUSCHKA 2008).

Zur Berechnung der CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für **Biogas**, **Deponiegas** und **Klärgas** wurden zunächst Heizwerte aus der Energiestatistik ausgewertet. Aus den Heizwerten für die Jahre 2009 – 2011 wurden jeweils Mittelwerte berechnet. Aus diesem Heizwert wurde jeweils ein Methangehalt bestimmt. Da diese Gase neben Methan hauptsächlich aus Kohlendioxid und zu einem geringen Anteil aus Stickstoff bestehen, wird der Heizwert durch den Methangehalt bestimmt. Außerdem sind in den Biogasen noch Sonstige Kohlenwasserstoffe enthalten, deren Anteil ca. 1 % beträgt. Mit Hilfe dieser Gaszusammensetzung wurde ein CO<sub>2</sub> Emissionsfaktor berechnet.

Der Emissionsfaktor für **Bioethanol** wurde über die Anzahl der Kohlenstoffatome sowie die molare Masse von Ethanol berechnet. Der Heizwert wird vom Bundesverband der Deutschen Bioethanolwirtschaft veröffentlicht. Für **Biodiesel** liegen keine eigenen Analysen vor. Deshalb wird der Default-Emissionsfaktor aus den 2006 IPCC Guidelines verwendet.

Zur Bestimmung der CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren von **Klärschlamm, Altholz und Tiermehl** wurden Daten aus dem Emissionshandel ausgewertet. Für Tiermehl und Altholz wurde aus den von 2005 bis 2014 vorliegenden Daten zu Kohlenstoffgehalt und Heizwert der Median gebildet. Für Klärschlamm wurden zusätzlich Daten von kommunalen Entsorgern in die Auswertung einbezogen. Da Klärschlämme sowohl im Originalzustand als auch im getrockneten Zustand eingesetzt werden, reicht das Heizwertspektrum von < 1 MJ/kg bis 18 MJ/kg. Daraus folgend ist die Standardabweichung für die CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren so hoch, dass die Bildung eines Mittelwertes oder Median nicht zielführend wäre. Da der Kohlenstoffgehalt sehr gut mit dem Heizwert korreliert, kann aus der graphischen Darstellung eine entsprechende Formel abgeleitet werden (siehe folgende Abbildung).

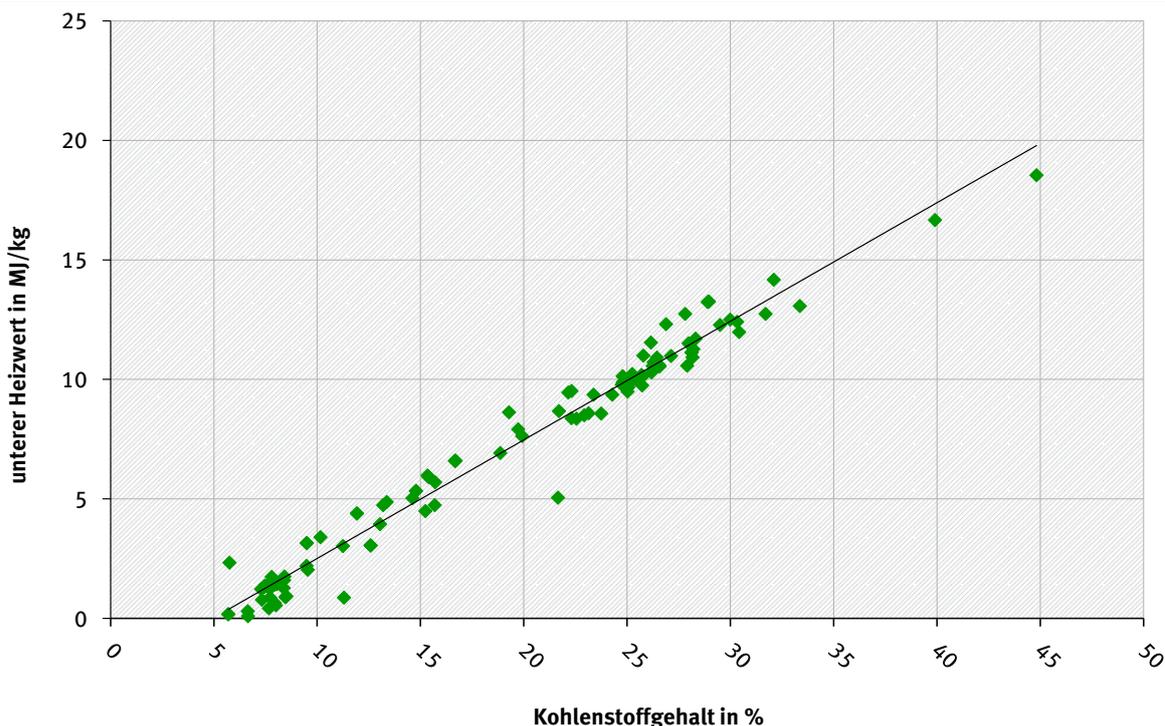


Abbildung 86: Verhältnis zwischen Kohlenstoffgehalten und Heizwerten für verschiedene Klärschlämme

Dadurch können mit Hilfe der in der Energiestatistik angegebenen Heizwerte für die Mitverbrennung und den Heizwerten für die Monoverbrennung die dazugehörigen Kohlenstoffgehalte und Emissionsfaktoren berechnet werden.

### **18.7.7 Liste der abgeleiteten Kohlendioxid-Emissionsfaktoren für Energie & Industrieprozesse**

In den folgenden Tabellen geben einen Überblick über die im Inventar verwendeten Kohlendioxid-Emissionsfaktoren.

Tabelle 463: Für die Emissionsberichterstattung abgeleitete Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub> ab 1990, Energie

Brennstoffbezogene Emissionsfaktoren	Einheit	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Kohlen</b>														
<b>Steinkohle</b>														
Steinkohle roh (Kraftwerke, Industrie)	t CO <sub>2</sub> /TJ	93,1	93,1	93,5	93,9	93,9	93,8	94,3	94,1	94,0	94,2	93,7	93,4	93,6
<b>Steinkohlenbriketts</b>	t CO <sub>2</sub> /TJ	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9	95,9
<b>Steinkohlenkoks (ohne Eisen &amp; Stahl)</b>	t CO <sub>2</sub> /TJ	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1	108,1
Steinkohlenkoks Eisen & Stahl	t CO <sub>2</sub> /t	3,29	3,26	3,23	3,19	3,18	3,16	3,17	3,17	3,18	3,17	3,17	3,20	3,21
Anthrazit (Wärmemarkt Haushalte, Kleinverbrauch)	t CO <sub>2</sub> /TJ	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6	97,6
Balaststeinkohle Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	95,2												
Kokskohlen Deutschland	t CO <sub>2</sub> /t	2,96	2,93	2,90	2,87	2,86	2,86	2,85	2,85	2,86	2,85	2,86	2,85	2,89
Steinkohlen Eisen & Stahl	t CO <sub>2</sub> /t	2,92	2,92	2,92	2,95	2,99	2,96	2,91	2,86	2,89	2,89	2,91	2,96	2,96
<b>Andere Steinkohlenprodukte</b>	t CO <sub>2</sub> /t	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,30	3,27	3,29	3,29	3,30	3,30	3,32	3,32
Steinkohlenteer	t CO <sub>2</sub> /t	3,27	3,27	3,27	3,28	3,28	3,28	3,24	3,26	3,27	3,27	3,28	3,31	3,31
Benzol	t CO <sub>2</sub> /t	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,38	3,36
<b>Braunkohle</b>														
<b>Rohbraunkohlen</b>														
öffentliche Fernheizwerke Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		111,7	110,8	111,1	111,2	111,3	111,5	111,4	110,7	110,7	111,0	110,7	110,9
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	113,8												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	110,0												
Industrie, Kleinverbrauch Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		106,0	109,8	108,2	107,3	107,4	106,5	106,1	106,3	106,0	105,0	105,1	103,8
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	114,7												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	107,7												
öffentliche Kraftwerke Revier:														
Rheinland	t CO <sub>2</sub> /TJ	114,8	113,9	113,1	113,2	113,5	113,5	113,8	113,6	113,3	113,3	113,2	113,0	113,1
Helmstedt	t CO <sub>2</sub> /TJ	98,7	98,7	98,7	98,7	98,7	98,7	95,2	97,3	96,7	101,7	97,9	103,3	101,1
Hessen	t CO <sub>2</sub> /TJ	112,2	103,2	103,5	NO									
Lausitz	t CO <sub>2</sub> /TJ	111,2	111,3	111,5	111,2	111,3	111,3	112,2	112,0	110,6	109,9	111,0	110,3	111,2
Mitteldeutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ	105,7	103,9	102,9	104,0	103,9	103,5	103,4	103,3	103,4	103,4	102,8	102,9	102,8
<b>Braunkohlenbriketts</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		98,3	99,0	99,3	99,0	99,6	99,8	99,4	99,0	99,3	99,3	99,1	99,6
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	99,5												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	96,6												
<b>Braunkohlenteer</b> Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	82,9												
<b>Braunkohlenteeröl</b> Neue Bundesländer		78,6												
<b>Braunkohlenstaub und -wirbelschichtkohle</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		97,6	98,1	98,1	98,1	97,9	98,0	97,8	98,0	98,1	98,0	98,0	98,1
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	98,3												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	96,1												
<b>Braunkohlenkoks</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		109,6	109,6	109,6	109,6	109,6	109,6	109,6	109,6	109,6	109,6	109,6	109,6
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	109,6												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	100,2												
<b>Torf</b> Alte Bundesländer, Deutschland		101,8	101,8	101,8	101,8	101,8	NO							
<b>Hartbraunkohle</b>	t CO <sub>2</sub> /TJ	96,4	96,4	96,5	NO	96,6	95,7	96,7	95,5	94,9	94,8	94,9	94,2	95,6

Brennstoffbezogene Emissionsfaktoren	Einheit	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Mineralöle</b>														
<b>Erdöl roh</b> 4)	t CO <sub>2</sub> /TJ	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3
<b>Ottokraftstoff</b>	t CO <sub>2</sub> /TJ	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,1	73,0	73,1	73,1	73,1
<b>Rohbenzin</b> Deutschland 4)	t CO <sub>2</sub> /TJ		73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3
Alte Bundesländer 4)	t CO <sub>2</sub> /TJ	73,3												
Neue Bundesländer 4)	t CO <sub>2</sub> /TJ	73,3												
<b>Kerosin</b> 4)	t CO <sub>2</sub> /TJ	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3
<b>Flugbenzin</b> 4)	t CO <sub>2</sub> /TJ	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0	70,0
<b>Dieselmotorkraftstoff</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	74,0												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	74,0												
<b>Heizöl leicht</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	74,0												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	74,0												
<b>Heizöl schwer</b>	t CO <sub>2</sub> /TJ	79,8	79,8	79,8	79,6	79,7	79,8	80,1	79,0	79,7	79,9	80,1	80,0	81,3
<b>Petroleum</b>	t CO <sub>2</sub> /TJ	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0
<b>Petrolkoks</b> (ohne Katalysatorabbrand)	t CO <sub>2</sub> /TJ	94,8	94,8	94,8	94,8	94,8	94,8	95,0	94,2	94,6	95,4	94,7	95,1	95,7
<b>Flüssiggas</b> Deutschland (energetischer Verbrauch)	t CO <sub>2</sub> /TJ		65,3	64,4	65,3	65,4	66,6	65,2	65,3	65,3	65,4	65,4	65,4	65,5
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	65,6												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	65,6												
<b>Raffineriegas</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		56,9	56,7	57,0	57,1	57,6	57,9	62,2	65,4	61,3	62,3	62,3	61,2
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	54,6												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	54,6												
<b>Andere Mineralölprodukte</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		82,1	82,1	82,1	82,1	82,1	82,1	82,5	82,5	82,8	82,9	82,6	82,7
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	82,1												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	82,1												
<b>Schmierstoff</b> 4)	t CO <sub>2</sub> /TJ	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3	73,3
<b>Gase</b>														
<b>Kokereigas</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		41,0	41,0	40,7	41,1	40,6	40,9	41,1	40,3	41,6	41,2	41,8	41,2
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	41,0												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	43,6												
<b>Kokerei- und Stadtgas</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		42,6											
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	43,2												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	58,3												
<b>Gicht- und Konvertergas</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		257,1	258,7	252,9	256,6	249,4	257,5	265,9	259,7	264,7	263,5	259,5	256,8
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	264,6												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	264,6												
<b>Brenngas</b> Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	118,4												
<b>sonstige hergestellte Gase</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /1000 m <sup>3</sup>	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77

Brennstoffbezogene Emissionsfaktoren	Einheit	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Naturgase</b>														
<b>Erdgas</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		55,8	55,8	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9	55,9
Alte Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	55,7												
Neue Bundesländer	t CO <sub>2</sub> /TJ	55,5												
<b>Erdölgas</b>	t CO <sub>2</sub> /TJ	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9	61,9
<b>Grubengas</b>	t CO <sub>2</sub> /TJ	68,1	68,1	68,1	68,1	68,1	68,1	68,1	68,1	68,1	68,1	68,1	68,1	68,1
<b>Abfall</b>														
<b>Hausmüll, Siedlungsabfall</b>	t CO <sub>2</sub> /TJ	109,6	96,9	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5
<b>Industriemüll</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		71,1	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1	71,1
Alte Bundesländer 2)	t CO <sub>2</sub> /TJ	73,9												
Neue Bundesländer 2)	t CO <sub>2</sub> /TJ	74,9												
<b>Sonderabfall</b> Deutschland	t CO <sub>2</sub> /TJ		83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0	83,0
<b>Sonderbrennstoffe 1)</b>														
Altöl	t CO <sub>2</sub> /t	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7	75,7
Altkunststoff	t CO <sub>2</sub> /t	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9	80,9
Altreifen	t CO <sub>2</sub> /TJ	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4	88,4
Bleicherde	t CO <sub>2</sub> /TJ	NO	78,2	78,2	78,2	78,2	78,2	78,2	78,2	78,2	78,2	78,2	78,2	78,2
Klärschlamm ( 2 MJ/kg )	t CO <sub>2</sub> /TJ	NO	NO	NO	168,9	168,9	168,9	168,9	168,9	168,9	168,9	168,9	168,9	168,9
Klärschlamm ( 4 MJ/kg )	t CO <sub>2</sub> /TJ	NO	NO	NO	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4	120,4
Klärschlamm ( 6 MJ/kg )	t CO <sub>2</sub> /TJ	NO	NO	NO	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2	104,2
Klärschlamm ( 8 MJ/kg )	t CO <sub>2</sub> /TJ	NO	NO	NO	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1	96,1
Klärschlamm ( 10 MJ/kg )	t CO <sub>2</sub> /TJ	NO	NO	NO	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3	91,3
Lösemittel (Abfall)	t CO <sub>2</sub> /TJ	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2	74,2
<b>Biomasse-Brennstoffe 3)</b>														
Ablaugen Zellstoffherstellung	t CO <sub>2</sub> /TJ	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0
Faser-/Deinking-Rückstände	t CO <sub>2</sub> /TJ	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9	54,9
Brennholz naturbelassen	t CO <sub>2</sub> /TJ	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1	102,1
Holzabfälle, Resthölzer (Industrie)	t CO <sub>2</sub> /TJ	107,8	107,8	107,8	107,8	107,8	107,8	107,8	107,8	107,8	107,8	107,8	107,8	107,8
Holzabfälle, Resthölzer (Kleinverbraucher)	t CO <sub>2</sub> /TJ	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4	101,4
Rinde	t CO <sub>2</sub> /TJ	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6	80,6
Tiermehle und -fette	t CO <sub>2</sub> /TJ	85,8	85,8	85,8	85,8	85,8	85,8	85,8	85,8	85,8	85,8	85,8	85,8	85,8
Biogas	t CO <sub>2</sub> /TJ	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6	90,6
Deponiegas	t CO <sub>2</sub> /TJ	111,4	111,4	111,4	111,4	111,4	111,4	111,4	111,4	111,4	111,4	111,4	111,4	111,4
Klärgas	t CO <sub>2</sub> /TJ	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9	104,9
Bio-Ethanol	t CO <sub>2</sub> /TJ	NO	NO	NO	71,6	71,6	71,6	71,6	71,6	71,6	71,6	71,6	71,6	71,6
Biodiesel 4)	t CO <sub>2</sub> /TJ	NO	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8	70,8

Brennstoffbezogene Emissionsfaktoren	Einheit	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Sonstige Faktoren</b> Einheit [kg/t]														
Rauchgasentschwefelung		440,0	440,0	440,0	440,0	440,0	440,0	440,0	440,0	440,0	440,0	440,0	440,0	440,0

- 1) Brennstoffe nach Definition der Inventardaten können bei den Bezeichnungen von anderen Normen abweichen und sind nur bei Inventarausweisung benannt und mit EF unterlegt.
- 2) Jährliche Änderung des EF aufgrund der unterschiedlichen Anteile von Feuerungsanlagen und Betriebseigenen Anlagen. 1990 bis 1994 jeweils einzeln für Alte Bundesländer / Neue Bundesländer
- 3) Nennung für ausgewählte Brennstoffe, wobei errechnete CO<sub>2</sub>-Emissionen nur nachrichtlich übermittelt werden und nicht in die Gesamtmengen des Inventars eingehen, Biomasseanteile aus Sonderbrennstoffen (s.o.) sind nicht gesondert aufgeführt, weil die CO<sub>2</sub>-EF nicht unterschieden werden.
- 4) Defaultwerte

**Anm.:** Bei der Verwendung von Stoffwerten aus dem NIR im Rahmen des ETS sind die Hinweise und FAQ der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) zu beachten.

Tabelle 464: Für die Emissionsberichterstattung abgeleitete Emissionsfaktoren für CO<sub>2</sub> ab 1990, Industrieprozesse

Einheit [kg CO <sub>2</sub> / t (Rohstoff oder Produkt)]	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
2.A.1 Produktion von Zementklinker	530,00	530,00	530,00	530,00	530,00	530,00	530,00	530,00	530,00	530,00	530,00	530,00	530,00
2.A.2 Produktion von Branntkalk	746,00	746,00	746,00	746,00	746,00	746,00	746,00	746,00	746,00	746,00	746,00	746,00	746,00
2.A.2 Produktion von Dolomitmalk	867,00	867,00	867,00	867,00	867,00	867,00	867,00	867,00	867,00	867,00	867,00	867,00	867,00
2.A.3 Produktion von Behälterglas	193,00	193,00	193,00	193,00	193,00	193,00	193,00	193,00	193,00	193,00	193,00	193,00	193,00
2.A.3 Produktion von Flachglas	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00	208,00
2.A.3 Produktion von Wirtschaftsglas	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00	120,00
2.A.3 Produktion von Spezialglas	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00	113,00
2.A.3 Produktion von Glasfasern	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00	198,00
2.A.3 Produktion von Steinwolle	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00	299,00
2.A.3 Produktion von Glas (alle Glasarten inkl. Scherbeneinsatz)	118,94	115,64	112,76	115,53	115,60	110,02	109,78	109,91	115,70	113,75	116,30	118,54	119,49
2.A.4.a Produktion von Mauerziegeln	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10	29,10
2.A.4.a Produktion von Dachziegeln	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60	28,60
2.A.4.b Verwendung von Soda	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
2.B.1 Produktion von Ammoniak	2.405,10	2.410,30	2.340,40	2.372,80	2.310,40	2.363,90	2.383,50	2.492,10	2.377,50	2.350,70	2.421,50	2.353,50	2019,60
2.B.5 Produktion von Calciumcarbid	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2.B.7 Produktion von Soda	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
2.B.8 Petrochemie	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00	28,00
2.B.8.f Produktion von Ruß	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960	1960
2.C.1 Produktion von Elektrostahl	8,50	7,374	7,374	7,374	7,374	7,374	7,374	7,374	7,374	7,374	7,374	7,374	7,374
2.C.1 Produktion von Oxygenstahl, Kalksteineinsatz	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00
2.C.2 Produktion von Ferrolegierungen	1500,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00	110,00
2.C.3 Produktion von Hüttenaluminium	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00	1367,00
2.C.5 Produktion raff. Blei (D)		371,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00
2.C.5 Produktion raff. Blei (ABL)	434,00												
2.C.5 Produktion raff. Blei (NBL)	200,00												
2.C.6 Zinkproduktion: Hütten- und Umschmelzzink	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00	1720,00

C Vertrauliche Daten

ABL/NBL/D = Bezugsangabe: alte Bundesländer/ neue Bundesländer/ Deutschland gesamt

**Anm.:** Bei der Verwendung von Stoffwerten aus dem NIR im Rahmen des ETS sind die Hinweise und FAQ der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt) zu beachten.

## 18.8 Analyse der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der nichtenergetischen Verwendung von Energieträgern

In Deutschland werden Kohle, Öl und Gas weit überwiegend zu energetischen Zwecken genutzt. Ein Anteil der Kohlen, der Mineralöle und der Gase wird jedoch auch als Rohstoff (Feedstock) für Herstellungsprozesse verwendet – dies wird als der Nicht-Energetische Verbrauch (NEV) bilanziert.

In der deutschen Energiebilanz wird er in Zeile 43 separat ausgewiesen. Die chemische Industrie ist der dominierende Verbraucher von fossilen Energieträgern zu nichtenergetischen Zwecken. So werden fossile Energieträger in Crackern, im Reforming, in der Synthesegasherstellung und in der Herstellung von Graphitelektroden eingesetzt. Die wichtigsten Folgeprodukte dieser Prozesse sind für Cracker und Reforming Ethylen, Propylen, 1,3-Butadien, Benzol, Toluol und Xylol und für Synthesegas Ammoniak und Methanol. In Raffinerien werden Bitumen, Schmierstoffe und Paraffinwaxse gewonnen. Bitumen wird u.a. für Straßenbeläge oder Bitumendachbahnen verwendet. Schmierstoffe werden u.a. im Straßenverkehr und in Maschinen eingesetzt. Ein Vergleich zwischen den in der Zeile 43 der Energiebilanz aufgelisteten Verbräuchen und den im Inventar unter Industrieprozesse berichteten Emissionen von CO<sub>2</sub> und NMVOC aus dem Einsatz von fossilen Energieträgern in Nicht Energetischen Verwendungen ist ohne Anpassung nicht möglich. Denn bei den Industrieprozessen werden nur Emissionen bei der Herstellung oder Nutzung der Produkte betrachtet während in der Zeile 43 der gesamte Feedstock im Vordergrund steht. Dieser setzt sich zusammen aus prozessspezifischen Emissionen und den Kohlenstoffmengen, die in den Produkten gespeichert werden. Letztere machen den weitaus größeren Anteil des Feedstocks aus. Ein weiterer gravierender Unterschied ist, dass für die Berechnung der Emissionen aus der Nutzung der Produkte Import- und Exportmengen mit berücksichtigt werden. Um eine vollständige Bilanzierung zu ermöglichen, wurden in Tabelle 466 (s.u.) die in den Produkten gespeicherten Kohlenstoffmengen der fossilen Energieträger mitberücksichtigt. Die Zuordnung der Emissionen aus den stofflichen Anwendungen und Produkten zu den einzelnen Energieträgern orientiert sich an der Tabelle 1.3 aus Volume 3 der 2006 IPCC-GL und basiert auf Angaben von Verbänden, Produzenten und Experten. Teilweise mussten eigene Abschätzungen durchgeführt werden, wie sich der Einsatz auf die einzelnen Energieträger verteilt.

Die Produktionsmengen der in der Tabelle genannten Produkte wurden aus den gemeldeten Daten des Statistischen Bundesamtes und des Bundesamtes für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle übernommen und in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet. Die Umrechnung erfolgte für Methanol, Ethylen, Propylen, 1,3-Butadien, Benzol, Toluol und Xylol über die Molare Masse des Produkts und die Molare Masse von CO<sub>2</sub>. Anschließend wurden die CO<sub>2</sub>-Äquivalent-Emissionen auf die drei Feedstocks, die in Deutschland eingesetzt werden (Naphta, Flüssiggas und andere Mineralölprodukte) nach internen Verbandsangaben aufgesplittet. Die Umrechnung in CO<sub>2</sub>-Äquivalente wird exemplarisch anhand von Ethylen (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) erklärt:

$$\begin{aligned} M(\text{CO}_2) &= 44 \text{ g/mol} \\ M(\text{C}_2\text{H}_4) &= 28 \\ \text{CO}_2\text{-Äquivalente} &= \text{AR} * 2 * 44 / 28. \end{aligned}$$

Für Industrieruß wurde für das Produkt vereinfacht angenommen, dass es aus reinem Kohlenstoff besteht. Dieser wurde ebenfalls in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet.

Die Produktionsmengen von Bitumen, Schmierstoffen und Paraffinwachsen stammen aus der amtlichen Mineralölstatistik und beziehen sich auf die Bruttorefinerierzeugung. Die Produktionsmengen wurden mit den folgenden IPCC Standardwerten (Tabelle 1.2 und Tabelle 1.4 aus Vol. 2 der 2006 IPCC GL) in CO<sub>2</sub>-Äquivalente umgerechnet.

Tabelle 465: IPCC Standardwerte für EF & Unteren Heizwert

	EF t CO <sub>2</sub> /TJ	Unterer Heizwert TJ/kt
<b>Bitumen</b>	80,6	40,2
<b>Paraffinwachs</b>	73,3	40,2
<b>Schmieröl</b>	73,3	40,2

Die Summe des Kohlenstoffs aus den Emissionen und der Speicherung in den Produkten entspricht für das Jahr 2013 97 % des nichtenergetischen Verbrauchs wie er in Zeile 43 der Energiebilanz gemeldet ist. Somit lassen sich die in der Energiebilanz als nichtenergetischer Verbrauch ausgewiesenen Mengen gut in der stofflichen Verwendung nachweisen. Eine Lücke in der Erfassung von nicht energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen im Inventar ist nicht zu erkennen.

Tabelle 466: Verifikation der Vollständigkeit des berichteten CO<sub>2</sub> aus der nichtenergetischen Verwendung von fossilen Energieträgern

Jahr	2013	Einheit	Kohle		Summe Festbrennstoffe	Mineralöl			Summe Flüssigbrennstoffe	Gas		
			Steinkohle + Steinkohlenskoks	Braunkohlen + Braunkohleprodukte		Rohbenzin (Naphtha)	Petrolkoks	Flüssiggas		Anderer Mineralölprodukte	Erdgas	Summe Gas
A: Ausgewiesene NEU-Menge (Energiebilanzzeile 43)		TJ	4.150,0	13.154,0	17.304,0	459.286	8.986	68.009	295.685	831.966,0	112.095	112.095,0
B: Kohlenstoffgehalt		kg C/GJ	29,2	30,2		20,0	26,0	17,8	22,4		15,3	
C: Summe des Einsatzes als Feedstock/Nicht-energetische Verwendung		kt C	121,2	397,0	518,2	9.181,1	233,2	1.213,3	6.620,4	17.248,0	1.715,1	1.715,1
D: Summe des Einsatzes als Feedstock/Nicht-energetische Verwendung		kt CO <sub>2</sub>	444,3	1.455,6	1.899,9	33.664,1	855,0	4.448,7	24.274,8	63.242,6	6.288,5	6.288,5
E: Impliziter oxidierter Kohlenstoffanteil		%	106%			105%	80%	98%	120%	99%	99%	99%

Jahr	2013	Einheit	Kohle		Summe Festbrennstoffe	Mineralöl			Summe Flüssigbrennstoffe	Gas		
			Steinkohle + Steinkohlenskoks	Braunkohlen + Braunkohleprodukte		Rohbenzin (Naphtha)	Petrolkoks	Flüssiggas		Anderer Mineralölprodukte	Erdgas	Summe Gas
		AR [kt]	EM [kt CO <sub>2</sub> ]	AR + EM [C in Gg CO <sub>2</sub> ]		AR + EM [C in Gg CO <sub>2</sub> ]						
F: Summe berichtetes fossiles IPPU CO <sub>2</sub>			9.395	473		35.455	684	4.346	29.218	62.576	6.216	6.216
2 Industrieprozesse			9.395	473		35.455	684	4.346	10.624	51.109	6.216	6.216
2B: Chemische Industrie			8.249			35.455	11	4.346	10.624	50.436	6.216	6.216
2B1: Ammoniak Produktion		3.198	7.526						2.634	2.634	4.892	4.892
2B5: Karbid Produktion		C	11				11			11		
2B6: Titandioxid Produktion			NE									
2B8: Petrochemie (1)												
Methanol		963									1.324	1.324
Ethylene		4.849				11.811		1.448	1.981	15.239		
Propylen		3.875				9.438		1.157	1.583	12.178		
Butene und 1,3-Butadien		2.340				5.912		725	992	7.628		
Benzol		1.963				5.148		631	864	6.643		
Toluol		706				1.832		225	307	2.364		
Xylol		511				1.315		161	221	1.697		
Industrieruß		363	712						2.043	2.043		
2C: Metall Industrie			1.146	473			673			673		
2C1: Eisen- und Stahlproduktion (2)			IE									
2C2: Produktion von Ferrolegierungen		56	6	6								
2C3: Primäraluminiumproduktion		492	673				673			673		
2C5: Bleiproduktion (2)		C	IE									
2C6: Zinkproduktion (2)		C	IE									

Jahr	2013	Einheit	Kohle			Mineralöl			Gas		
			Steinkohle + Steinkohlenkoks	Braunkohlen + Braunkohleprodukte	Summe Festbrennstoffe	Rohbenzin (Naphtha)	Petrolkoks	Flüssiggas	Anderer Mineralölprodukte	Summe Flüssigbrennstoffe	Erdgas
		AR [kt]	EM [kt CO <sub>2</sub> ]	AR + EM [C in Gg CO <sub>2</sub> ]			AR + EM [C in Gg CO <sub>2</sub> ]				
2D: Nichtenergetische Produkte aus Brennstoffen und Lösemitteln (1)								18.594	11.466		
Schmierstoffe	2419							7.128			
Wachse, Paraffine, Vaseline, etc.	137							404	404		
Bitumen	3.410							11.063	11.063		
Lösemittel und andere Produktverwendungen (3)		IE	IE				IE				

- (1) Um eine vollständige Kohlenstoffbilanzierung zu gewährleisten, wird hier vom Berichtsformat der Quellgruppen im Inventar abgewichen. Darum sind die hier aufgeführten Produktionsmengen nicht mit dem Inventar in 2.B.8 und 2.D vergleichbar. Die Emissionen beziehen sich in der Tabelle auf eine vollständige Umwandlung der Produkte in CO<sub>2</sub> statt auf Emissionen in der Herstellung oder Anwendung wie in den Quellgruppen des Inventars.
- (2) Aus Vertraulichkeitsgründen werden diese Daten aggregiert berichtet.
- (3) Da ca. über 90% der Lösemittel aus Grundchemikalien aus Steamcrackern gewonnen werden, wird angenommen, dass der Kohlenstoff der im NMVOC emittiert aus den Produkten der Cracker stammt.

## **19 ANHANG 3: WEITERE DETAILLIERTE METHODISCHE BESCHREIBUNGEN FÜR EINZELNE QUELL- UND SENKENKATEGORIEN, INKLUSIVE KP-LULUCF-AKTIVITÄTEN**

### **19.1 Weitere detaillierte methodische Beschreibungen für die Quellkategorie Energie (1)**

#### **19.1.1 *Überarbeitung der Aktivitätsraten stationärer Feuerungsanlagen der neuen Bundesländer für das Jahr 1990 und der Folgejahre (1.A.1 und 1.A.2)***

Die Probleme der amtlichen Statistik der DDR im Jahr der Wiedervereinigung 1990 und die Schaffung einer einheitlichen gesamtdeutschen amtlichen Statistik wirkten sich spürbar auf die Qualität der bisher berichteten Zahlen zu den Aktivitätsraten stationärer Feuerungsanlagen der neuen Bundesländer des Jahres 1990 (und Folgejahre) aus. Daher wurden diese Zahlen durch das Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE gGmbH) überarbeitet. Im Forschungsvorhaben „Basisjahr und Aktualisierung“ (UBA, 2005c: FKZ 20541115) wurden im Arbeitspaket 1 „explizit die Aktivitätsraten für stationäre Feuerungsanlagen der neuen Bundesländer (NBL) als Grundlage für die Emissionsinventare und den Bericht zur Festlegung der zugewiesenen Mengen auf evtl. Lücken überprüft, ggf. vervollständigt bzw. korrigiert und dokumentiert.“ Zur näheren Beschreibung des Vorgehens bei der Überarbeitung der Aktivitätsraten stationärer Feuerungsanlagen verweisen wir auf den NIR 2010.

#### **19.1.2 *Energiewirtschaft (1.A.1)***

##### **19.1.2.1 *Methodische Aspekte der Ermittlung der Emissionsfaktoren (Kapitel 3.2.6.2)***

Dieser Teil des Anhangs erläutert die wesentlichen Schritte in den Forschungsvorhaben RENTZ et al (2002) und FICHTNER et al (2011) zur Bestimmung von Emissionsfaktoren unter Ausschluss der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren, deren Ermittlung dem Anhang 2 (Kapitel 18.7) zu entnehmen ist.

Die Ermittlung von Emissionsfaktoren erfordert eine detaillierte Analyse des Anlagenparks hinsichtlich der eingesetzten Technologien und des bauartspezifischen Emissionsverhaltens. Dabei werden drei übergeordnete Kategorien gebildet: Großfeuerungsanlagen, Feuerungsanlagen im Geltungsbereich der TA Luft sowie Gasturbinen. Der Anlagenbestand wird hinsichtlich der emissionsbestimmenden Eigenschaften klassifiziert und die zugehörigen Emissionsfaktoren bestimmt. Diese so genannten technikspezifischen Faktoren können dann in adäquater Weise aggregiert werden. Diese Datenbasis bildet weiterhin die Grundlage für eine Abschätzung künftiger Emissionen (Veränderung der Anteile der Anlagentypen am Anlagenpark). Aus dieser Vorgehensweise ergeben sich folgende Arbeitsschritte:

1. Charakterisierung des technikspezifischen Emissionsverhaltens der Feuerungsanlagen. In einem ersten Schritt werden die in Deutschland zum Einsatz kommenden Feuerungs- und Emissionsminderungstechniken kurz beschrieben und die emissionsbestimmenden Einflussfaktoren dargestellt. Ausgehend von dieser Charakterisierung werden für die verschiedenen Techniken, differenziert nach Größenklasse und Brennstofftyp, Emissionsfaktoren abgeleitet. Die gewählte Klassifikation orientiert sich dabei auch an den immissionsschutzrechtlichen Vorgaben, was eine Gegenüberstellung der

abgeleiteten Emissionsfaktoren mit derzeit oder künftig geltenden Grenzwerten ermöglicht.

## 2. Analyse der Quellgruppenstruktur

Die Emissionsberechnung erfordert Emissionsfaktoren, die den gleichen Bezug wie die zugehörigen Energieeinsatzdaten aufweisen. Letztere sind nach Kategorien gegliedert, die sich aus der nationalen Energiebilanz (vergleiche Kapitel 3.2) ableiten und sich nicht an den eingesetzten Feuerungstechniken orientieren. Als Kategorien bezeichnet und analysiert werden im Rahmen des Vorhabens: Öffentliche Energieversorgung (CRF 1.A.1a), Industriekraftwerke (CRF 1.A.1c bei Kraftwerken des Bergbaus, sonst CRF 1.A.2), Fernheizwerke (CRF 1.A.1a), Raffineriekraftwerke (CRF 1.A.1b), Industriefeuerungen (CRF 1.A.1c und 1.A.2) sowie Kleinverbraucher (CRF 1.A.4 und 1.A.5).

Bei der Analyse sind die Anteile der verschiedenen Techniken am Energieeinsatz zu ermitteln. Wesentliche Datenquellen hierfür sind die Kraftwerksdatenbank des DFIU (heute KIT), einschlägige Statistiken, Verbandsmitteilungen (VGB, VDEW, VIK), Betreiberangaben und Fachveröffentlichungen. Weiterhin wurden die von einigen Landesbehörden zur Verfügung gestellten Auszüge aus den Emissionserklärungen der Jahre 1996 und 2004 diesbezüglich ausgewertet.

## 3. Aggregation der Emissionsfaktoren

Auf der Grundlage der Anteile der einzelnen Techniken, die getrennt nach alten und neuen Bundesländern ermittelt wurden, werden die technikspezifischen Emissionsfaktoren zu kategoriespezifischen Faktoren aggregiert. Abschließend werden Faktoren für Deutschland insgesamt gebildet. Die kategoriespezifischen Faktoren untergliedern sich weiterhin nach Großfeuerungen, TA Luft Feuerungen und Gasturbinen sowie nach dem eingesetzten Brennstoff. Die aggregierten Emissionsfaktoren werden zunächst für das Bezugsjahr 1995 (RENTZ et al, 2002) bzw. für das Bezugsjahr 2004 (FICHTNER et al, 2011) gebildet.

## 4. Projektionen für die Jahre 2000 und 2010 (RENTZ et al, 2002) und für die Jahre 2010 und 2020 (FICHTNER et al, 2011)

Zur Beschreibung der fortschreitenden technischen Entwicklung werden wiederum technikspezifische Emissionsfaktoren bestimmt. Diese leiten sich aus der Charakterisierung fortschrittlicher Technologien ab. Eine Zunahme emissionsarmer Techniken an der Gesamtaktivität kann so über eine entsprechende Veränderung der Technologieanteile abgebildet werden. Als Rahmenbedingung für die Fortschreibung werden die jeweils geltenden immissionsschutzrechtlichen Regelungen herangezogen. Für das Bezugsjahr 2010 wird davon ausgegangen, dass die Anforderungen der novellierten TA Luft aus dem Jahre 2002 und der EU-Großfeuerungsanlagenrichtlinie aus dem Jahre 2001 umgesetzt sind; für das Bezugsjahr 2020 gehen wir davon aus, dass die Anforderungen der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates über Industrieemissionen umgesetzt sind.

Mit Hilfe der hier angewandten Methodik, ausgehend von der Emissionscharakteristik der eingesetzten Feuerungstechnik schrittweise zu aggregierten Faktoren auf unterschiedlicher regionaler und kategoriespezifischer Ebene zu gelangen, können die benötigten Faktoren in transparenter Weise gebildet werden.

Die gewählte Methodik zur Ableitung der Emissionsfaktoren für ein gegebenes Bezugsjahr ist in der nachfolgenden Abbildung 87 dargestellt.

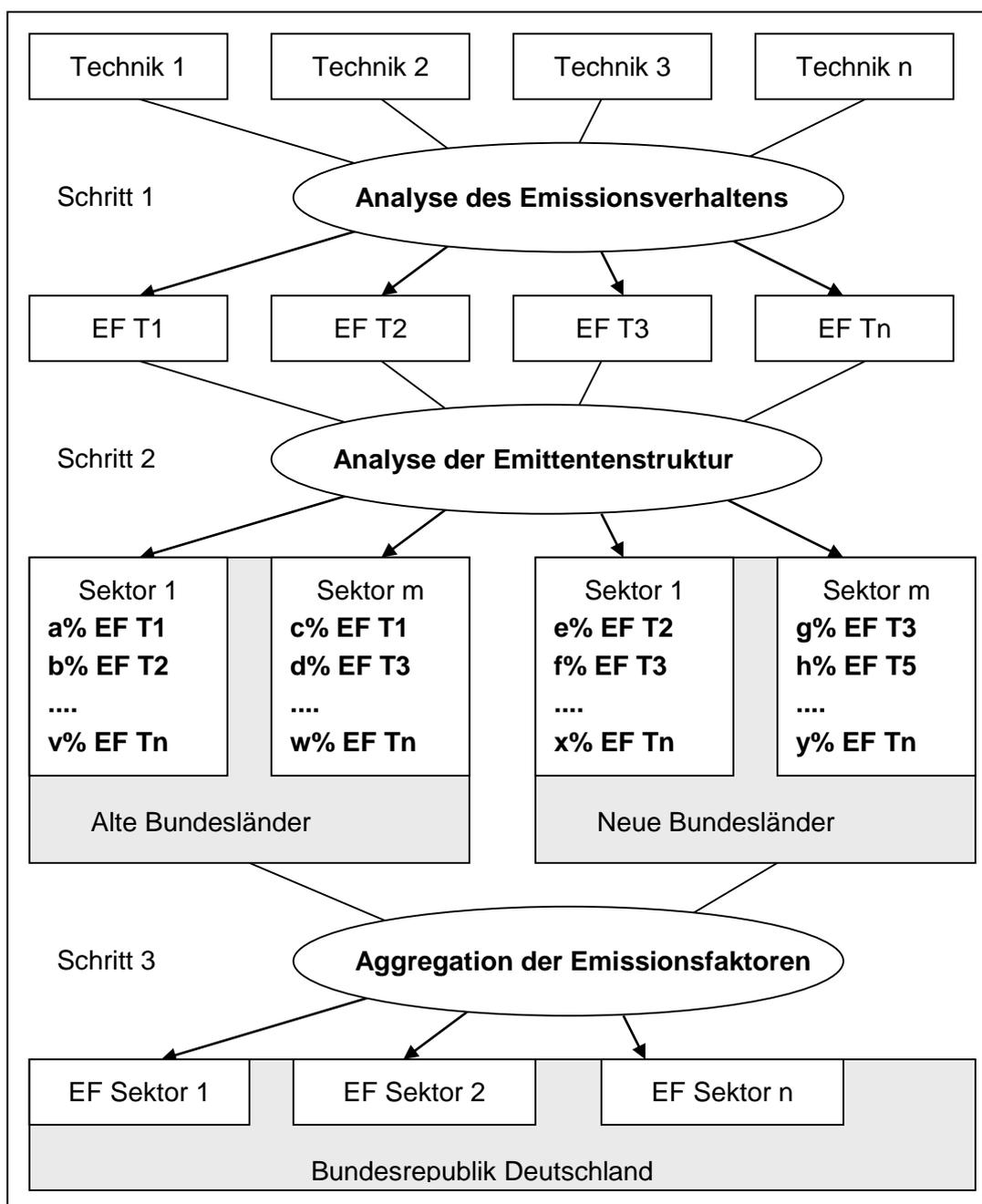


Abbildung 87: Methodik der Emissionsfaktorenberechnung

Die Herkunft und Qualität der Daten wird in den Vorhabensberichten (RENTZ et al, 2002) und (FICHTNER et al, 2011) eingehend beschrieben. Ein großer Teil der Daten entstammt den Emissionserklärungen der Bundesländer Baden-Württemberg, Brandenburg, Nordrhein-Westfalen und Thüringen für das Jahr 1996 und den Emissionserklärungen von allen Bundesländern (außer Berlin) für das Jahr 2004. Die darin angegebenen jährlichen Frachten beruhen dabei je nach Schadstoff entweder auf Messergebnissen einer kontinuierlichen Überwachung, auf Einzelmessungen oder auf einer Rechnung auf der Basis physikalischer Gesetzmäßigkeiten, Massenbilanzen oder Emissionsfaktoren. Am Beispiel der Emissionserklärungen des Landes Baden-Württemberg wird exemplarisch analysiert, für welche Feuerungsarten und Substanzen welche Ermittlungsart überwiegt. Dies erlaubt im Anschluss eine Einordnung der Qualität der Datengrundlage für die abgeleiteten

technikspezifischen Emissionsfaktoren. Gleichzeitig verdeutlicht die Darstellung die Vorgehensweise bei der Datenauswertung. Soweit eine ausreichende Anzahl von Daten einer Quellengruppe zur Verfügung steht, wird der Wertebereich über den Median sowie das Perzentil bei 25 % und 75 % charakterisiert<sup>177</sup>. Daraus erhält man eine robuste Schätzung, die, anders als bei der Charakterisierung über den Mittelwert, durch Extremwerte nicht verzerrt wird. Um grundsätzlich die Streuung der Werte zu beschreiben, werden auch die Perzentile bei 5 % und 95 % aufgeführt. Vergleichbare Auswertungen nach Perzentilen erfolgten ebenfalls für die Emissionserklärungen der anderen Bundesländer.

Nachfolgend wird zwischen gemessenen Daten (kontinuierliche Messung oder Einzelmessung) und solchen Daten unterschieden, die auf Rechnung oder Emissionsfaktoren beruhen. Bei der Auswertung werden die Einzeldaten daher zunächst nach Messdaten (M) und Annahmen (A) klassifiziert. Dieser allgemeine Überblick gliedert sich wiederum in Großfeuerungsanlagen, TA Luft Feuerungsanlagen und Gasturbinen. Diese werden weiterhin hinsichtlich der Erklärungspflicht unterteilt in verkürzt (K) und vollständig (V) zu erklärende Anlagen. Für jede der drei Anlagengruppen wird exemplarisch am Beispiel der Daten von Baden-Württemberg eine nach Messdaten und Annahmen getrennte Auswertung und Ableitung von Emissionsfaktoren vorgenommen.

Die Tabelle 467 fasst die berücksichtigten Anlagenarten nochmals nach 4. BImSchV-Nummer und Erklärungsart zusammen.

Tabelle 467: Anlagentypen nach Anhang der 4.BImSchV

Kennung		Großfeuerungsanlagen	Erklärungsart
1 01 1	Kraftwerke	≥ 50 MW für feste, flüssige und gasförmige Brennstoffe	V
1 02A 1	Feuerungsanlagen	≥ 50 MW für feste und flüssige Brennstoffe	V
1 02B 1	Feuerungsanlagen	≥ 50 MW für gasförmige Brennstoffe	V
Kennung		TA Luft Anlagen	Erklärungsart
1 02A 2	Feuerungsanlagen	1 - < 50 MW feste und flüssige Brennstoffe (außer Heizöl EL)	V
1 02B 2	Feuerungsanlagen	5 - < 50 MW Heizöl EL	K
1 02C 2	Feuerungsanlagen	10 - < 50 MW für Erdgas	K
	Feuerungsanlagen	10 - < 50 MW außer Erdgas	V
1 03 1	Feuerungsanlagen	> 1 MW andere Brennstoffe	V
Kennung		Gasturbinenanlagen	Erklärungsart
1 05 1	Gasturbinen	≥ 50 MW für Erdgas	K
	Gasturbinen	≥ 50 MW außer Erdgas	V
1 05 2	Gasturbinen	< 50 MW für Erdgas	K
	Gasturbinen	< 50 MW außer Erdgas	V

Bei den Analysen werden die Emissionsdaten nach Feuerungstechnik differenziert. Hierfür gibt Tabelle 468 einen Überblick über die Technologieeinteilung nach der Art/Typ Klassifikation. Dabei umfassen die Kategorien 110 bis 118 im Wesentlichen feste Brennstoffe, 120 bis 125 flüssige Brennstoffe und 130 bis 132 gasförmige Brennstoffe.

<sup>177</sup> Für den gesamten Wertebereich einer Variablen X lässt sich mit Hilfe der Summenhäufigkeitsverteilung abschätzen, welcher Anteil aller Untersuchungseinheiten maximal einen Wert x aufweist. Diesen Wert bezeichnet man als *Quantil* (engl.: *quantile*) bzw. bei Verwendung von prozentualen Anteilen als *Perzentil* (engl.: *percentile*). Das bekannteste Perzentil, das die untere Hälfte aller Werte von der Oberen trennt, ist das 50% Perzentil, der sogenannte *Median*. Das 25 und 75% Perzentil schneiden das untere und das obere Viertel der Verteilung ab. Man bezeichnet sie daher auch als untere und obere *Quartile* bzw. als erstes und drittes Quartil (der Median ist quasi das zweite Quartil).

Tabelle 468: Klassifikation der Quellen nach Feuerungstyp

Technologie	
Art/Typ	Typ Bedeutung
110	Feuerungen für feste Brennstoffe / Abfälle
111	Füllschachtfeuerungen
112	Feuerung mit Wurfbeschickung
113	Feuerung mit pneumatischer Beschickung
114	Unterschubfeuerung
115	Feuerung mit mechanisch bewegtem Rost
116	Staubfeuerung mit trockenem Ascheabzug
117	Staubfeuerung mit flüssigem Ascheabzug
118	Wirbelschichtfeuerung
120	Feuerungen für flüssige Brennstoffe / Abfälle
121	Mit Verdampferbrenner
122	Mit Druckzerstäubungsbrenner
123	Mit Dampfzerstäubungsbrenner
124	Mit Drehzerstäubungsbrenner
125	Mit Luftzerstäubungsbrenner
130	Feuerungen für gasförmige Brennstoffe / Abfälle
131	Mit atmosphärischem Gasbrenner
132	Mit Gasgebläsebrenner
141	Mehrstofffeuerungen
142	Mischfeuerungen
815	Gasturbinen

#### 19.1.2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Abgasentschwefelung (CRF 1.A.1, Kalksteinbilanz)

Im Rahmen des Forschungsprojekts Kalksteinbilanz (UBA 2006, FKZ 20541217/02) wurden für die Kategorie Strom- und Wärmeerzeugung in Öffentlichen Kraftwerken die Daten für die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Abgasentschwefelung (REA) ermittelt (siehe 3.2.6.2). Abgasentschwefelungsanlagen haben die Aufgabe, das in den Verbrennungsgasen enthaltene Schwefeldioxid durch chemisch-physikalische Prozesse in weniger schädliche Substanzen umzuwandeln. Kalkstein dient bei der Entschwefelung von Abgasen typischerweise als Reagenz. Die Entschwefelungstechnik richtet sich im Wesentlichen nach den immissionsschutzrechtlichen Anforderungen und der ökonomischen Verwertbarkeit der anfallenden Reststoffe (Gips). Im Bereich der Stromerzeugungsanlagen dominiert das Kalkstein-Waschverfahren. Gemessen an der installierten Leistung nutzen etwa 87 % der Kraftwerke in Deutschland dieses Verfahren (RENTZ et al. 2002b).

Die Entschwefelung mit CaCO<sub>3</sub> erfolgt nach mehreren Teilreaktionen. Zur stöchiometrischen Berechnung des Kalksteineinsatzes im Kalkstein-Waschverfahren wird die relevante chemische Brutto-Reaktionsgleichung für das Verfahren zugrunde gelegt (STRAUSS 1998):



Daraus kann das molare Gewichts-Verhältnis von Kalkstein zu Gips abgeleitet werden. Daraus folgt, dass pro angefallener Tonne Gips 581,39 Kilogramm Kalkstein eingesetzt werden. Aus den Angaben zum Gipsaufkommen lässt sich der theoretisch maximale Kalksteineinsatz für REA in Stein- und Braunkohlekraftwerken ableiten. Aus dem Gipsaufkommen ist jedoch nicht ersichtlich, ob Kalkstein oder Kalk eingesetzt wird. Um hierzu eine Aussage treffen zu können wurden Angaben des Bundesverbandes Kalk zur Absatzstatistik für ungebrannten und gebrannten Kalk für den Absatzbereich der Luftreinigung herangezogen. Über das Massenverhältnis zwischen CaCO<sub>3</sub> und CO<sub>2</sub> lassen sich dann gemäß obiger

Reaktionsgleichung die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bestimmen. Die Ergebnisse der Rechnung sind in folgender Tabelle wiedergegeben. Sie berücksichtigen die Zahlen zum Gipsaufkommen in allen Jahren zwischen 1990 und 2011; für die Jahre 2012, 2013 und 2014 haben wir als vorläufigen Eingangswert für die Berechnung das Gipsaufkommen von 2011 fortgeschrieben.

Tabelle 469: CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Rauchgasentschwefelung in Öffentlichen Kraftwerken

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>CRF 1.A.1</b>	<b>Angaben in kt</b>									
CO <sub>2</sub> aus REA der öffentlichen Kraftwerke	618	652	629	662	616	683	867	878	1.005	966
Jahr	2001	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>CRF 1.A.1</b>	<b>Angaben in kt</b>									
CO <sub>2</sub> aus REA der öffentlichen Kraftwerke	1.135	1.069	1.094	1.156	1.162	1.142	1.076	1.017	985	995
Jahr	2010	2011	2012	2013	2014					
<b>CRF 1.A.1</b>	<b>Angaben in kt</b>									
CO <sub>2</sub> aus REA der öffentlichen Kraftwerke	1.003	1028	1.019	979	973					

Quelle: Berechnung auf der Grundlage des Projektes Kalksteinbilanz (UBA 2006, FKZ 20541217/02), aktualisiert im Jahre 2008 (siehe NIR 2009)

Diese CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden im Inventar den Emissionen aus dem Einsatz fester Brennstoffe zugeordnet, weil hier die Ursache für die REA und die CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen. Nach einer Expertenschätzung des Forschungsnehmers liegt die Unsicherheit des Kalksteineinsatzes und damit auch die Unsicherheit der damit verbundenen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei +/- 10 %.

### 19.1.3 Verkehr (1.A.3)

#### 19.1.3.1 Verkehr - Ziviler Luftverkehr (1.A.3.a)

##### 19.1.3.1.1 Ableitung der weiteren Emissionsfaktoren (1.A.3.a)

#### Kerosin

Die Emission von *Schwefeldioxid* ist direkt abhängig vom Schwefelgehalt des Kerosins, der regionalen und zeitlichen Schwankungen unterliegt. (IPCC, 2006b) geht hier mit einem EF von 1 kg SO<sub>2</sub>/t Kerosin von einem Schwefelgehalt von 0,05 Gew.% aus. Nach Angaben des Fachausschusses für Mineralöl- und Brennstoff-Normung<sup>178</sup> (FAM) liegt der typische Wert für den Gesamtschwefelgehalt von Kerosin in Deutschland derzeit bei etwa 0,01 Gew.%, also einem Fünftel des Ansatzes des IPCC. Im Inventarbericht 2009 wird ein Schwefelgehalt von 0,021 Gew.% für Kerosin angesetzt, basierend auf Messungen aus dem Jahre 1998 (DÖPELHEUER, 2002). Da ein durch verbesserte Verfahren und gesunkene Grenzwerte mit der Zeit abnehmender Emissionsfaktor plausibel erscheint, wird hier eine lineare Abnahme zwischen den Stützjahren 1990 (1,08 g SO<sub>2</sub>/kg Kerosin), 1998 (0,4 g) und 2009 (0,2 g) vorgesehen. Dabei wird von einer vollständigen Umsetzung des Schwefels in Schwefeldioxid

<sup>178</sup> Persönliche Email-Kommunikation mit Dr. Feuerhelm, FAM Hamburg, 9.Juni 2009

ausgegangen. - Wegen der direkten Abhängigkeit des Emissionsfaktors allein vom Schwefelgehalt des Kerosins wird dieser für beide Flugphasen verwendet.

*NO<sub>x</sub>*- und *CO*-Emissionen werden mit Hilfe von Emissionsfaktoren berechnet, die auf TREMOD-AV-Berechnungen beruhen. Diesen unterliegen Flugzeugtyp- und Betriebszustand-spezifische EF, die zu einem Großteil der EMEP-/EEA-Datenbank entstammen. Wenn einzelne Flugzeugtypen nicht direkt und auch nicht unter Verwendung von Flugzeugtypen mit ähnlichen technischen Daten zugeordnet werden können, muss stellenweise mit angepassten Emissionsfaktoren gearbeitet werden. Dazu wurden Regressionsberechnungen durchgeführt, bei denen Emissionsfaktoren über Emissionsfunktionen ermittelt wurden, die den Emissionsfaktor je Triebwerkstyp in Abhängigkeit des Startgewichts berechnen. Als Basis dieser Funktionen dienen die Emissionsfaktoren der vorhandenen Typen gemäß (IFEU & ÖKOINSTITUT, 2010).

Die *NMVOC*-Emissionsfaktoren ergeben sich jeweils aus der Differenz der EF für Kohlenwasserstoffe und Methan.

### Flugbenzin

In (IPCC, 2006: Vol. 2, S. 3-64) werden die *Stickstoffoxid*-Emissionsfaktoren explizit mit den für die Verwendung von Kerosin angegebenen Werten gleichgesetzt. Diese Annahme wird hier übernommen – und mithin die Emissionsfaktoren für den Einsatz von Kerosin im nationalen Flugverkehr während des Reiseflugs.

Hinsichtlich der Treibstoff-Eigenschaften gibt es keine grundlegenden Unterschiede zwischen Flugbenzin und PKW-Benzin<sup>179</sup>. Damit lassen sich die spezifischen SO<sub>2</sub>-Emissionen aus PKW-Treibstoff auf Flugbenzin übertragen. - Nach Angaben des Fachausschusses für Mineralöl- und Brennstoff-Normung (FAM) beträgt der Grenzwert des Gesamt-Schwefelgehalts für Tankstellen-Kraftstoff 10 mg/kg, also 0,001 Gew.% oder ein Zehntel des für Kerosin angegebenen Wertes. Infolge dessen wird hier aktuell der um 90 % verminderte Emissionsfaktor für SO<sub>2</sub> aus Kerosin für das Jahr 2008 verwendet.

Die *NMVOC*-Emissionsfaktoren ergeben sich jeweils aus der Differenz der EF für Kohlenwasserstoffe und Methan.

Die weiteren Emissionsfaktoren sind nicht als spezielle Werte für durchschnittliche Kleinflugzeuge verfügbar. Deshalb werden sie den Kerosin-Emissionsfaktoren (national, Cruise) gleichgesetzt.

---

<sup>179</sup> Email- Kommunikation mit Herrn Winkler vom Mineralölwirtschaftsverband, 8.Juni 2009

Tabelle 470: Emissionsfaktoren 2014 für Flugbenzin, in [g/kg] und [kg/TJ]

	EF		Bemerkung zur Quelle oder Berechnung
	[g/kg]	[kg/TJ]	
CO <sub>2</sub>	3.048,00	70.000,00	Tier1-default-EF gemäß (IPCC, 2006: Vol. 2, Table 3.6.4)
CH <sub>4</sub>	0,36	8,21	entspricht EF für Kerosin, LTO/national
N <sub>2</sub> O	0,10	2,33	entspricht EF für Kerosin, Cruise/national
SO <sub>2</sub>	0,02	0,51	entspricht 1/10 des EF für Kerosin, Cruise/national
NO <sub>x</sub>	11,76	270,15	entspricht EF für Kerosin, Cruise/national
NMVOC	7,98	183,36	Tier3-EF aus EF(HC) minus EF(CH <sub>4</sub> )
CO	660,69	15.173,18	Tier3-EF, berechnet in TREMOD-AV

Quelle: ÖKO-INSTITUT (2015)

Tabelle 471: Übersicht der Emissionsfaktoren für Kerosin

in g/kg	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>1.A.3.a - übergreifend</b>																	
CO <sub>2</sub>									3,150								
SO <sub>2</sub>	1,08	0,66	0,36	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,24	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>National, LTO</b>																	
CH <sub>4</sub>									0,35								
N <sub>2</sub> O									0,12								
NO <sub>x</sub>	11,73	11,47	12,04	12,03	11,75	11,46	11,39	11,20	11,12	11,19	11,62	12,07	12,24	12,17	12,26	12,41	12,42
NMVOG	2,03	1,18	0,90	0,80	0,83	0,80	0,83	0,87	0,83	0,90	0,86	0,74	0,67	0,72	0,73	0,76	0,782
CO	12,26	12,27	11,69	11,56	11,82	12,08	12,02	12,15	12,01	11,75	11,41	10,64	10,39	10,60	10,52	10,036	9,921
<b>National, Cruise</b>																	
CH <sub>4</sub>									0,00								
N <sub>2</sub> O									0,10								
NO <sub>x</sub>	16,03	15,95	16,32	16,21	16,15	15,95	15,68	15,56	15,50	15,88	16,60	17,00	17,22	17,20	17,47	18,07	18,14
NMVOG	0,48	0,52	0,53	0,51	0,54	0,53	0,56	0,47	0,41	0,39	0,39	0,38	0,38	0,37	0,37	0,40	0,40
CO	4,21	4,40	4,29	4,01	3,98	3,91	3,87	3,75	3,70	3,47	3,43	3,55	3,64	3,68	3,55	3,16	3,204
<b>International, LTO</b>																	
CH <sub>4</sub>									0,13								
N <sub>2</sub> O									0,09								
NO <sub>x</sub>	12,45	12,20	12,20	12,29	12,33	12,43	12,50	12,55	12,59	12,72	12,80	13,08	13,34	13,33	13,48	13,70	13,80
NMVOG	3,14	3,09	2,00	1,87	1,98	1,89	1,61	1,44	1,38	1,29	1,28	1,14	1,00	1,03	0,98	0,88	0,82
CO	11,82	10,93	10,96	10,80	10,68	10,56	10,44	10,29	10,27	10,08	10,09	10,02	9,85	9,86	9,77	9,50	9,35
<b>International, Cruise</b>																	
CH <sub>4</sub>									0,00								
N <sub>2</sub> O									0,10								
NO <sub>x</sub>	15,47	14,86	14,46	14,50	14,53	14,62	14,66	14,75	14,79	14,93	15,01	15,22	15,57	15,65	16,01	16,287	16,48
NMVOG	0,35	0,25	0,20	0,19	0,18	0,19	0,18	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,15	0,15
CO	2,12	1,86	1,68	1,63	1,58	1,55	1,47	1,45	1,45	1,43	1,40	1,40	1,39	1,37	1,35	1,33	1,31

Quelle: ÖKO-INSTITUT (2015)

## 19.1.3.1.2 Detailübersicht der für Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren zugrunde gelegten Unsicherheiten (1.A.3.a)

Tabelle 472: Übersicht der zu berücksichtigten Teilunsicherheiten der Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren

Einzelkomponenten		Teil- Unsicherheiten		AR (Kerosin & Flugbenzin)		SF (LTO/ Cruise)		AR (Kerosin) LTO bzw. Cruise		EM (CO <sub>2</sub> ) LTO und Cruise		EM (CH <sub>4</sub> ) LTO und Cruise		EM (N <sub>2</sub> O) LTO und Cruise		EM (SO <sub>2</sub> ) LTO und Cruise		EM (H <sub>2</sub> O) LTO und Cruise		restl. EM LTO + Cruise		Quelle / Begründung der Annahmen		
		[%]		Ges.	n / i	n	i	n	i	n	i	n	i	n	i	n	i	n	i	n	i			
<b>AR von AGEB und BAFA</b>		-5	5	x	x																		Öko-Institut / DIW 2007. Hier werden die höheren Unsicherheiten der Energiebilanz verwendet. Die Unsicherheiten der BAFA-Daten liegen bei +3, -1% (konservativ durch den Ansatz der Unsicherheiten der Mineralölstatistik, die auf den BAFA-Daten basiert.)	
<b>Splitfaktor SF n &lt;&gt; i</b>		-10	10		x																		1990-2002: Berechnungen nach TREMOD-AV, ab 2003 Angaben von Eurocontrol. Hier ein Mischwert für die gesamte Zeitreihe.	
<b>AR (Kerosin)</b>	n & i	-11	11					x	x														berechnet	
<b>Daten des Statistischen Bundesamtes zu Flugbewegungen</b>	n	-0,1	0,1			x																	Die Luftfahrtstatistik beruht auf dem Verkehrstatistikgesetz. Erhoben werden die Angaben zu §§ 12, 13 VerkStatG. Nach diesem Gesetz ist die gesamte zivile Luftfahrt, die mit Flugzeugen, Hubschraubern, Luftschiffen, Motorseglern, Segelflugzeugen und bemannten Ballonen betrieben wird, in die Erhebung einzubeziehen, soweit davon die Flugplätze in Deutschland berührt werden.	
	i	-0,1	0,1				x																	
<b>Realdistanz-zuschlag</b>	n & i	-3	3			x	x																Die Daten des StBA liegen nach Großkreisentfernungen vor. Es wurde ein Umwegfaktor für die Cruise-Flugphase verwendet, um die tatsächlich geflogenen Strecken abzuschätzen (s. IFEU und Öko-Institut 2010).	
<b>Zuordnung von Verbrauchswerten für Kerosin zu Flugzeugtypen</b>	n	-5	5			x																	Flugzeugtypen nach StBA werden Emissionsfaktoren aus der EMEP-EEA Datenbank zugewiesen. Dabei gibt es vier Qualitätsstufen der Zuweisung: a) direkt, b) über ähnliche Typen, c) über Regressionsfunktionen abh. vom Startgewicht und d) pauschale EF.	
	i	-5	5				x																	
<b>SF (LTO/Cruise)</b>	n	-6	6					x															berechnet	
	i	-6	6						x														berechnet	
<b>AR (Kerosin) LTO bzw. Cruise</b>	n	-13	13							x		x		x		x		x		x			berechnet	
	i	-13	13								x		x		x		x		x		x		berechnet	
<b>Emissionsfaktoren (EF)</b>	CO <sub>2</sub>	5	5							x	x												2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.6 - Civil aviation, S. 3.69), geringe Unsicherheit, da EF nur vom C-Gehalt des Brennstoffs abhängig ist.	
	CH <sub>4</sub>	-57	100									x	x										2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.6 - Civil aviation, S. 3.69), abh. von Technologie und damit große Unsicherheit bei Vereinheitlichung durch Tier 1 Ansatz	
	N <sub>2</sub> O	-70	150										x	x									Emissionsfaktor ist nur von Brennstoffeigenschaften abhängig (Schwefelgehalt).	
	SO <sub>2</sub>	-10	10											x	x								Emissionsfaktor ist nur von Brennstoffeigenschaften abhängig. Niedrige Werte von - 4,9 bis 1,6 bei Eurocontrol 2004, S.49	
	H <sub>2</sub> O	-5	5													x	x						Annahme - für NO <sub>x</sub> , HC und CO erfolgt eine Berechnung eines durchschnittlichen EF durch TREMOD, auf Basis der EF für einzelne Flugzeugtypen	
<b>restliche EF</b>	n & i	-10	10																			X		
<b>Gesamt-Unsicherheit. oben</b>				+5	+11	+6	+6	+13	+13	+14	+14	+58	+58	+71	+71	+16	+16	+14	+14	+16	+16			
<b>Gesamt-Unsicherheit. unten</b>				-5	-11	+6	-6	-13	-13	-14	-14	-101	-101	-150	-150	-16	-16	-14	-14	-16	-16			

n = nationaler Anteil, i = internationaler Anteil

Quelle: ÖKO-INSTITUT (2009)

### 19.1.3.2 Ableitung der Aktivitätsraten zum Straßenverkehr (1.A.3.b)

#### 19.1.3.2.1 Abgleich auf die Energiebilanz

Als Basis der ZSE-Datenerfassung des Straßenverkehrs wird der Endenergieverbrauch entsprechend den Angaben der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen zugrunde gelegt. Die Summe der Aktivitätsraten der einzelnen Strukturelemente muss für jedes Jahr den Angaben der Energiebilanz in TJ entsprechen. Die Eckdaten der Energiebilanz sind in folgender Tabelle 473 dargestellt.

Tabelle 473: Energieeinsatz im Straßenverkehr 1990-2014

Jahr	Benzin	Diesel	Biodiesel	Bio-Eth.	Flüssigg.	Erdgas	Petroleum
<b>Energieeinsatz gemäß Energiebilanzen 1990-2014 (Stand: 10/2015) in TJ</b>							
1990	1.330.479	735.920	0	0	138	0	0
1991	1.332.285	785.174	0	0	137	0	0
1992	1.344.129	853.502	0	0	229	0	0
1993	1.350.617	907.787	0	0	184	0	473
1994	1.276.637	932.060	0	0	184	0	559
1995	1.299.982	964.013	1.504	0	138	0	610
1996	1.299.879	964.580	2.046	0	115	0	638
1997	1.297.487	979.586	3.652	0	106	0	357
1998	1.300.463	1.022.794	4.081	0	106	0	637
1999	1.300.602	1.097.036	5.370	0	100	0	637
2000	1.237.055	1.108.105	12.276	0	94	0	414
2001	1.199.318	1.097.416	16.740	0	98	0	471
2002	1.166.381	1.105.842	20.460	0	607	0	472
2003	1.108.989	1.078.352	29.948	0	694	0	0
2004	1.072.720	1.110.931	38.806	1.144	1.887	0	0
2005	992.377	1.078.620	71.824	6.817	2.357	3.127	0
2006	930.834	1.082.042	130.165	13.418	4.605	4.446	0
2007	892.982	1.073.987	143.235	12.061	8.942	5.845	0
2008	854.002	1.102.623	109.393	16.328	15.652	7.144	0
2009	829.227	1.114.939	89.375	23.691	23.842	8.443	0
2010	791.416	1.168.063	88.886	30.577	21.823	8.768	0
2011	787.803	1.197.252	82.810	32.292	23.613	8.771	0
2012	742.000	1.223.718	85.683	32.882	23.532	8.869	0
2013	741.150	1.283.637	75.503	31.770	23.077	8.934	0
2014	745.025	1307.520	79.094	32.399	22.715	7.472	0

Quellen: Auswertetabellen der Energiebilanzen, Mineralöl-Zahlen des Mineralölwirtschaftsverbandes MWV (2015) und Amtliche Mineralöldaten.

Die Energiebilanz wird auch zur Modellierung der Verkehrsmengengerüste in TREMOD herangezogen. So führt das DIW zur Ableitung der Gesamtfahrleistung eine Kraftstoffverbrauchsberechnung durch (DIW, 2002). Die Ergebnisse der Berechnung werden für den PKW-Verkehr z.T. in TREMOD übernommen. Da das DIW mit der Kraftstoffverbrauchsberechnung die Inländerfahrleistung abbildet, werden in TREMOD zur Abschätzung der Inlandsfahrleistung - insbesondere für den Güterverkehr - z.T. andere Quellen und Annahmen verwendet (siehe ausführliche Beschreibung in Ifeu, 2002). Auch diese Abschätzung berücksichtigt die Eckwerte der Energiebilanz.

Allerdings ist es aufgrund der zahlreichen Abhängigkeiten und Unsicherheiten in der Modellierung sowie der zu berücksichtigenden Eckdaten nicht mit vernünftigem Aufwand möglich, Fahrleistung und Energieverbrauch für jedes Jahr und jede Fahrzeugschicht so abzugleichen, dass die Ergebnisse einerseits die Summe der Energiebilanz ergeben und andererseits die Fahrleistungen und durchschnittlichen Energieverbräuche in der Zeitreihe plausibel sind. Aus diesem Grunde werden die TREMOD-Ergebnisse für den

Energieverbrauch am Ende so korrigiert, dass sie jedes Bezugsjahr in der Summe den Werten der Energiebilanz entsprechen.

Da TREMOD den Energieverbrauch in Tonnen berechnet müssen die Ergebnisse zunächst in [TJ] umgerechnet werden. Dazu werden die Heizwerte der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen angesetzt (siehe Tabelle 474).

Tabelle 474: Heizwerte für Otto- und Dieselmotoren

Geltungszeitraum	Ottokraftstoff	Dieselmotoren
1990-1992	43,543 MJ/kg	42,704 MJ/kg
ab 1993	43,543 MJ/kg	42,960 MJ/kg

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB)

Die Korrekturfaktoren werden in TREMOD separat für die einzelnen Fahrzeugkategorien wie folgt abgeleitet:

- Zunächst wird ein Korrekturfaktor für Ottokraftstoff aus dem berechneten Ottokraftstoff-Verbrauch aller Fahrzeugkategorien und dem Absatz an Ottokraftstoff gemäß der Energiebilanz abgeleitet.
- Der Korrekturfaktor für den Ottokraftstoff wird auch für Diesel verbrauchende Fahrzeuge der PKW und sonstigen Fahrzeuge ≤ 3,5 t (Leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Wohnmobile, motorisierte Zweiräder (MZR)) zur Kraftstoffanpassung an die Energiebilanz verwendet.
- Die Differenz zwischen dem korrigierten Dieselmotoren-Verbrauch der PKW sowie der sonstigen Fahrzeuge ≤ 3,5 t und der Energiebilanz wird den schweren Nutzfahrzeugen und Bussen zugeordnet.
- Der Korrekturfaktor für die schweren Nutzfahrzeuge und Busse berechnet sich damit aus deren nach dem Inlandsprinzip berechneten Energieverbrauch und der für diese Gruppe berechneten Differenz zur Energiebilanz.

Die folgende Tabelle fasst die verwendeten Anpassungsfaktoren zusammen.

Tabelle 475: Korrekturfaktoren zur Anpassung an die Energiebilanz

	Geltungs- bereich	Ottokraftstoffe (inkl. Bio-Ethanol)	Dieselmotoren (inkl. Biodiesel)	
		PKW, LNF, MZR	PKW, LNF	SNF, Busse
1990	ABL	1,035	1,035	1,126
1990	NBL	1,051	1,051	1,390
1991	ABL	1,032	1,032	1,084
1991	NBL	1,050	1,050	0,983
1992	ABL	1,035	1,035	1,166
1992	NBL	0,990	0,990	1,169
1993	ABL	1,039	1,039	1,277
1993	NBL	0,970	0,970	1,126
1994	ABL	0,981	0,981	1,181
1994	NBL	0,981	0,981	1,181
1995	D	0,993	0,993	1,205
1996	D	0,994	0,994	1,183
1997	D	0,991	0,991	1,186
1998	D	0,984	0,984	1,247
1999	D	0,987	0,987	1,305
2000	D	0,957	0,957	1,334
2001	D	0,944	0,944	1,236
2002	D	0,939	0,939	1,193
2003	D	0,926	0,926	1,134
2004	D	0,933	0,933	1,080

	Geltungs- bereich	Ottokraftstoffe (inkl. Bio-Ethanol)	Dieselkraftstoff (inkl. Biodiesel)	
		PKW, LNF, MZR	PKW, LNF	SNF, Busse
2005	D	0,923	0,923	1,074
2006	D	0,919	0,919	1,090
2007	D	0,916	0,916	1,032
2008	D	0,918	0,918	1,021
2009	D	0,912	0,912	1,056
2010	D	0,901	0,901	1,091
2011	D	0,912	0,912	1,058
2012	D	0,891	0,891	1,132
2013	D	0,914	0,914	1,143
2014	D	0,934	0,934	1,093

Anmerkung: 1994 Korrekturfaktoren ABL und NBL wie in D gesamt

### 19.1.3.2 Zuordnung von Bio-Kraftstoffen, Petroleum sowie Erd- und Flüssiggas auf die Strukturelemente

Die Energiebilanz enthält für die einzelnen Verkehrsträger auch Angaben zu Biomasse sowie weiteren Kraftstoffen. Diese werden wie folgt weiter zugeordnet:

- Biodiesel und Bioethanol werden gemäß dem Anteil des jeweiligen Verkehrsträgers am Verbrauch des entsprechenden fossilen Kraftstoffs aufgeteilt.
- Petroleum wird den Bussen auf Außerortsstraßen entsprechend ihrem Anteil am Verbrauch von konventionellem Dieselmotorkraftstoff zugeordnet.

### 19.1.3.2.3 Aktivitätsrate für Verdunstung

Als Aktivitätsrate für die Verdunstungsemissionen wird der gesamte Ottokraftstoff-Verbrauch *innerorts* angesetzt, bei Mopeds der *Gesamtverbrauch*. Es werden die Energiebilanz-korrigierten Werte verwendet.

### 19.1.3.3 Ableitung der Emissionsfaktoren

#### 19.1.3.3.1 Emissionsfaktoren aus TREMOD

Im ZSE werden für *Antrieb* und *Verdunstung* aus spezifischeren TREMOD-Daten erzeugte implizite Emissionsfaktoren in [kg/TJ] bzw. [kg/t] angegeben. Für Ottokraftstoffe und Diesel können diese Werte direkt aus TREMOD abgeleitet werden. Hierfür werden die Emissionen in [t] sowie der Energieeinsatz in [TJ] (umgerechnet aus den Ergebnissen „Energieverbrauch in t“ mit den Heizwerten nach Tabelle 474) aus den TREMOD-Ergebnissen abgeleitet und entsprechend zugeordnet. Die impliziten Emissionsfaktoren (IEF) ergeben sich als Quotient aus den spezifischen Emissionen in [t] dividiert durch den spezifischen Energieverbrauch in [TJ].

$$IEF [kg \text{ pro TJ}]_{\text{Inventar}} = EM [kg]_{\text{spezifisch, TREMOD}} \div AR [TJ]_{\text{spezif. Verbrauch, TREMOD}}$$

Hinsichtlich der impliziten Emissionsfaktoren für die Verdunstung wird analog vorgegangen:

$$IEF [kg \text{ pro t}]_{\text{Inventar}} = EM [kg]_{\text{spezifisch, TREMOD}} \div AR [t]_{\text{spezif. Verbrauch, TREMOD}}$$

Grundsätzlich werden für diese Ableitung die nicht auf die Energiebilanz korrigierten TREMOD-Daten verwendet. Eine Verwendung der korrigierten Emissionen und Energieverbräuche würde allerdings, da sich der Korrekturfaktor bei der Berechnung der IEF gemäß

$$EM_{\text{korr.}} \div AR_{\text{korr.}} = EM_{\text{TREMOD}} \div AR_{\text{TREMOD}}$$

aufhebt, zu identischen Ergebnissen führen.

#### **19.1.3.3.2 Emissionsfaktoren für Biodiesel, Bio-Ethanol, Petroleum, Erd- und Flüssiggas**

Die Emissionsfaktoren für Biodiesel und Petroleum werden durchweg denjenigen von konventionellem Diesel gleichgesetzt. Die Emissionsfaktoren von Bioethanol werden denjenigen von konventionellem Ottokraftstoff gleichgesetzt.

Ausnahmen:

- Als EF(CO<sub>2</sub>) von Biodiesel wird mit 70,8 t/TJ ein default gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4) angesetzt.
- Der EF(SO<sub>2</sub>) von Petroleum wird in den Jahren, in denen Dieselkraftstoff einen höheren Wert aufweist, mit 24 kg/TJ angesetzt. In allen anderen Jahren wird der niedrigere Wert von Dieselkraftstoff übernommen.

Wie für Diesel und Ottokraftstoff werden auch für Flüssig- und Erdgas die Emissionsfaktoren aus dem „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs 3.2“ verwendet.

#### **19.1.3.4 Ableitung der Daten für West- und Ostdeutschland 1994**

In TREMOD wird zwischen alten und neuen Bundesländern nur bis zum Jahr 1993 unterschieden. Da das ZSE eine Differenzierung auch für 1994 erfordert, muss eine Aufteilung mit vereinfachten Annahmen erfolgen. Randbedingungen sind:

- Die Aktivitätsraten für den Antrieb müssen in der Summe den Werten der Energiebilanz (jeweils alte und neue Bundesländer) entsprechen.
- Die Emissionen, die sich durch Verknüpfung der Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren ergeben, müssen im Gesamtergebnis den TREMOD-Ergebnissen für Deutschland entsprechen.

Unter diesen Randbedingungen kann eine Aufteilung nur unter den folgenden Annahmen vorgenommen werden:

- Die EF(ZSE) für alte und neue Bundesländer werden so angesetzt, wie für Deutschland insgesamt (TREMOD) im Jahr 1994.
- Die Anteile der einzelnen ZSE-Fahrzeugschichten an den Aktivitätsraten werden für alte und neue Bundesländer jeweils gleich angesetzt und entsprechen denen von Deutschland insgesamt im Jahr 1994.

Mit diesen Annahmen werden die genannten Randbedingungen erfüllt. Nicht erfüllt wird eine dritte Randbedingung: Die Plausibilität der Emissionsergebnisse in der Zeitreihe jeweils für alte bzw. neue Bundesländer.

#### **19.1.4 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Schmierstoff-Mitverbrennung in Verkehrsträgern und weiteren mobilen Quellen**

Innerhalb des deutschen Treibhausgas-Inventars werden für sämtliche mobilen Quellen CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Schmierstoff-Mitverbrennung erfasst. Gemäß den Anforderungen an die Emissionsberichterstattung werden dabei auf Zweitakt-Ottomotoren entfallenden Emissionen direkt der jeweiligen Emissionsquelle zugeordnet, da hier der Schmierstoff als Teil des Kraftstoffes (Zweitakter-Gemisch) betrachtet wird. Alle nicht von Zweitaktern verursachten

Mitverbrennungs-Emissionen werden dagegen unter CRF 2.D.1 (Produktanwendung) berichtet.

#### 19.1.4.1 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Schmierstoff-Mitverbrennung in Zweitakt-Ottomotoren

Für die gesamte Zeitreihe ab 1990 wird vereinfacht davon ausgegangen, dass das in D getankte Zweitakt-Gemisch aus 49 Teilen Ottokraftstoff und einem Teil Schmiermittel zusammengesetzt ist (Gemisch 1:50). Zumindest für die Mehrzahl der Zweitakt-Fahrzeuge stellt dieses Mischungsverhältnis seit den Achtzigerjahren den Standard dar. Zu Motoren, die mit einem Verhältnis von 1:100 auskommen (neuere mobile Geräte wie Kettensägen, Rasenmäher etc.) liegen keine belastbaren Anwendungsdatendaten vor.

*Zweitakt-Fahrzeuge* kommen aktuell in Form von Mopeds und kleineren Motorrädern lediglich im Straßenverkehr zum Einsatz. Bis Ende der Neunzigerjahre bestand zudem ein Teil der PKW- und Nutzfahrzeug-Flotte aus noch in der DDR produzierten Zweitakttern.

Innerhalb TREMOD liegen entsprechende separate Verbrauchsangaben für PKW und leichte Nutzfahrzeuge (bis 1999) sowie Mopeds und Zweiräder vor.

Angaben zum Einsatz *mobiler Zweitakt-Geräte* stehen aktuell sowohl für Haushalte (1.A.4.b ii) als auch die Forstwirtschaft (1.A.4.c ii) aus TREMODD MM heraus zur Verfügung.

Die Angaben zum Ottokraftstoffverbrauch im Straßenverkehr wie auch in den mobilen Quellen in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen bzw. in den Haushalten entsprechen den Angaben der Energiebilanz. Um die auf Zweitakter entfallenden Kraftstoffverbräuche vollständig abzubilden, müssen daher – gemäß dem Mischungsverhältnis von 1:50 – die Mengen zusätzlich getankter Schmierstoffe berechnet werden. Ausgehend von einem Anteil  $r_V$  von 2 Volumen-% muss dazu, über das Verhältnis der mittleren Dichten ( $\rho$ ) und Heizwerte ( $H_i$ ) beider Komponenten, der auf die Energiemenge in [TJ] bezogene Anteil  $r_E$  ermittelt werden:

$$r_{E\%} = r_{V\%} \times \frac{\rho_{\text{Schmierstoff}}}{\rho_{\text{Kraftstoff}}} \times \frac{H_{i\text{Schmierstoff}}}{H_{i\text{Kraftstoff}}}$$

$$r_{E\%} = 2\% \times \frac{0,875 \frac{\text{kg}}{\text{l}}}{0,750 \frac{\text{kg}}{\text{l}}} \times \frac{40,000 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{43,543 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 2,1435\%$$

Aus den jährlich auf Zweitakter entfallenden Energieeinsätzen in [TJ] und Anteil  $r_E$  werden dann die als Teil des Zweitaktgemisches mitverbrannten Schmierstoffmengen in [TJ] berechnet. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Schmieröl-Mitverbrennung in Zweitakttern des Straßenverkehrs können somit gesondert ausgewiesen werden.

Hinsichtlich mobiler Maschinen und Geräte wird keine gesonderte Schmierstoffmenge in [TJ] berechnet, sondern vereinfacht der auf diese Zweitakter entfallende Energieeinsatz um 2,1435 % nach oben korrigiert. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Schmieröl-Mitverbrennung in Zweitakttern in mobilen Maschinen und Geräten sind damit in den Gesamtemissionen der entsprechenden Sektoren enthalten.

#### Emissionsfaktoren

Um die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem verbrannten Zweitakt-Gemisch im Inventar abzubilden, wurden für die gesamte Zeitreihe gewichtete impliziten Emissionsfaktoren gebildet, die zu

49/50 aus dem jahresspezifischen EF(CO<sub>2</sub>) für Ottokraftstoff (bzw. dem tier1-EF für Bioethanol) sowie zu 1/50 aus dem default-Wert von 73.300 kg CO<sub>2</sub>/TJ für Schmierstoff gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4) zusammengesetzt sind. Diese IEF inkl. 2 Vol.% Schmierstoff liegen damit geringfügig über den für die reinen Kraftstoffe (Ottokraftstoff, Bioethanol) angesetzten Werten.

Tabelle 476: Ableitung der EF(CO<sub>2</sub>) für Zweitaktgemische (Angaben in [kg/TJ])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Ottokraftstoffe	73.069	73.075	73.094	73.103	73.119	73.025	73.088	73.091	73.091
Bioethanol					71.607				
Schmierstoffe*					73.300				
Zweitaktgemisch fossil	73.074	73.079	73.098	73.107	73.123	73.030	73.093	73.095	73.095
Zweitaktgemisch biogen					71.641				

Quelle: eigene Berechnungen; \* Default-Emissionsfaktor gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 2 - Stationary Combustion, S. 2.20, Tab. 2.4)

Die aus der Schmierstoff-Mitverbrennung in Zweitakt-Ottomotoren resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen sind damit bereits in den für die betreffenden Sektoren (1.A.3.b - Straßenverkehr, 1.A.4.b ii - Haushalte, 1.A.4 c ii (ii) - Forstwirtschaft) berichteten Emissionen enthalten und werden innerhalb der CRF-Tabellen nicht gesondert ausgewiesen. Tabelle 477 gibt daher lediglich einen Überblick dieser CO<sub>2</sub>-Emissionen:

Tabelle 477: CO<sub>2</sub> aus in Zweitakt-Ottomotoren mitverbrannten Schmierstoffen (Angaben in [kt])

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
1.A.3.b - Straßenverkehr	177,12	24,56	6,55	6,46	6,42	6,63	6,44	6,47	6,59
1.A.4.b ii – mobile Maschinen GHD	2,28	1,76	1,17	1,10	1,40	1,65	1,55	1,41	1,37
1.A.4.c ii (ii) – mobile Maschinen Forstw.	4,52	4,39	4,86	4,47	2,37	2,06	0,60	0,59	0,59
<b>Summe</b>	<b>183,99</b>	<b>30,21</b>	<b>11,19</b>	<b>11,24</b>	<b>9,88</b>	<b>10,02</b>	<b>8,47</b>	<b>8,62</b>	<b>8,77</b>

Quelle: eigene Berechnungen, basierend auf TREMOD (IFEU, 2015a) und TREMOD MM (IFEU, 2015b)

Kohlendioxid aus der Schmierstoff-Mitverbrennung in Viertakt-Ottomotoren sowie sonstigen Motoren in Verkehrsträgern und mobilen Maschinen und Geräten wird dagegen als Emission aus der Produktanwendung separat unter CRF 2.D.1 berichtet. (siehe folgendes Kapitel)

#### 19.1.4.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Schmierstoff-Mitverbrennung in Viertakt-Ottomotoren sowie sonstigen Motoren in Verkehrsträgern und mobilen Quellen

Da hinsichtlich der Schmierstoff-Mitverbrennung in Viertakt-Ottomotoren sowie sonstigen Motoren in mobilen Quellen nur unvollständige Daten zu insgesamt eingesetzten Schmierstoffmengen vorliegen, werden die mitverbrannten Mengen weitestgehend auf Basis von Angaben des *Verbandes der Schmierstoff-Industrie e. V. (VSI)* aus den eingesetzten Kraftstoffmengen berechnet.

Gemäß (VSI, 2014) werden in den verschiedenen Einsatzbereichen folgende auf die jeweils eingesetzten Kraftstoffmengen bezogenen Mitverbrennungsanteile erreicht:

Tabelle 478: Übersicht der verwendeten spezifischen Mitverbrennungsanteile

Sektor	Kraftstoff	Anteil	Quelle / Anmerkung
1.A.2.g vii	OK	0,00 %	Annahme, basierend auf (VSI, 2014)
	DK	0,10 %	gemäß (VSI, 2014)
1.A.3.a / 1.D.1.a	Ke	0,01 %	gemäß (VSI, 2014)
	FB	0,01 %	analog zu Kerosin
1.A.3.b	Alle	-	Berechnung für Gesamtsektor anhand TREMOD
1.A.3.c	DK	0,05 %	gemäß (VSI, 2014)
1.A.3.d / 1.D.1.b	DK	0,15 %	gemäß (VSI, 2014)
	HOS	0,15 %	analog zu Diesel
1.A.4.a ii	DK	0,10 %	analog zu 1.A.3.b, gemäß (VSI, 2014)
	LPG	0,10 %	analog zu 1.A.3.b, gemäß (VSI, 2014)
1.A.4.b ii	OK	0,00 %	Annahme, basierend auf (VSI, 2014)
1.A.4.c ii (i)	OK	0,00 %	Annahme, basierend auf (VSI, 2014)
	DK	0,10 %	analog zu 1.A.3.b, gemäß (VSI, 2014)
1.A.4.c ii (ii)	DK	0,10 %	analog zu 1.A.3.b, gemäß (VSI, 2014)
1.A.4.c iii	DK	0,15 %	analog zu 1.A.3.d, gemäß (VSI, 2014)
	HOS	0,15 %	analog zu Diesel
1.A.5.b i	OK	0,00 %	Annahme, basierend auf (VSI, 2014)
	DK	0,15 %	analog zu 1.A.3.d: Berücksichtigung schwere Panzerfahrzeuge
1.A.5.b ii	Ke	0,10 %	analog zu 1.A.3.a / 1.D.1.a
	FB	0,10 %	analog zu 1.A.3.a / 1.D.1.a
1.A.5.b iii	DK	0,15 %	analog zu 1.A.3.d, gemäß (VSI, 2014)
	HOS	0,15 %	analog zu Diesel

OK: Ottokraftstoffe (inkl. Bioethanol), nur Viertakter; DK: Dieselmotorkraftstoffe (inkl. Biodiesel), Ke: Kerosin; FB: Flugbenzin; HOS: Schweröl; LPG: Flüssiggas

Anhand der in den einzelnen Sektoren in Nicht-Zweitaktern eingesetzten Energiemengen und die Mitverbrennungsanteile gemäß VSI werden die Mengen mitverbrannter Schmierstoffe ermittelt, aus denen wiederum über den einheitlichen Emissionsfaktor von 73.300 kg CO<sub>2</sub> / TJ die sektorspezifischen Kohlendioxid-Emissionen aus der Schmierstoff-Mitverbrennung berechnet werden, die sind in nachfolgender Tabelle dargestellt sind.

Tabelle 479: Kohlendioxid aus mitverbrannten Schmierstoffen (Angaben in [kt], vgl. CRF 2.D.1)

	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
1.A.2.g vii	3,45	3,19	3,03	2,40	2,66	2,85	2,71	2,80	2,91
1.A.3.a	0,24	0,24	0,28	0,25	0,26	0,26	0,24	0,22	0,22
1.A.3.b	88,68	104,70	114,56	118,33	121,54	123,76	123,77	124,75	127,06
1.A.3.c	1,41	1,14	0,93	0,68	0,57	0,58	0,53	0,53	0,53
1.A.3.d	5,31	4,17	2,99	2,86	2,53	2,60	2,61	2,62	2,78
1.A.4.a ii	0,82	0,85	0,90	0,91	1,05	1,07	1,06	1,08	1,11
<b>1.A.4.b ii</b>	<i>hier nur Einsatz von Ottokraftstoff-Zweitaktern</i>								
1.A.4.c ii	4,14	3,38	3,35	3,18	3,60	3,57	3,59	3,71	3,80
1.A.4.c iii	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
1.A.5.b i	1,65	0,88	0,15	0,38	0,12	0,07	0,11	0,08	0,08
1.A.5.b ii	0,28	0,12	0,07	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,02
1.A.5.b iii	0,11	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
<b>National</b>	<b>106,17</b>	<b>118,81</b>	<b>126,38</b>	<b>129,12</b>	<b>132,44</b>	<b>134,88</b>	<b>134,72</b>	<b>135,89</b>	<b>138,60</b>
1.D.1.a	1,20	1,48	1,91	2,27	2,40	2,28	2,48	2,53	2,43
1.D.1.b	8,93	7,61	8,21	9,91	11,39	11,22	10,31	9,21	9,09

Quelle: eigene Berechnungen

### 19.1.5 CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Einsatz von AdBlue® in Straßenverkehr und Off-Road-Fahrzeugen

Beginnend im Jahr 2005 kommen in Deutschland zunehmend Fahrzeuge zum Einsatz, die mit einem SCR-Katalysator ausgerüstet sind. In diesen Katalysatoren zur reduktiven Minderung von NO<sub>x</sub>-Emissionen kommt eine wässrige Harnstofflösung (mittlerer Harnstoffgehalt gemäß

DIN 70070: 32,5 %) zum Einsatz, bei deren chemischer Umwandlung Kohlendioxid frei wird. In Deutschland wird dazu nahezu ausschließlich das Produkt AdBlue® verwendet (VDA, 2014).

Da aktuell keine umfassenden Statistiken oder Marktstudien zum AdBlue® Absatz oder die durch AdBlue® entstehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen vorliegen, erfolgte in 2013 eine Erhebung durch das ifeu Institut in Heidelberg (IFEU, 2013). Im Rahmen der Erhebung wurden anhand der Angaben zum Kraftstoffverbrauch mit SCR-Katalysatoren ausgerüsteter Fahrzeuge die eingesetzten AdBlue®-Mengen modelliert und die resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen berechnet.

Tabelle 480: modellierte AdBlue®- Einsatzmengen (Angaben in [kt])

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
in PKW	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	2,2	4,9	9,0	17,4	33,4
in leichten Nutzfahrzeugen	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
in schweren NFZ: LKW	4,7	24,1	75,5	147,9	183,6	230,5	271,8	310,4	347,8	390,0
in schweren NFZ: Busse	0,1	0,5	2,1	4,6	7,2	8,6	9,6	14,6	16,0	18,8
in anderen Kfz	0,0	0,1	0,6	1,5	2,5	3,3	3,5	4,9	6,0	6,9
<b>1.A.3.b</b>	<b>4,8</b>	<b>24,7</b>	<b>78,2</b>	<b>154,0</b>	<b>194,0</b>	<b>244,5</b>	<b>289,8</b>	<b>339,0</b>	<b>387,2</b>	<b>449,1</b>
in Baufahrzeugen etc.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1
<b>Gesamt</b>	<b>4,8</b>	<b>24,7</b>	<b>78,2</b>	<b>154,0</b>	<b>194,0</b>	<b>244,5</b>	<b>289,8</b>	<b>339,0</b>	<b>387,2</b>	<b>451,2</b>

Quelle: (IFEU, 2013)

Daten zu SCR-Fahrzeugen im Off-Road-Sektor (vor allem Bauwirtschaft) liegen derzeit nicht vor. Hier wird davon ausgegangen, dass mit einer Markteinführung erst in den kommenden Jahren zu rechnen ist.

Die Berechnung der resultierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen erfolgt anhand folgender Formel gemäß 2006 IPCC GL (Band 2, Kap. 3.2 - Road Transportation, S. 3.12, Formel 3.2.2):

$$EM_{CO_2} = AR_{AdBlue®} \times \frac{12}{60} \times \frac{32,5}{100} \times \frac{44}{12}$$

Die folgende Tabelle stellt die so für den Zeitraum 2005 bis 2013 ermittelten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Einsatz von AdBlue® in mit SCR-Katalysatoren ausgerüsteten Fahrzeugen dar.

Tabelle 481: aus dem Einsatz von AdBlue® resultierende CO<sub>2</sub>- Emissionen (Angaben in [kt])

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
PKW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,5	1,2	2,2	4,1	8,0
leichte Nutzfahrzeuge	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
schwere NFZ: LKW	1,1	5,7	18,0	35,2	43,8	54,9	64,8	74,0	82,9	93,0
schwere NFZ: Busse	0,0	0,1	0,5	1,1	1,7	2,0	2,3	3,5	3,8	4,5
andere Kfz	0,0	0,0	0,1	0,4	0,6	0,8	0,8	1,2	1,4	1,6
<b>1.A.3.b</b>	<b>1,1</b>	<b>5,9</b>	<b>18,6</b>	<b>36,7</b>	<b>46,2</b>	<b>58,3</b>	<b>69,1</b>	<b>80,8</b>	<b>92,3</b>	<b>107,0</b>
Baufahrzeugen etc.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
<b>Gesamt</b>	<b>1,1</b>	<b>5,9</b>	<b>18,6</b>	<b>36,7</b>	<b>46,2</b>	<b>58,3</b>	<b>69,1</b>	<b>80,8</b>	<b>92,3</b>	<b>107,5</b>

Quelle: (IFEU, 2013)

Im deutschen Treibhausgas-Inventar werden diese Emissionen gemäß Fußnote (6) zur CRF-Tabelle 2(l).A-Hs2 unter 2.D.3 – *Non-energy products from fuels – Other* berichtet.

## 19.2 Weitere detaillierte methodische Beschreibungen für die Quellkategorie Industrieprozesse (2)

## 19.3 Weitere detaillierte methodische Beschreibungen für die Quellkategorie Landwirtschaft (3)

### 19.3.1 Berechnung der Emissionen zusätzlicher Tierkategorien

In den CRF-Tabellen unter IPCC (2006) werden unter „Other Livestock“ gegenüber den alten CRF-Tabellen zusätzliche Tierkategorien aufgeführt:

- Deer (Gehegewild),
- Rabbit (Kaninchen),
- Reindeer (Rentiere),
- Ostrich (Strauße),
- Fur-bearing animals (Pelztiere).

Rentiere werden in Deutschland nicht gehalten. Für die übrigen vier Kategorien werden in den nachfolgenden Kapiteln die Treibhausgasemissionen mit Tier-1-Verfahren exemplarisch für ein Jahr berechnet. Tabelle 482 fasst die Ergebnisse dieser Berechnungen zusammen. Diese Daten dienen als Grundlage für die Entscheidung, dass die entsprechenden Emissionen als geringfügig einzustufen sind und daher nicht im NIR berichtet werden müssen.

Tabelle 482: Gesamt-THG-Emissionen von Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren

	CH <sub>4</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]	N <sub>2</sub> O [kt a <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2eq</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]
<b>insgesamt</b>	<b>5,635</b>	<b>0,1119</b>	<b>174,20</b>
Gehegewild	5,348	0,0829	158,42
Kaninchen	0,194	0,0143	9,09
Strauße	0,043	0,0024	1,81
Pelztiere (Nerze)	0,050	0,0122	4,88

#### 19.3.1.1 Tierplatzzahlen

In Deutschland gibt es für Gehegewild, Kaninchen, Strauße und Pelztiere keine offizielle Erhebung der Tierzahlen. Tabelle 483 zeigt unter Angabe der verwendeten Informationsquelle Schätzungen des Statistischen Bundesamtes zum mittleren Tierbestand (C. Schreiner, pers. Mitteilung). Diese Zahlen werden als durchgängig belegte Tierplätze (AAP) interpretiert (siehe Kapitel 5.1.3.2). Die FAO bietet für Kaninchen ebenfalls Zahlen an, die aber weit unter den nationalen Zahlen liegen. Daher ist der Ansatz, der hier gewählt wird, als konservativ einzustufen.

Tabelle 483: Mittlerer jährlicher Tierbestand nach Schätzungen des Statistischen Bundesamtes

	Tierbestand	Quelle
Gehegewild	264.500	Landesverbände für landwirtschaftliche Wildtierhaltung, Umfrage im Zeitraum 2008/2009
Kaninchen	440.000	Bundesverband deutscher Kaninchenfleisch- und -wollerzeuger e.V.
Strauße	7.632	Tierseuchenkasse (2012)
Pelztiere (Nerze)	63.500	Länderabfrage zur Haltung von Pelztieren (Stand März 2012)

#### 19.3.1.2 CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung

Für Strauße werden keine CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung berechnet, da IPCC (2006) keine Methodik angibt. Die Emissionsberechnung für Gehegewild, Kaninchen und Pelztiere erfolgt durch Multiplikation der Tierzahl mit dem entsprechenden Emissionsfaktor.

Für Gehegewild wird der CH<sub>4</sub>-Default-Emissionsfaktor aus IPCC (2006)-10.28, Table 10.10, verwendet (20 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>).

Dagegen gibt IPCC (2006) keinen Emissionsfaktor für Kaninchen an. Laut Fußnote 1 zur Table 10.10, pg. 10.28, in IPCC (2006) kann der Emissionsfaktor approximiert werden, indem man eine Tierkategorie mit ähnlichem Verdauungssystem auswählt und deren Emissionsfaktor mithilfe des mit 0,75 potenzierten Verhältnisses der Tiergewichte skaliert. Für eine solche Schätzung wurde das Pferd als Vergleichstier gewählt, da es weder Wiederkäuer (Rind, Schaf, Ziege) noch Allesfresser (Schwein) ist. Nach IPCC (2006)-10.28, Table 10.10) wird für das Pferdegewicht mit 550 kg pro Tier gerechnet. Das Kaninchengewicht wird mit 3,0 kg angesetzt (Lebendendgewicht eines Mastkaninchens, nach LfL Bayern [<http://www.lfl.bayern.de/itt/tierhaltung/37339/>]). Mit dem CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor für Pferde (18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, IPCC (2006)-10.28, Table 10.10), ergibt sich damit für Kaninchen ein CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor von 0,36 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Für Pelztiere wird der von anderen Ländern (Estland, Finnland, Island, Norwegen; jeweils NIR 2014) verwendete CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor von 0,1 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> übernommen.

Tabelle 484 zeigt die beispielhaft berechneten jährlichen Emissionen aus der Verdauung bei Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren.

Tabelle 484: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung bei Gehegewild, Kaninchen und Pelztieren

	EF [kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	CH <sub>4</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2eq</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]
<b>insgesamt</b>		<b>5,45</b>	<b>136,37</b>
Gehegewild	20,00	5,29	132,25
Kaninchen	0,36	0,16	3,96
Pelztiere (Nerze)	0,10	0,0064	0,16

### 19.3.1.3 CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Es werden die Default-Emissionsfaktoren aus IPCC (2006)-10.83, Table 10A-9, verwendet. Die resultierenden Emissionen sind Tabelle 485 zu entnehmen.

Tabelle 485: CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management bei Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren

	EF [kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	CH <sub>4</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2eq</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]
<b>insgesamt</b>		<b>0,180</b>	<b>4,50</b>
Gehegewild	0,22	0,058	1,45
Kaninchen	0,08	0,035	0,88
Strauße	5,67	0,043	1,08
Pelztiere (Nerze)	0,68	0,043	1,08

### 19.3.1.4 N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Zur Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird die N-Ausscheidung sowie ggf. die Aufteilung der Tierpopulation auf verschiedene Haltungssysteme benötigt. Letzteres ist für Gehegewild, Kaninchen, Pelztiere und Strauße in Deutschland nicht bekannt. Es wird daher vereinfachend für Gehegewild ganzjährige Freilandhaltung und für Kaninchen, Pelztiere und Strauße eine ganzjährige Haltung in festmistbasierten Ställen angenommen. Zu den N-Ausscheidungen siehe Kapitel 19.3.1.4.1. Die resultierenden N<sub>2</sub>O-Emissionen finden sich in Kapitel 19.3.1.4.2.

**19.3.1.4.1 N-Ausscheidungen**

Weder IPCC (2006) noch EMEP (2013) geben einen Default-Wert für die N-Ausscheidung von Gehegewild an. Die nachfolgende Tabelle zeigt die N-Ausscheidungswerte der Länder, die über Gehegewild-Emissionen berichten (NIR 2012). Für die deutschen Berechnungen wurde der Wert aus Dänemark verwendet ( $16 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), da davon ausgegangen wird, dass sich die durchschnittlichen N-Ausscheidungen von Gehegewild in Dänemark und Deutschland nicht wesentlich unterscheiden. Der Wert liegt nur wenig oberhalb des Mittelwertes aller Daten in Tabelle 486 ( $15,1 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ).

Tabelle 486: Gehegewild: Von anderen Ländern im NIR 2012 berichtete N-Ausscheidungen  $N_{\text{excr}}$ 

Gehegewild	$N_{\text{excr}} [\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}]$	Bemerkung
Dänemark	16	
Großbritannien	13	
Österreich	13,1	Übernahme des Wertes für Schafe
Norwegen	12	
Russland	8,48	
Neuseeland	28,23	

Für Kaninchen gibt IPCC 2006, pg. 10.59, Table 10.19 eine Default-N-Ausscheidung von  $8,1 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  an. Dieser Wert erscheint unrealistisch, da er in der Größenordnung des Gesamtzuwachses an Lebendmasse pro Tierplatz und Jahr liegt. Letzterer berechnet sich bei jährlich ca. vier Durchgängen ( $n_{\text{round}}$ , abgeleitet aus 87 Tagen Mastdauer nach LfL Bayern (<http://www.lfl.bayern.de/itt/tierhaltung/37339/>)) und einem Lebendendgewicht von ca.  $3 \text{ kg Tier}^{-1}$  (siehe ebenfalls LfL Bayern) zu rund  $12 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . Daher wird die N-Ausscheidung von Kaninchen auf Grundlage der tierischen N-Bilanz geschätzt, siehe Gleichung 50:

Gleichung 50: Berechnung der N-Ausscheidung von Kaninchen (N-Bilanz)

$$N_{\text{excr, rabbit}} = n_{\text{round}} \cdot \Delta W_{\text{round}} \cdot (x_{\text{N}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot x_{\text{feed}} - x_{\text{N, ret}})$$

mit

$N_{\text{excr, rabbit}}$	N-Ausscheidung (in $\text{kg Platz}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )
$n_{\text{round}}$	Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr (in $\text{Durchgang a}^{-1}$ )
$\Delta W_{\text{round}}$	Gewichtszunahme pro Mastdurchgang (in $\text{kg Durchgang}^{-1} \text{ Platz}^{-1}$ )
$x_{\text{N}}$	N-Gehalt von Rohprotein ( $1/6,25 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$x_{\text{XP, feed}}$	Rohprotein-Gehalt des Futters (Frischmasse) (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$x_{\text{feed}}$	Futtermittelverbrauch (Frischmasse) pro $\text{kg Gewichtszunahme}$ (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$x_{\text{N, ret}}$	spezifische N-Retention ( $\text{kg kg}^{-1}$ )

In konservativer Weise wird  $\Delta W_{\text{round}}$  vereinfachend mit dem Mastendgewicht (siehe oben) gleichgesetzt. Der Rohproteingehalt des Futters,  $x_{\text{XP, feed}}$ , liegt nach [http://www.meissner-widder-kaninchen.de/F\\_WERT\\_TAB1.html](http://www.meissner-widder-kaninchen.de/F_WERT_TAB1.html) bei etwa  $0,17 \text{ kg kg}^{-1}$ . Der Futtermittelverbrauch  $x_{\text{feed}}$  beträgt ca.  $3,5 \text{ kg kg}^{-1}$  (LfL Bayern). Laut DLG (2005), S.12, ist  $x_{\text{N, ret}} = 0,03 \text{ kg kg}^{-1}$ . Damit ergibt Gleichung 50 eine N-Ausscheidung von  $0,8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Für Strauße geben weder IPCC (2006) noch EMEP (2013) Defaultwerte für die N-Ausscheidung an. Aus den CRF-Tabellen (NIR 2012) der Länder, die über Strauße berichten, wurden die in Tabelle 11 aufgelisteten Werte entnommen.

Tabelle 487: Strauße: Von anderen Ländern im NIR 2012 berichtete N-Ausscheidungen  $N_{\text{excr}}$ 

Strauße	$N_{\text{excr}} [\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}]$	Bemerkung
Dänemark	15,6	
Norwegen	12	
Luxemburg	12	

Australien	7	N-Ausscheidung von Straußen und Emus
------------	---	--------------------------------------

Für die deutschen Berechnungen wird wie bei Gehegewild der dänische Wert verwendet (15,6 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N).

Für Nerze gibt IPCC (2006)-10.59, Table 10.19, eine Default-N-Ausscheidung von 4,59 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N an.

#### 19.3.1.4.2 Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Zur Berechnung der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management für Kaninchen und Pelztiere wird die Tierplatzzahl mit der jährlichen N-Ausscheidung pro Platz, dem nationalen deutschen N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor für Festmist (0,013 kg kg<sup>-1</sup>, VANDRÉ et al., 2013) und dem Molgewichtsverhältnis von N<sub>2</sub>O zu N (44/28) multipliziert. Die Berechnung für Strauße erfolgt analog; als Emissionsfaktor wird allerdings der IPCC-Defaultwert 0,001 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC (2006)-10.63, Table 10.21) verwendet. Für Gehegewild entsteht im Bereich Wirtschaftsdünger-Management keine N<sub>2</sub>O-Emission, da die Freilandhaltung als „Weidegang“ anzusehen ist; die daraus resultierenden Emissionen werden bei den direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden berichtet, siehe Kapitel 19.3.1.6.

Tabelle 488: Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management bei Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren

	N <sub>excr</sub> [kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ]	N <sub>2</sub> O [kt a <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2eq</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]
<b>insgesamt</b>		<b>0,013</b>	<b>3,97</b>
Gehegewild	16	0,000	0,00
Kaninchen	0,8	0,007	2,14
Strauße	15,6	0,0002	0,06
Pelztiere (Nerze)	4,59	0,006	1,77

#### 19.3.1.5 Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Auswaschung/Oberflächenabfluss werden wie bei den anderen Tieren (siehe Kapitel 5.3.1) nicht berechnet. Die Berechnung indirekter N<sub>2</sub>O-Emissionen infolge der Deposition reaktiven Stickstoffs aus NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus Stall und Lager wird im Folgenden beschrieben. Stickstoffeinträge aus Einstreu können dabei mangels Daten nicht berücksichtigt werden.

Zunächst werden die NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus Stall und Lager ermittelt. Die Berechnung der NO-Emissionen erfolgt dabei analog zur Berechnung der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Stall und Lager (siehe Kapitel 19.3.1.4.2). Der Emissionsfaktor wird wie bei den anderen Tieren (siehe Kapitel 5.3.4.2.2) mit zehn Prozent des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors angesetzt: 0,0013 kg kg<sup>-1</sup> für Kaninchen und Pelztiere bzw. 0,0001 kg kg<sup>-1</sup> für Strauße.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Stall werden durch Multiplikation der ausgeschiedenen TAN-Menge (total ammoniacal nitrogen) mit dem entsprechenden Emissionsfaktor berechnet. Dabei ist die TAN-Menge das Produkt aus der N-Ausscheidung und deren relativem TAN-Gehalt. Die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Lager sind proportional zur TAN-Menge, die nach Abzug der N-Verluste aufgrund der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Stall verbleibt. Als Proportionalitätsfaktor dient der Lager-Emissionsfaktor. Für Kaninchen und Strauße liegen keine Daten zu TAN-Gehalt und Emissionsfaktoren vor; daher wurden die entsprechenden Default-Werte für Pferde und Gänse aus EMEP (2013)-3B-27 übernommen. Die schließlich verwendeten Daten sind in Tabelle 489 aufgelistet, wobei die Emissionsfaktoren in kg NH<sub>3</sub>-N

pro kg TAN angegeben sind. Für Gehegewild entfällt die Berechnung, da es sich ganzjährig im Freien aufhält.

Tabelle 489: Eingangsdaten zur Berechnung der NH<sub>3</sub>-Emissionen (Emissionsfaktoren [EF] in kg NH<sub>3</sub>-N pro kg TAN

	TAN-Gehalt [%]	EF Stall [kg kg <sup>-1</sup> ]	EF Lager [kg kg <sup>-1</sup> ]	Bemerkung
Kaninchen	60	0,22	0,35	Default für Pferde, EMEP (2013)-3B-27
Strauße	70	0,57	0,16	Default für Gänse, EMEP (2013)-3B-27)
Pelztiere (Nerze)	60	0,27	0,09	Default, EMEP (2013)-3B-27

Die resultierende Deposition von reaktivem Stickstoff (N<sub>reac</sub>) sowie die daraus folgenden indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen sind in Tabelle 490 wiedergegeben, wobei nach IPCC (2006)-11.24, Table 11.3, der Emissionsfaktor EF<sub>4</sub> = 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N pro kg N<sub>reac</sub> verwendet wurde.

Tabelle 490: Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition reaktiven Stickstoffs aus NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus Stall und Lager

	N <sub>reac</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]	N <sub>2</sub> O [kt a <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2eq</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]
<b>insgesamt</b>	<b>0,2169</b>	<b>0,00341</b>	<b>1,02</b>
Kaninchen	0,1046	0,00164	0,49
Strauße	0,0533	0,00084	0,25
Pelztiere (Nerze)	0,0591	0,00093	0,28

### 19.3.1.6 Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden

Infolge der Ausbringung des Wirtschaftsdüngers von Kaninchen, Straußen und Pelztieren sowie des Freilandaufenthalts von Gehegewild entstehen direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden.

Die Emissionen durch Wirtschaftsdünger- Ausbringung werden berechnet, indem die jeweilige N-Menge, die nach N-Verlusten (als NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub>) aus Stall und Lager noch zur Verfügung steht, mit dem IPCC-Default-Emissionsfaktor EF<sub>1</sub> (0,01 kg N<sub>2</sub>O-N pro kg N, IPCC (2006)-11.11, Table 11.1) und dem Molgewichtsverhältnis 44/28 multipliziert wird.

Die durch das Gehegewild verursachte N<sub>2</sub>O-Emission ergibt sich, indem die Tierzahl mit der TAN-Ausscheidung, dem N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor für Weidegang und dem Molgewichtsverhältnis 44/28 multipliziert wird. Dabei ist die TAN-Menge das Produkt aus der N-Ausscheidung und deren relativem TAN-Gehalt. Letzterer ist nicht bekannt, weshalb der Wert für Schafe nach EMEP (2013)-3B-27 übernommen wird (50 %). Als Emissionsfaktor wird gemäß IPCC (2006)-11.11, Table 11.1, der EF<sub>3PRP,SO</sub> für Schafe und andere Tiere angewendet (0,01 kg N<sub>2</sub>O-N pro kg N-Ausscheidung).

Tabelle 491 zeigt die N-Menge, deren Multiplikation mit dem jeweiligen Emissionsfaktor und dem Molgewichtsverhältnis 44/28 zur ebenfalls angegebenen Emission führt.

Tabelle 491: Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden infolge Gehegewild-Freilandaufenthalt und Wirtschaftsdüngerausbringung bei Kaninchen, Straußen und Pelztieren.

	N [kt a <sup>-1</sup> ]	N <sub>2</sub> O [kt a <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2eq</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]
<b>insgesamt</b>	<b>4,744</b>	<b>0,0745</b>	<b>22,21</b>
Gehegewild	4,232	0,0665	19,82
Kaninchen	0,229	0,0036	1,07
Strauße	0,065	0,0010	0,31
Pelztiere (Nerze)	0,217	0,0034	1,02

### 19.3.1.7 Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden

Zur Berechnung der indirekten Emissionen aus der Deposition reaktiven Stickstoffs werden die NH<sub>3</sub>-N-Emissionen aus dem Gehegewild-Freilandaufenthalt und der Ausbringung von Wirtschaftsdünger sowie die entsprechenden NO-N-Emissionen benötigt. Tabelle 493 zeigt die verwendeten Parameter, wobei die Emissionsfaktoren in kg NH<sub>3</sub>-N pro kg TAN angegeben sind.

Tabelle 492: Parameter zur Berechnung der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Deposition reaktiven Stickstoffs infolge Freilandaufenthalt und Ausbringung (Emissionsfaktoren [EF] in kg N<sub>2</sub>O-N pro kg reaktiven Stickstoffs)

	EF <sub>NH<sub>3</sub>-N</sub> Freiland	EF <sub>NH<sub>3</sub>-N</sub> Ausbringung	Bemerkung
Gehegewild	0,09		Default für Schafe, EMEP (2013)-3B-27
Kaninchen		0,90	Default für Pferde, EMEP (2013)-3B-27
Strauße		0,45	Default für Gänse, EMEP (2013)-3B-27
Pelztiere (Nerze)		0,90	Default, EMEP (2013)-3B-27

Die NO-N-Emissionen aus dem Gehegewild-Freilandaufenthalt werden mit dem Default-Emissionsfaktor 0,007 kg kg<sup>-1</sup> N (EMEP (2007)-B1020-12) berechnet. Die NO-N-Emissionen aus der Ausbringung werden analog zu den N<sub>2</sub>O-N-Emissionen aus der Ausbringung mit dem Emissionsfaktor 0,012 kg NO-N pro kg N (EMEP (2013)-3D-11; dort ist der EF als 0,026 kg NO pro kg N angegeben) berechnet.

Tabelle 493: Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Deposition reaktiven Stickstoffs (N<sub>reac</sub>) aus NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus Gehegewild-Freilandaufenthalt und Ausbringung

	N <sub>reac</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]	N <sub>2</sub> O [kt a <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2eq</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]
<b>insgesamt</b>	<b>0,424</b>	<b>0,0067</b>	<b>1,99</b>
Gehegewild	0,220	0,0035	1,03
Kaninchen	0,090	0,0014	0,42
Strauße	0,014	0,0002	0,07
Pelztiere (Nerze)	0,100	0,0016	0,47

Die indirekten Emissionen als Folge von Auswaschung/Oberflächenabfluss werden berechnet, indem die hierfür im Boden verfügbare N-Menge (N<sub>Boden</sub>) mit FRAC<sub>Leach</sub> (0,3 kg kg<sup>-1</sup> nach IPCC (2006)-11.24, Tabelle 11.3) und dem Emissionsfaktor EF<sub>5</sub> = 0,0075 (IPCC (2006)-11.24, Table 11.3) multipliziert wird. Die im Boden verfügbare N-Menge wird wie bei den anderen Tieren berechnet, siehe Kapitel 5.1.5.1.4.

Tabelle 494: Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden infolge Auswaschung/Oberflächenabfluss

	N <sub>Boden</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]	N <sub>2</sub> O [kt a <sup>-1</sup> ]	CO <sub>2eq</sub> [kt a <sup>-1</sup> ]
<b>insgesamt</b>	<b>3,395</b>	<b>0,0139</b>	<b>4,15</b>
Gehegewild	3,673	0,0130	3,87
Kaninchen	0,118	0,0004	0,12
Strauße	0,045	0,0002	0,05
Pelztiere (Nerze)	0,098	0,0003	0,10

### 19.3.2 Verteilungen von Haltungs- Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Weidegangdaten (CRF 3.B, 3.D)

Tabelle 495 bis Tabelle 498 zeigen (gerundet auf ganze Prozentwerte) die auf nationaler Ebene aggregierten Verteilungen von Haltungs- Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Angaben zum Weidegang. Da Büffel zusammen mit den Rindern sowie Esel und Maultiere mit den Pferden berichtet werden (siehe Kapitel 5.1.3.2.2), sind sie in den nachstehenden Tabellen nicht gesondert aufgeführt.

Die Emissionsberechnungen wurden nicht mit den Daten aus Tabelle 495 bis Tabelle 498 durchgeführt, sondern mit den dahinter stehenden Daten in Bundesland-Auflösung. Die Tabellen umfassen auch Angaben zu Emissionsfaktoren (u. a. auch für NH<sub>3</sub>). Zu weiteren Details siehe HAENEL et al. (2016).

Tabelle 495: Häufigkeitsverteilungen von Tierhaltungsverfahren(in %) sowie zugehörige Einstreumengen und NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren

livestock category	housing type	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	bedding material (straw) kg place d <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> -N EF for housing, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in excreta	
dairy cattle	tied systems, straw based	31	31	31	31	15	15	15	15	13	13	13	12	12	12	11	11	10	10	10	9	9	9	9	9	9	5.0	0.066	
	tied systems, slurry based	37	37	37	37	36	36	36	36	34	34	33	31	30	28	27	25	24	23	21	20	18	18	18	18	18		0.066	
	loose housing, straw based	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	9	9	9	5.0	0.197	
	loose housing, slurry based	29	29	29	29	46	46	46	46	49	49	50	52	53	55	56	57	59	60	61	63	64	64	64	64	64		0.197	
	loose housing, deep bedding	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.0	0.197
	time spent on pastures (in % of year)	18	18	18	18	14	14	14	14	14	13	13	13	13	12	12	12	11	11	11	11	11	10	11	11	11	11		
male beef cattle	tied systems, straw based	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	7	7	7	2.0	0.066
	tied systems, slurry based	7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	7	7	8	8	9	10	10	10	10	10	10		0.066	
	loose housing, slurry based	83	83	83	83	89	89	89	89	91	91	87	84	81	78	74	71	68	65	61	58	55	55	55	55	55		0.197	
	loose housing, sloped floor	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	6	8	10	12	15	17	19	21	24	26	28	28	28	28	2.5	0.213	
	time spent on pastures (in % of year)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3		
heifers	tied systems, straw based	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	2.0	0.066	
	tied systems, slurry based	15	15	15	15	17	17	17	17	17	17	16	16	15	14	14	13	12	12	11	10	10	10	10	10	10		0.066	
	loose housing, slurry based	48	48	48	48	49	49	49	49	49	49	49	49	48	48	47	47	47	46	46	45	45	45	45	45	45		0.197	
	loose housing, straw based	29	29	29	29	25	25	25	25	25	25	26	27	28	29	30	31	32	32	33	34	35	35	35	35	35	3.0	0.197	
	time spent on pastures (in % of year)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	21		
calves	tied systems, straw based	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.5	0.066	
	loose housing, deep bedding	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	2.5	0.197	
	time spent on pastures (in % of year)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

livestock category	housing type	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	bedding material (straw) kg place d <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> -N EF for housing, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in excreta
suckler cows	tied systems, straw based	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17	17	17	5.0	0.066
	tied systems, slurry based	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5		0.066
	loose housing, slurry based	9	9	9	9	8	8	8	8	6	6	7	8	9	9	10	11	12	12	13	14	14	14	14	14	14		0.197
	loose housing, deep bedding	82	82	82	82	83	83	83	83	86	86	84	82	80	78	76	74	71	69	67	65	63	63	63	63	63	8.0	0.197
	time spent on pastures (in % of year)	41	40	42	42	42	42	43	43	44	44	44	44	45	44	45	45	45	46	46	47	47	47	47	47	47		
mature males > 2 years	tied systems, straw based	16	16	16	16	15	15	15	15	14	14	14	14	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	5.0	0.066
	tied systems, slurry based	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8		0.066
	loose housing, slurry based	38	38	38	38	35	35	35	35	36	36	36	36	35	35	35	35	34	34	34	34	33	33	33	33	33		0.197
	loose housing, straw based	37	37	37	37	41	41	41	41	41	41	41	42	42	42	43	43	43	44	44	44	44	44	44	44	44	5.0	0.197
	time spent on pastures (in % of year)	35	33	33	34	33	33	33	32	33	33	32	32	32	32	32	32	33	33	33	34	34	34	34	34	34		
fattening pigs	fully slatted floor, slurry	49	49	49	49	57	57	57	57	62	62	63	64	64	65	66	67	68	69	70	71	72	72	72	72	72		0.3
	partly slatted floor, slurry	40	40	40	40	34	34	34	34	31	31	31	30	29	28	27	26	26	25	24	23	22	22	22	22	22		0.3
	plane floor with bedding	8	8	8	8	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	0.3	0.4
	deep bedding	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.0	0.4
	time spent on pastures (in % of year)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
weaners	fully slatted floor, slurry	45	45	45	45	57	57	57	57	62	62	63	64	64	65	66	67	68	68	69	70	71	71	71	71	71		0.3
	partly slatted floor, slurry	41	41	41	41	33	33	33	33	28	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	23	23	23	23		0.3
	plane floor with bedding	10	10	10	10	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0.15	0.4
	deep bedding	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.2	0.4
	time spent on pastures (in % of year)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
sows	straw based	42	42	42	42	26	26	26	26	24	24	23	22	21	21	20	19	18	17	16	15	14	14	14	14	14	0.5	0.34
	Slurry based	58	58	58	58	74	74	74	74	76	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	86	86	86		0.34
	time spent on pastures (in % of year)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
boars	straw based	32	32	32	32	23	23	23	23	21	21	21	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	15	15	15	15	0.5	0.34
	slurry based	68	68	68	68	77	77	77	77	79	79	79	80	80	81	81	82	82	83	84	84	85	85	85	85	85		0.34
	time spent on pastures (in % of year)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

livestock category	housing type	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	bedding material (straw) kg place a <sup>-1</sup>	kg NH <sub>3</sub> -N per kg N in excreta
laying hens	cages; >2010: small group housing systems	95	95	95	95	95	94	92	90	89	88	87	85	84	81	77	73	70	68	62	38	18	14	13	11	11		*)
	floor management, aviary	4	4	4	4	4	5	5	7	7	7	7	7	7	9	12	14	15	17	22	45	63	64	64	64	64	0.5	*)
	free range, organic farming	1	1	1	1	1	2	2	4	4	5	7	8	9	10	11	13	14	15	16	18	19	22	23	24	26	0.5	*)
broilers	floor management	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1.4	0.09
pullets	floor management	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.75	0.09
ducks	floor management	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	22	0.16
geese	floor management and free range	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		0.57 . per kg TAN (UAN) in excreta
turkeys, female	floor management	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10.3	0.22
turkeys, male	floor management	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	10.3	0.22

livestock category	housing type	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	bedding material (straw) kg place d <sup>-1</sup>	kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in excreta
horses	straw based system	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	8.0 / 5.0	0.22
	time spent on pastures (in % of year)	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21		
sheep without lambs	straw based system	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.4	0.22
	time spent on pastures (in % of year)	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55		
lambs	straw based system	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.16	0.22
	time spent on pastures (in % of year)	57	57	58	58	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	55	55	55	55		
goats	straw based system	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.4	0.22
	time spent on pastures (in % of year)	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34		

\*) s. Tabelle 498: Legehennen, haltungsspezifische partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren

Tabelle 496: Häufigkeitsverteilungen von Lagerverfahren (in %), Mengen an vergorenen Energiepflanzen sowie zugehörige Emissionsfaktoren

livestock category	storage type	1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014																								NH <sub>3</sub> -N EF for storage,	NH <sub>3</sub> -N EF for storage,	N <sub>2</sub> O EF for storage	N <sub>2</sub> O EF for storage	CH <sub>4</sub> MCF for storage	maximum CH <sub>4</sub> producing capacity (Bo)
		kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system	kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system (leachate / urine)	kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system	kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system (leachate / urine)	% von Bo < 10 °C	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> per kg VS																								
cattle, untreated slurry	open tank (% of total untreated slurry)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6	6	0.150		0.000	17.0	0.23	
	solid cover (% of total untreated slurry)	22	22	22	22	22	22	22	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	29	29	29	29	0.015		0.005	17.0	0.23	
	natural crust (% of total untreated slurry)	36	36	36	36	40	40	40	40	40	40	39	38	37	35	34	33	32	30	29	28	27	27	27	27	0.045		0.005	10.0	0.23	
	plastic film (% of total untreated slurry)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.023		0.000	17.0	0.23	
	artificial crust (chaff) (% of total untreated slurry)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.030		0.000	17.0	0.23	
	storage below animal confinements > 1 month (% of total untreated slurry)	41	41	41	41	36	36	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	38	38	38	38	38	38	38	38	0.045		0.002	17.0	0.23	
cattle, digestion of slurry	% of total cattle slurry	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4	6	9	11	14	17	21	23	26	27						
cattle, digestion of solid manure	% of total manure of cattle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	3	4	4	4	5						
cattle, storage of digestates	gas tight storage (% of slurry)	0	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	20	25	30	35	41	46	57	58	0.000 *)		0.000 *)	2.7 *)	0.23	
cattle, storage of digestates	open tank (% of slurry)	100	99	98	97	96	95	95	94	93	92	91	90	89	88	86	85	80	75	70	65	59	54	43	42	42	0.045 *)		0.005 *)	3.1 *)	0.23

livestock category	storage type	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	NH <sub>3</sub> -N EF for storage, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system	NH <sub>3</sub> -N EF for storage, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system (leachate / urine)	N <sub>2</sub> O EF for storage, kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system	N <sub>2</sub> O EF for storage, kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system (leachate / urine)	CH <sub>4</sub> MCF for storage, % von Bo	maximum CH <sub>4</sub> producing capacity (Bo), m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> per kg VS
		< 10 °C																														
cattle, storage of digestates	gas tight storage (% of solid manure)	0	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	20	25	30	35	41	46	57	58	58	0.000 *		0.000 *	1.2 *	0.23	
	open tank (% of solid manure)	100	99	98	97	96	95	95	94	93	92	91	90	89	88	86	85	80	75	70	65	59	54	43	42	42	0.045 *		0.005 *	1.6 *	0.23	
dairy cattle, solid manure	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.600	0.013	0.013	0.005	2.0	0.23
male beef cattle, solid manure	heap (% of total solid manure)	42	42	42	42	39	39	39	39	38	38	30	27	25	23	22	22	21	21	20	20	20	20	20	20	20	0.600	0.013	0.013	0.005	2.0	0.23
	sloped floor (% of total solid manure)	58	58	58	58	61	61	61	61	62	62	70	73	75	77	78	78	79	79	80	80	80	80	80	80	80	0.600		0.010	0.005	17.0	0.23
heifers, solid manure	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.600	0.013	0.013	0.005	2.0	0.23
calves, solid manure	heap (% of total solid manure)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.600	0.013	0.013	0.005	2.0	0.23
	deep bedding (% of total solid manure)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.600		0.010		17.0	0.23
suckler cows, solid manure	heap (% of total solid manure)	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	7	9	10	11	13	14	15	17	18	20	21	21	21	21	21	0.600	0.013	0.013	0.005	2.0	0.23
	deep bedding (% of total solid manure)	93	93	93	93	93	93	93	93	94	94	93	91	90	89	87	86	85	83	82	80	79	79	79	79	79	0.600		0.010		17.0	0.23
mature males, solid manure	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.600	0.013	0.013	0.005	2.0	0.23
pigs, untreated slurry	open tank (% of total untreated slurry)	47	47	47	47	27	27	27	27	27	27	25	23	22	20	19	17	15	14	12	10	9	9	9	9	9	0.150		0.000		25.0	0.30
	solid cover (% of total untreated slurry)	18	18	18	18	22	22	22	22	22	22	23	23	23	24	24	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	0.015		0.005		25.0

livestock category	storage type	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	NH <sub>3</sub> -N EF for storage, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system	NH <sub>3</sub> -N EF for storage, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system (leachate / urine)	N <sub>2</sub> O EF for storage, kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system	N <sub>2</sub> O EF for storage, kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system (leachate / urine)	CH <sub>4</sub> MCF for storage, % von Bo < 10 °C	maximum CH <sub>4</sub> producing capacity (Bo) m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> per kg VS
		natural crust (% of total untreated slurry)	3	3	3	3	13	13	13	13	13	13	13	14	16	17	19	20	22	23	25	26	28	29	29	29	29	29	0.105		0.005	
plastic film (% of total untreated slurry)	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	5	4	4	3	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0.023		0.000		25.0	0.30
artificial crust (chaff) (% of total untreated slurry)	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	0.030		0.000		25.0	0.30
storage below animal confinement s > 1 month (% of total untreated slurry)	32	32	32	32	31	31	31	31	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	0.105		0.002		25.0	0.30
pigs, digested slurry	% of total pig slurry	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5	6	8	10	12	13	15	16						
pigs, storage of digestates	gas tight storage (% of digestates)	0	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	20	25	30	35	41	46	57	58	58	0.000 *)		0.000 *)		3.5 *)	0.30
pigs, storage of digestates	open tank (% of digestates)	100	99	98	97	96	95	95	94	93	92	91	90	89	88	86	85	80	75	70	65	59	54	43	42	42	0.045 *)		0.005 *)		3.9 *)	0.30
fattening pigs / weaners, solid manure	heap (% of total solid manure)	75	75	75	75	70	70	70	70	69	69	69	70	70	71	71	71	72	72	73	73	74	74	74	74	74	0.600	0.030	0.013	0.005	3.0	0.30
fattening pigs / weaners, solid manure	deep bedding (% of total solid manure)	25	25	25	25	30	30	30	30	31	31	31	30	30	29	29	29	28	28	27	27	26	26	26	26	26	0.600		0.010		25.0	0.30
sows / boars, solid manure	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.600	0.030	0.013	0.005	3.0	0.30
laying hens	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.140		0.001		1.5	0.39

livestock category	storage type	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	NH <sub>3</sub> -N EF for storage, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system	NH <sub>3</sub> -N EF for storage, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system (leachate / urine)	N <sub>2</sub> O EF for storage, kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system	N <sub>2</sub> O EF for storage, kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system (leachate / urine)	CH <sub>4</sub> MCF for storage, % von Bo < 10 °C	maximum CH <sub>4</sub> producing capacity (Bo), m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> per kg VS	
		broilers	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.170		0.001		1.5
pullets	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.170		0.001		1.5	0.39
ducks	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.240		0.001		1.5	0.36
geese	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.160		0.001		Tier 1 method	Tier 1 method
turkeys, female	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.240		0.001		1.5	0.360
turkeys, male	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.240		0.001		1.5	0.360
poultry, digested solid manure		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5	6	8	10	11	11	13	13							
poultry, storage of digestates	gas tight storage (% of digestates)	0	1	2	3	4	5	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	20	25	30	35	41	46	57	58	58	0.000 *		0.000 *		1.1 *	see animal-specific	
poultry, storage of digestates	open tank (% of digestates)	100	99	98	97	96	95	95	94	93	92	91	90	89	88	86	85	80	75	70	65	59	54	43	42	42	0.045 *		0.005 *		1.6 *	values (above)	
horses	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.350		0.013		2.0	0.30
sheep	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.280		0.013		2.0	0.19
goats	heap (% of total solid manure)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.280		0.013		2.0	0.18
digestion of energy plants	amount of energy plants digested (1000 kt fresh matter)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.12	0.20	0.25	0.56	0.64	1.0	1.5	2.1	2.5	3.2	8.7	12.2	16.7	19.5	25.0	31.4	39.2	42.9	51.8	55.9							
digestion of energy plants	gas tight storage (% of digestates)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11	13	14	16	21	26	32	37	42	48	59	61	61	0.000 *		0.000 *		1.0 *	0.37	

livestock category	storage type	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	NH <sub>3</sub> -N EF for storage, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system	NH <sub>3</sub> -N EF for storage, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN in storage system (leachate / urine)	N <sub>2</sub> O EF for storage, kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system	N <sub>2</sub> O EF for storage, kg N <sub>2</sub> O-N per kg N in storage system (leachate / urine)	CH <sub>4</sub> MCF for storage, % von Bo	CH <sub>4</sub> MCF for storage, < 10 °C	maximum CH <sub>4</sub> producing capacity (Bo), m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> per kg VS
		open tank (% of digestates)		100	99	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	87	86	84	79	74	68	63	58	52	41	39	39	0.045 *)		0.005 *)		1.4 *)

\*) digestion of slurry, solid manure, poultry manure and energy plants: EFs and MCFs are overall values for the system "pre-storage (if existent) + digester + storage of digestates"

Tabelle 497: Häufigkeitsverteilungen von Ausbringungsverfahren (in %) sowie zugehörige Emissionsfaktoren

livestock category	application type																									NH <sub>3</sub> -N EF for application, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN applied	
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
cattle, untreated slurry	broadcast, without incorporation	10	10	10	10	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0.50
	broadcast, incorporation < 1 h	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0.10
	broadcast, incorporation < 4h	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	3	3	4	5	6	7	7	8	9	10	11	11	18	18	18	0.26
	broadcast, incorporation < 6h	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.35
	broadcast, incorporation < 8h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	0	0	0	0.40
	broadcast, incorporation < 12h	0	0	0	0	20	20	20	20	22	22	20	18	16	14	12	11	9	7	5	3	1	1	0	0	0	0.43
	broadcast, incorporation < 24h	32	32	32	32	9	9	9	9	9	9	8	8	7	6	5	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0.46
	broadcast, incorporation < 48h	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
	broadcast, vegetation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	16	16	16	16	16	0.50
	broadcast, grassland	44	44	44	44	42	42	42	42	41	41	41	41	42	42	42	42	43	43	43	43	44	44	44	44	44	0.60
	trailing hose, without incorporation	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46
	trailing hose, incorporation < 1 h	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.04
	trailing hose, incorporation < 4h	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	0.15
	trailing hose, incorporation < 6h	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.20
	trailing hose, incorporation < 8h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0.24
	trailing hose, incorporation < 12h	0	0	0	0	9	9	9	9	9	9	8	7	7	6	5	4	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0.30
	trailing hose, incorporation < 24h	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0.39
	trailing hose, incorporation < 48h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46
	trailing hose, vegetation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	0.35
	trailing hose, short vegetation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50
trailing hose, grassland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.54	
trailing shoe	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.36	
injection (open slot)	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.24	
grubber and injection	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	0.05	
cattle, solid manure	broadcast, without incorporation	13	13	13	13	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.90
	broadcast, incorporation < 1 h	6	6	6	6	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	0.09
	broadcast, incorporation < 4h	0	0	0	0	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0.45
	broadcast, incorporation < 12h	10	10	10	10	28	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	0.81
	broadcast, incorporation < 24h	46	46	46	46	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	0.90
	broadcast, incorporation < 48h	7	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.90
	broadcast, vegetation/grassland	20	20	20	20	25	25	25	25	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	0.90

livestock category	application type	1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014																							NH <sub>3</sub> -N EF for application, kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN applied			
		pigs, untreated slurry	broadcast, without incorporation	7	7	7	7	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0
	broadcast, incorporation < 1 h	4	4	4	4	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0.04
	broadcast, incorporation < 4h	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8	9	9	9	15	15	15	15	0.09
	broadcast, incorporation < 6h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.11
	broadcast, incorporation < 8h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5	0	0	0	0	0.13
	broadcast, incorporation < 12h	0	0	0	0	29	29	29	29	28	28	25	23	21	18	16	13	11	8	6	4	1	1	0	0	0	0	0.16
	broadcast, incorporation < 24h	50	50	50	50	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0.21
	broadcast, incorporation < 48h	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25
	broadcast, vegetation	30	30	30	30	22	22	22	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	0.25
	broadcast, grassland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.30
	trailing hose, without incorporation	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18
	trailing hose, incorporation < 1 h	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0.02
	trailing hose, incorporation < 4h	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5	6	6	6	10	10	10	10	0.06
	trailing hose, incorporation < 6h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.08
	trailing hose, incorporation < 8h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	0	0	0	0	0	0.09
	trailing hose, incorporation < 12h	0	0	0	0	10	10	10	10	10	10	9	8	7	7	6	5	4	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0.11
	trailing hose, incorporation < 24h	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14
	trailing hose, incorporation < 48h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.17
	trailing hose, vegetation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	8	11	13	16	19	21	24	27	29	29	29	29	29	29	0.13
	trailing hose, short vegetation	1	1	1	1	8	8	8	8	9	9	8	7	6	6	5	4	3	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0.25
	trailing hose, grassland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.21
	trailing shoe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.12
	injection (open slot)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.06
	grubber and injection	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0.03

livestock category	application type	1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014																								NH <sub>3</sub> -N EF for application,	
		kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN applied																									
pigs, solid manure	broadcast, without incorporation	36	36	36	36	29	29	29	29	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	0.90	
	broadcast, incorporation < 1 h	4	4	4	4	16	16	16	16	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	0.09	
	broadcast, incorporation < 4h	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0.45	
	broadcast, incorporation < 12h	0	0	0	0	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0.81	
	broadcast, incorporation < 24h	53	53	53	53	33	33	33	33	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	0.90	
	broadcast, incorporation < 48h	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.90	
	broadcast, vegetation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.90	
cattle and pigs, leachate	broadcast, without incorporation	50	50	50	50	50	50	50	50	50	45	41	36	32	27	23	18	14	9	5	0	0	0	0	0	0.20	
	broadcast, incorporation < 1 h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	0.02	
	broadcast, incorporation < 4h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	4	5	6	7	7	8	8	19	19	0.07	
	broadcast, incorporation < 8h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	4	4	5	6	6	7	8	8	0	0	0.12	
	broadcast, incorporation < 12h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	0	0	0.14	
	broadcast, vegetation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	4	6	7	8	10	11	13	14	15	15	15	15	0.20	
	broadcast, grassland	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	49	49	49	49	48	48	48	48	47	47	47	47	47	47	0.20	
	trailing hose, without incorporation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18
	trailing hose, incorporation < 1 h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0.01
	trailing hose, incorporation < 4h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	4	4	4	0.05
	trailing hose, incorporation < 8h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0.09	
	trailing hose, incorporation < 12h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0.12	
	trailing hose, vegetation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	0.10	
	trailing hose, grassland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	0.14	
	trailing shoe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0.08
	injection (open slot)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.04
	grubber and injection	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.02
laying hens, solid manure	broadcast, without incorporation	8	8	8	8	5	5	5	5	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0.90	
	broadcast, incorporation < 1 h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	
	broadcast, incorporation < 4h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.18	
	broadcast, incorporation < 12h	0	0	0	0	11	11	11	11	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	0.40	
broadcast, incorporation < 24h	92	92	92	92	84	84	84	84	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	0.45		

livestock category	application type																									NH <sub>3</sub> -N EF for application,		
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	kg NH <sub>3</sub> -N per kg TAN applied	
poultry, except laying hens, solid manure	broadcast, incorporation < 24 h	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.45	
all other animals, solid manure *)	broadcast, without incorporation	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0.90	
digested manure (cattle, pigs, poultry) and digested energy plants	broadcast, without incorporation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.50	
	broadcast, incorporation < 1 h	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0.10	
	broadcast, incorporation < 4h	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	16	16	16	0.26
	broadcast, incorporation < 8h	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0.40
	broadcast, incorporation < 12h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0.43
	broadcast, vegetation	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	0.50
	broadcast, grassland	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0.60
	trailing hose, without incorporation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.46
	trailing hose, incorporation < 1 h	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.04
	trailing hose, incorporation < 4h	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	13	13	13	0.15
	trailing hose, incorporation < 8h	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0.24
	trailing hose, incorporation < 12h	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0.30
	trailing hose, vegetation	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	0.35
	trailing hose, grassland	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	0.54
	trailing shoe	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0.36
	injection (open slot)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0.24
	grubber and injection	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	0.05

\*) horses, sheep, goats

Tabelle 498: Legehennen, haltungsspezifische partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren

[in kg NH <sub>3</sub> -N per excreted kg N]	≤ 2000	2001 - 2009	≥2010
cage housing;		0.164	0.066
as of 2010: small-group housing			
floor management, aviary	0.351	linear interpolation	0.090
intensive outdoor management, free-range management, organic production			0.099

## 19.4 Weitere detaillierte methodische Beschreibungen für die Quell-/Senkenkategorie Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (4)

### 19.4.1 Landnutzungsmatrix

#### 19.4.1.1 Begründung der Entscheidung für ein stichprobenbasiertes System

Für die jährliche Erfassung der Landnutzungsänderungen stehen in Deutschland verschiedene räumliche Datensätze zur Verfügung. Jeder dieser Datensätze weist spezifische Vor- und Nachteile auf, z.B.:

- periodische vs. jährliche Erfassung
- regionale vs. national vollständige Erfassung
- flächig vollständige vs. (systembedingte) unvollständige (lückenhafte) Erfassung
- fokussiert auf die (Ist-) Zustandserfassung vs. Erfassung von Veränderungen
- Erfassung einer einzelnen Landnutzungskategorie: Wald

Durch die genannten Unterschiede in den Datensätzen ergeben sich für jede weitere Verwendung folgende Fragestellungen:

- Können mit diesen Daten alle Landnutzungsarten adäquat erfasst werden?
- Stimmen die Definitionen der Landnutzungs- und Landnutzungsänderungs-Klassen zwischen den Datensätzen aber auch mit nationalen oder internationalen Definitionen überein?
- Werden die Daten fortgeführt?
- Entwickelt sich deren Erhebung weiter?
- Stehen neue Informationsquellen zur Verfügung, etc.?

Mit der Entwicklung und dem Aufbau solcher sowohl inhaltlich umfassenden als auch räumlich expliziten und vollständigen, GIS-basierten Kartenwerke wurde häufig erst in den 1990er Jahren begonnen. Der Datenbestand wurde nach und nach aufgebaut und in seiner Qualität sukzessive verbessert. Dies impliziert jedoch, dass nicht für jede einzelne Fläche bzw. jeden einzelnen Stichprobenpunkt Informationen über die Landnutzung im Jahr 1990 bzw. davor aber auch danach vorliegen. Aus diesem Grund wurde nun ein flexibles System entwickelt, welches die Informationen möglichst vieler Datenquellen nutzt, um:

- umfassende und vollständige Landnutzungsänderungs-Informationen zu erhalten,
- den qualitativen Unterschieden der einzelnen Datenquellen gerecht zu werden,
- die räumlichen als auch qualitativen Entwicklungen der Daten zu berücksichtigen und
- Veränderungen zwischen verschiedenen Datenquellen zu verifizieren und
- eine konsistente Definition der Landnutzungskategorien in der Zeitreihe zu gewährleisten bzw.
- eigene Recherchen zuzulassen.

Diesen Ansprüchen wird angesichts der Datenlage in Deutschland nur ein stichprobenbasiertes System gerecht, da

- Datenquellen validiert werden können
- hierdurch die Quantifizierung unterschiedlicher Fehlerquellen möglich ist.
- Veränderungen punktweise und nicht in der Fläche betrachtet werden, weshalb ein stichprobenbasiertes System:

1. robuster auf kleinere Ungenauigkeiten in der Grenzziehung einer Fläche zwischen unterschiedlichen Datenquellen reagiert und
  2. eine 100%ige Genauigkeit in der Georeferenzierung nicht benötigt wird (FULLER 2003).
- die Plausibilität von Landnutzungsänderungen verifiziert werden kann und
  - sich Datenquellen, welche nur stichprobenartig vorliegen, in dieses System integrieren lassen, wodurch die Datenbasis erweitert werden kann.

Ein solches stichprobenbasiertes System, welches bereits seit 1987 existiert und seitdem periodisch auch Landnutzungsveränderungen von und zu Wald sehr genau erfasst, ist die Bundeswaldinventur (BWI). Das BWI-Netz wird nun auch konsequent für die Erfassung der gesamten Landnutzungsveränderungen genutzt. Damit wird neben der Konsistenz in der Flächenberechnung auch eine vollständige Konsistenz zwischen den Berichten unter der Klimarahmenkonvention und der im Rahmen von Artikel 3.3/3.4 des Kyoto-Protokolls erreicht. Die Entscheidung Deutschlands für ein stichprobenbasiertes System wurde im Mai 2011 in einem nationalen Expertenworkshop abgestimmt und anschließend in einem internationalen Expertenworkshop vorgestellt, diskutiert und von den internationalen Experten als sehr gut geeignet und zukunftsweisend eingeschätzt.

#### 19.4.1.2 Begründung der Entscheidung für das BWI-Raster

Einige der 31 LULUCF-Klassen (Hauptlandnutzungsklassen ohne Wechsel zu „Other Land“) sind deutschlandweit nur von sehr geringem Ausmaß. Deshalb wurde in einer Simulation geprüft, ob diese mit dem derzeitigen bundesweiten Grund-Raster von 4km x 4km und den Bundesland-spezifischen Verdichtungen bis hin zu 2km x 2km ausreichend genau erfasst werden können oder ob eine weitere Verdichtung des BWI-Netzes nötig wäre. Hierzu wurde ein systematisches, einfaches Stichprobennetz mit einer Rasterweite von 100m x 100m generiert. Aus diesem wurden bis zu 25 Subnetze je Rasterweite 200m x 200m, 500m x 500m, 1.000m x 1.000m und 2.000m x 2.000m gezogen. Aus statistischer Sicht ist gewünscht, dass möglichst jede der 31 LULUCF-Klassen erfasst wird. Jedoch wird nicht der Anspruch erhoben, dass sich die Schätzung des Flächenanteiles jeder noch so kleinen LULUCF-Klasse signifikant von Null unterscheidet. Auf Grund der erzielten Ergebnisse ist ein 1km x 1km-Netz als optimal anzusehen. Ignoriert man die Anordnung der bundesweit 217.603 BWI-Trakt-Ecken in Trakten und Verdichtungsgebieten, so repräsentiert jede Trakt-Ecke eine Fläche von 1,644km<sup>2</sup>, was bei einer quadratischen Anordnung in etwa einer Netzdichte von 1.280m x 1.280m entspricht. Die Wahl des aktuellen BWI 2012-Netzes bildet aus statistischer Sicht somit einen guten Kompromiss. Die Anzahl realisierter Stichprobenpunkte liegt nahe an dem eines systematischen 1km x 1km-Netzes. Da die Korrelation zwischen den Trakt-Ecken kleiner 1 ist, steigt die Wahrscheinlichkeit, mit einem Trakt mehrere Landnutzungsänderungsklassen zu erfassen, auch die für Landnutzungsänderungsklassen mit sehr kleinen Flächenanteilen. Gleichzeitig ist die Anzahl kleinster Stichprobenelemente bei einer Traktstichprobe geringer als bei einer einfachen Stichprobe, wenn die gleiche Anzahl Probepunkte realisiert wird. Der Stichprobenfehler wird somit konservativ geschätzt.

Betrachtet man die Anforderungen an die Berichterstattung, so ist die Wahl des BWI 2012-Netzes als optimal einzustufen, da:

- nur mit dem BWI-Netz eine in sich konsistente Landnutzungsmatrix zu erstellen ist,
- welche gleichzeitig konsistent mit den BWI-Waldflächenschätzungen ist,
- aber auch zu den BWI-Kohlenstoffvorratsänderungsschätzungen.

Den hohen qualitativen Ansprüchen vor allem unter dem Kyoto-Reporting kann somit Rechnung getragen werden.

### **19.4.2 Ermittlung der Emissionsfaktoren für den Mineralboden**

Grundlage zur Ermittlung der flächendeckenden und nach Klimaregionen gewichteten durchschnittlichen Kohlenstoffvorräte in Mineralböden, in Abhängigkeit von der Landnutzung, bilden folgende Datenquellen:

1. Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:1.000.000 (BÜK 1000; BGR 1995, 1997, Düwel et al. 2007)
2. Schätzprofile der BÜK 1000 n 2.3; FISBo BGR (BGR 2011)
3. „Gehalte an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands – Bericht über länderübergreifende Auswertung von Punktinformationen im FISBo BGR-“ (DÜWEL et al. 2007)
4. Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II; vTI 2011)
5. Datensätze des Basis-Digitalen Landschaftsmodells (B-DLM) des Amtlichen Topographisch- Kartographischen InformationsSystems (ATKIS®) der Jahre 2000, 2005, 2010 (AdV 2000; 2005; 2010)
6. IPCC-Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, Agriculture, Forestry and Other Land Use (IPCC 2006)

Der Ermittlung der Emissionsfaktoren für die einzelnen Landnutzungskategorien wurde ein Rückfallsystem zugrunde gelegt. Das bedeutet:

- Liegen spezifisch erhobene Bodendaten für eine Landnutzungskategorie vor (BZE II-Daten; Daten der BGR-Studie (DÜWEL et al. 2007), so werden diese für sich oder in Kombination mit Daten der BÜK 1000 herangezogen, zur Bestimmung der Bodenkohlenstoffvorräte in der entsprechenden Kategorie.
- Existieren solche Daten nicht, liegen der Bestimmung die Schätzwerte der BÜK 1000 zugrunde.

Aufgrund der unterschiedlichen Datenlage für die einzelnen Landnutzungskategorien wurden die flächengewichteten, nutzungs- und bodenspezifischen Kohlenstoffgehalte für unterschiedliche Kategorien getrennt bestimmt.

#### **19.4.2.1 Landnutzungskategorie Wald (Forest Land)**

Allen Flächen, die durch die Bundeswaldinventur als Wald deklariert wurden (im Sinne der Definition nach Bundeswaldgesetz) bzw. unter die von Deutschland gewählte IPCC-Definition für Wald fallen, wurde der mittlere Kohlenstoffvorrat im Mineralboden bis 30 cm Bodentiefe zugeordnet, der mittels der Bodenzustandserhebungen (BZE II) ermittelt wurde.

Die BZE II ist eine systematische Stichprobenerhebung und wurde durchgeführt, um grundlegende Informationen über den Zustand von Waldböden und die in ihnen ablaufenden Veränderungen zu gewinnen. Ziel war es, u.a. Daten von zentralen Bodeneigenschaften zu ermitteln. Zu diesem Zwecke wurden flächendeckend, in einem 8 x 8 km Raster, ca. 2.000 Punkte durch die jeweiligen Bundesländer boden- und standortkundlich intensiv untersucht. Die Arbeitsanleitung war einheitlich durch Bund und Länder erarbeitet und festgelegt worden (siehe Kapitel 6.4.2.1.2 und 6.4.2.5).

Nach Abschluss der Arbeiten konnten den LULUCF-Inventarberechnungen ab der Submission 2013 die Ergebnisse der Waldbodeninventur (BZE II) bezüglich des Bodenkohlenstoffvorrats sowie dessen Veränderungsrate zugrunde gelegt werden. Der im Rahmen dieser Erhebung ermittelte mittlere Kohlenstoffvorrat für Mineralböden, bis 30 cm Tiefe, beträgt  $61,8 \pm 3,7 \text{ t ha}^{-1}$  für das Jahr 2006. Die mittlere jährliche Veränderungsrate, die für den Zeitraum zwischen den jeweiligen Erhebungen bestimmt wurde, beträgt  $0,41 \pm 0,22 \text{ t ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (vergl. Kapitel 6.4.2.1.2). Um den Kohlenstoffvorrat der mineralischen Forstböden für die unterschiedlichen Berichtsjahre zu ermitteln, wurde die mittlere Veränderungsrate dem für das Jahr 2006 ermittelten durchschnittlichen Mineralbodenkohlenstoffvorrat aller Forstböden Deutschlands zu- bzw. abgeschlagen, so dass sich für den Berichtszeitraum seit 1990 folgende Zeitreihe ergibt (Tabelle 499):

Tabelle 499: Mittlerer Kohlenstoffvorrat [bis 30 cm Bodentiefe in  $\text{t C ha}^{-1} \pm 1,96 \cdot \text{Standardfehler}$ ] in den mineralischen Waldböden Deutschlands von 1990 – 2013

	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
$C_{\text{Vorrat\_Waldboden}}$	55,24 $\pm 6,21$	57,29 $\pm 6,45$	59,34 $\pm 6,68$	61,39 $\pm 6,91$	61,80 $\pm 6,95$	62,21 $\pm 7,00$	62,62 $\pm 7,04$	63,03 $\pm 7,09$	63,44 $\pm 7,14$	63,85 $\pm 7,18$	64,26 $\pm 7,23$
	<b>2013</b>	<b>2014</b>									
$C_{\text{Vorrat\_Waldboden}}$	64,67 $\pm 7,28$	65,08 $\pm 7,32$									

Diese Werte bilden für das jeweilige Jahr die Grundlage für alle Berechnungen im Rahmen der Inventarerstellung.

#### 19.4.2.2 Landnutzungskategorien Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete, Siedlungen und Sonstiges Land

##### 19.4.2.2.1 Allgemein zu 4.B - 4.F

In der Bodenübersichtskarte BÜK 1000 werden die Böden Deutschlands in 71 bodenkundlich charakterisierten Legendeneinheiten zusammengefasst. Diese sogenannten Leitbodenassoziationen (LBA) sind durch Leit- und Begleitbodentypen gekennzeichnet und werden durch einen flächenrepräsentativen Leitboden charakterisiert, dem ein ausgewähltes Bodenprofil zugewiesen ist. Diese Profilbeschreibungen enthalten neben deskriptiven Parametern auch Angaben zu Bodeneigenschaften, wie Humus- und Stickstoffgehalten sowie bodenphysikalischen Kennwerten (DÜWEL et al. 2007). Der den vorliegenden Berechnungen zugrunde liegende Datensatz enthält u.a. abgeleitete Lagemaße für Kohlenstoff ( $C_t$ ), anorganischen Kohlenstoff ( $C_i$ ), Stickstoff ( $N_t$ ), Steingehalt und die Rohdichte<sub>trocken</sub> sowie die Spannweite dieser Werte durch Klassenangaben nach KA 4 (AG BODEN 1994).

Der mittlere Kohlenstoffvorrat einer LBA kann aus diesen Daten durch Multiplikation des Kohlenstoffgehaltes mit der Masse des Bodens, korrigiert um Skelett- und Carbonatgehalt, berechnet werden. Zur Bestimmung der mittleren Kohlenstoffvorräte in den Mineralböden der Kategorien Ackerland, Grünland, Feuchtgebiete, Siedlungen und Sonstiges Land wurde die BÜK 1000 mit dem Basis-DLM (Kapitel 6.3.2.1) verschnitten. Die nutzungsspezifischen Flächendaten und die Bodeneigenschaften der BÜK 1000 (Trockenrohddichte, Skelettgehalt) wurden mit den Gehalten an organischem Kohlenstoff der BGR-Studie „Gehalte organischer Substanz in Oberböden Deutschlands: Länderübergreifende Auswertung von Punktinformationen im FISBo BGR“ (DÜWEL et al. 2007) kombiniert.

DÜWEL et al. 2007 weisen typische Gehalte an organischer Substanz ( $C_{\text{org}}$ ) bzw. Humus in Oberböden Deutschlands für 15 Bodenausgangsgesteinsgruppen und 4 Klimazonen aus.

Grundlage hierfür bildete die flächendeckende Auswertung der Daten von ca. 14.000 Profilen, in Abhängigkeit von der Nutzung (Acker, Grünland und Wald) und nach Klimaregion.

Zudem werden die 71 Legendeneinheiten der BÜK nach ihren pedo-lithologischen Merkmalen diesen 15 Bodenausgangsgesteinsgruppen zugewiesen (DÜWEL et al. 2007), so dass diese die Verbindung zu den Angaben der Legendeneinheiten der BÜK 1000 bilden.

#### 19.4.2.2.2 Ackerland

##### Ackerland mit annuellen Kulturen

Für Ackerflächen mit annuellen Früchten führt die BGR-Studie eine Gültigkeit ihrer Werte bis 30 cm Tiefe aus. Daher konnte der Kohlenstoffgehalt aus der BGR-Arbeit auf alle Leitbodenassoziationen der BÜK 1000 übertragen werden.

Tabelle 500: Fläche [ha], mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha<sup>-1</sup>] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) für Ackerflächen Deutschlands mit annuellen Kulturen

Mineralboden	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]	Schranken	
		obere [%]	untere [%]
Ackerland annuell	59,77	50,07	32,67

##### Ackerland mit perennierenden Kulturen

Bezüglich der Ackerflächen mit perennierenden Kulturen (z.B. Obstbäume, Wein) wurde davon ausgegangen, dass die Flächen nicht gepflügt werden und zu 75 % mit Gras bestanden sind. Daher wurden die Profileigenschaften der Grünlandprofile der Berechnung des mittleren Kohlenstoffvorrates zugrunde gelegt. Die Vorgehensweise ist im Kapitel 19.4.2.2.3 beschrieben. Die ermittelten Werte für diese Flächen zeigt Tabelle 501.

Tabelle 501: Fläche [ha], mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [kt C ha<sup>-1</sup>] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) für Ackerflächen Deutschlands mit perennierenden Kulturen

Mineralboden	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]	Schranken	
		obere [%]	untere [%]
Ackerland perennierend	72,64	68,18	46,40

##### Kohlenstoffvorrat Ackerland

Der mittlere Kohlenstoffvorrat für den Mineralboden in Ackerland ergibt sich durch:

$$C_{\text{Min Acker}} = \frac{(C_{\text{Acker annuell}} * A_{\text{Acker annuell}} + C_{\text{Acker perennierend}} * A_{\text{Acker perennierend}})}{A_{\text{Acker annuell}} + A_{\text{Acker perennierend}}}$$

$C_{\text{Min Acker}}$ : Mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat aller mineralischen Ackerböden Deutschlands [Mg ha<sup>-1</sup>]

$C_{\text{Acker annuell}}$ : Mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat aller mineralischen Ackerböden Deutschlands mit annuellen Kulturen [Mg C ha<sup>-1</sup>]

$C_{\text{Acker perennierend}}$ : Mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat aller mineralischen Ackerböden Deutschlands mit perennierenden Kulturen [Mg C ha<sup>-1</sup>]

$A_{\text{Acker annuell}}$ : Mineralbodenfläche Deutschlands unter Acker mit annuellen Kulturen [ha]

$A_{\text{Acker perennierend}}$ : Mineralbodenfläche Deutschlands unter Acker mit perennierenden Kulturen [ha]

Tabelle 502 zeigt den mittleren Kohlenstoffvorrat für Mineralböden unter Acker, der allen diesbezüglichen Berechnungen im Inventar zugrunde liegt.

Tabelle 502: Mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha<sup>-1</sup>] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) für Ackerflächen Deutschlands

Mineralboden	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]	Schranken		Verteilungsfunktion
		obere [%]	untere [%]	
Ackerland	60,03	50,50	32,99	lognormal

#### 19.4.2.2.3 Grünland

Die Landnutzungskategorie Grünland setzt sich aus der Subkategorie „Grünland im engeren Sinne“ und „Gehölze“ zusammen (vergleiche Kapitel 6.2.3). Die Berechnung erfolgt für beide Subkategorien aufgrund derselben Datengrundlage. Unterschiede im Kohlenstoffvorrat dieser Subkategorien bedingen sich folglich nur in der unterschiedlichen räumlichen Verteilung der Landnutzungen und somit unterschiedlichen Anteilen von Bodenausgangsgesteinsgruppen und Klimazonen.

Für Grünlandflächen führt die BGR-Studie eine Gültigkeit ihrer Werte bis 10 cm Tiefe an (DÜWEL et al. 2007). Die Bodenkohlenstoffgehalte wurden den Eigenschaften der Mineralbodenprofile der BÜK 1000 via Relation über die Bodenausgangsgesteinsgruppe folgendermaßen zugeordnet: Die Bodenkohlenstoffgehalte der BGR-Studie (DÜWEL et al. 2007) wurden dem obersten Horizont entsprechend der angegebenen Mächtigkeit zugeteilt, (maximal 10 cm Mächtigkeit); die Trockenrohichte sowie der Skelettgehalt wurden für diese Horizonte aus der BÜK 1000 übernommen, genau wie die gesamten Eigenschaften und Mächtigkeiten der darunter liegenden Horizonte bzw. Tiefenstufen bis 30 cm. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 503.

Tabelle 503: Mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha<sup>-1</sup>] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) für Grünlandflächen Deutschlands

Mineralboden	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]	Schranken		Verteilungsfunktion
		obere [%]	untere [%]	
Grünland i. e. S.	77,43	77,87	45,93	lognormal
Gehölze	73,18	83,27	42,94	lognormal

#### 19.4.2.2.4 Terrestrische Feuchtgebiete, Siedlungen und Sonstige Flächen

Zur Bestimmung der mittleren Kohlenstoffgehalte für Mineralböden in Terrestrischen Feuchtgebieten (Feuchtgebiete ist unterteilt in Terrestrische Feuchtgebiete und Gewässer) wurde wie beim Grünland verfahren. Die Beschreibung des Verfahrens ist folglich Kapitel 19.4.2.2.3 zu entnehmen. Unterschiede im Kohlenstoffvorrat zwischen Grünland und Terrestrischen Feuchtgebieten bedingen sich wiederum nur in der räumlichen Verteilung der Kategorieflächen.

Die der BÜK 1000 zugrunde liegende Datenbank weist keine Leitprofile für Böden auf Siedlungsflächen und sonstigem Land aus, lediglich für Wald-, Acker- und Grünlandstandorte; aber auch für diese Nutzungen liegen nicht für alle Leitbodenassoziationen Leitprofile vor. Daher wurden als stellvertretende Leitprofile, für Böden unter Siedlungen und sonstigem Land, die Profile der Grünlandstandorte herangezogen (aufgrund der relativen Ähnlichkeit zu Gärten und Parkanlagen). Für die Leitbodenassoziationen, für die keine Grünlandleitprofile mit bodenkundlichen Kennwerten vorlagen, wurde auf die Horizontierung der Waldbodenprofile zurückgegriffen, da Siedlungsböden und insbesondere Böden unter sonstigem Land häufig gestört und im Oberboden nicht so tief entwickelte A-Horizonte aufweisen, wie landwirtschaftlich bewirtschaftetes Grün- oder Ackerland. Diese Vorgehensweise führte bei 42

der 71 Leitbodenprofile zu veränderten, i.d.R. geringeren, Kohlenstoffvorräten, verglichen mit dem Grünland. Zusätzlich hat die räumliche Verteilung von Siedlungsflächen und sonstigem Land in der Bodenlandschaft einen deutlichen Einfluss auf die mittleren Kohlenstoffvorräte der Mineralböden, zum einen gegenüber den Grünlandböden, zum anderen der Mineralböden dieser Kategorien (4.E und 4.F) untereinander.

Die mittleren Kohlenstoffgehalte sind in Tabelle 504 aufgeführt.

Tabelle 504: Mittlerer flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t C ha<sup>-1</sup>] und dessen Unsicherheiten (obere und untere Schranke in %) in Mineralböden unter Terrestrischen Feuchtgebieten, Siedlungen und Sonstigen Flächen

Mineralboden	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]	Schranken		Verteilungsfunktion
		obere [%]	untere [%]	
Terrestrische Feuchtgebiete	73,99	52,48	43,85	lognormal
Siedlungen	58,67	84,97	45,11	lognormal
Sonstige Flächen	55,60	92,86	44,56	lognormal

Die aus diesen mittleren, nach Klimaregion, Landnutzung und Flächen gewichteten Kohlenstoffvorräten abgeleiteten Emissionsfaktoren sind in Tabelle 310 und Tabelle 311 in Kapitel 6.1.2.1 dargestellt, die Emissionsfaktoren mit statistischen Kennwerten zur Beschreibung der Unsicherheiten in Tabelle 379 bzw. Tabelle 386 in den Kapiteln 6.7.3 bzw. 6.8.3.

#### 19.4.2.2.5 Unsicherheiten

Da mit Einzelprofilen keine Aussagen zur Heterogenität der Bodenparameter innerhalb der Legendeneinheiten getroffen werden können (DÜWEL et al. 2007), wurde zur Abschätzung der potentiellen Spannweite der Kohlenstoff- bzw. Stickstoffvorräte einer LBA, somit zur Bestimmung der Unsicherheit, eine jeweilige Extremkonstellation der Klassenwerte konstruiert:

LBA-Kohlenstoffvorrat<sub>maximum</sub>: C<sub>org</sub>-Gehalt<sub>maximum</sub>, Rohdichte<sub>maximum</sub>, Skelettgehalt<sub>minimum</sub>

LBA-Kohlenstoffvorrat<sub>minimum</sub>: C<sub>org</sub>-Gehalt<sub>minimum</sub>, Rohdichte<sub>minimum</sub>, Skelettgehalt<sub>maximum</sub>

Die Werte für die Trockenraumdichte, den Skelettgehalt sowie die Kohlenstoffgehalte der Horizonte, für die keine Werte aus der Oberbodenstudie der BGR (DÜWEL et al. 2007) vorlagen, wurden nach entsprechenden Klassenangaben aus den Leitprofilbeschreibungen der BÜK 1000 (BGR 1997) mittels der KA 4 abgeleitet.

Die so ermittelten mini- und maximalen Kohlenstoffvorräte bildeten die obere und untere Schranke und geben im Zusammenhang mit dem Lagemaß die für derartige Daten typische linkssteile Verteilung wieder.

Die Kohlenstoffgehalte der BGR-Studie (DÜWEL et al. 2007) sind mit einer deskriptiven Statistik hinterlegt. Aus dieser wurden die Werte für das 25%- bzw. 75%-Perzentil als untere und obere Schwellenwerte für den Kohlenstoffgehalt abgeleitet.

#### 19.4.2.3 Geplante Verbesserungen

Die in den vorangegangenen Kapiteln aufgeführten Werte stellen die im Moment besten, flächendeckend verfügbaren Daten dar. Zur Verbesserung dieser Datengrundlage wurden und

werden in Deutschland derzeit Großinventuren zur Ermittlung des Kohlenstoff- und Stickstoffgehalts in Mineralböden durchgeführt:

- die Bodenzustandserhebung II Wald, für alle Waldböden; die Ergebnisse kommen seit der Submission 2013 zur Anwendung
- die Bodenzustandserhebung Landwirtschaft, für Acker- und Grünlandböden (vgl. Kapitel 6.5.6)

Durch diese beiden Großinventuren werden ca. 84 % der Gesamtfläche Deutschlands erfasst, dies entspricht ca. 88 % der Mineralbodenfläche. Die Ergebnisse der BZE-Landwirtschaft werden schrittweise zur Validierung der jetzigen Emissionsfaktoren herangezogen. Mit einer vollständigen Implementierung der Ergebnisse als Grundlage der Mineralbodenberichterstattung ist nicht vor 2019 zu rechnen.

Sofern in vorhergehenden Berichterstattungen in diesem Kapitel Verbesserungen benannt wurden, sind diese in Form einer Übersicht unter Kapitel 10.4 Verbesserungen des Inventars, Tabelle 418 zu finden. Sind diese bereits erledigt, sind sie im selben Kapitel in Tabelle 417 abgebildet.

### **19.4.3 Ableitung der Berechnungsgrößen (Emissionsfaktoren) für die Biomasse**

#### **19.4.3.1 Perennierende Ackerkulturen**

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Methodenentwicklung zur Erfassung der Biomasse mehrjährig verholzter Pflanzen außerhalb von Waldflächen“ wurden landesspezifische Kohlenstoffvorräte für die ober- und unterirdische Biomasse von Obstgehölze, Wein und Weihnachtsbaumkulturen in Deutschland erhoben. Außerdem wurden mittels dieser Daten und Ergebnissen der Bundeswaldinventur mittlere Kohlenstoffvorräte für die Pflanzenbestände in Baumschulen abgeschätzt. Die mittlere Baumbiomasse für Kurzumtriebsplantagen wurde landesspezifisch aus Literaturdaten hergeleitet.

##### **19.4.3.1.1 Obstbäume**

Im Rahmen des oben genannten Forschungsprojektes wurden aus den zwei Hauptobstanbaugebieten Deutschlands (Altes Land, Norddeutschland und Bodenseegebiet, Süddeutschland) insgesamt 100 Obstbäume (91 Apfel-, 6 Kirsch und 3 Pflaumenbäume) unterschiedlichen Alters und Sorte destruktiv untersucht. Zusätzlich wurden an 210 lebenden Apfelbäumen folgende Parameter erhoben:

- Stammfußdurchmesser
- Brusthöhendurchmesser
- Höhe

Anhand aller erhobenen Daten konnte mittels Regression ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen Baumalter und mittlerem Stammdurchmesser ( $= (\text{Stammfuß} + \text{Brusthöhendurchmesser})/2$ ) ermittelt werden:

Gleichung 51: Regressionsgleichung zur Abschätzung des mittleren Stammdurchmessers [cm] von Apfelbäumen in Abhängigkeit vom Baumalter [a]

$$S_{\text{mean Apfel}} = 14,2986 * (1 - e^{(-0,0528x)})$$

$S_{\text{mean\_Apfel}}$ : Mittlerer Stammdurchmesser Apfelbaum [cm]

x: Baumalter [a]  
 Statistische Kennwerte/Unsicherheiten:  
 $r^2 = 0,9768$   
 $p = 0,0002$   
 Standardfehler der Schätzung =  $0,5625 \pm 8,44 \%$

Die Gesamtunsicherheit der Abschätzung des mittleren Stammdurchmessers von Apfelbäumen in Abhängigkeit vom Baumalter beträgt 23,59 % (Hälfte des 95 % - Konfidenzintervalls).

Gleichung 52: Regressionsgleichung zur Abschätzung des mittleren Stammdurchmessers [cm] von Kirsch- und Pflaumenbäumen in Abhängigkeit vom Baumalter [a]

$$S_{\text{mean Kirsche/Pflaume}} = 53,8165 * (1 - e^{(-0,0252x)})$$

$S_{\text{mean\_KirschePflaume}}$ : Mittlerer Stammdurchmesser Kirsche/Pflaume [cm]  
 x: Baumalter [a]  
 Statistische Kennwerte:  
 $r^2 = 0,9486$   
 $n = 9$   
 $p < 0,0001$   
 Standardfehler der Schätzung =  $1,2963 \pm 11,14 \%$

Die Abschätzung des Stammdurchmessers von Kirsche und Pflaume in Abhängigkeit vom Baumalter führt zu einer Gesamtunsicherheit von 25,68 % (Hälfte des 95 % - Konfidenzintervalls).

Mittels der Ergebnisse der destruktiven Untersuchung konnten die Masse, der Wasser- und Kohlenstoffgehalt der Obstgehölze getrennt nach den Kompartimenten oberirdische Biomasse (Stamm und Äste) und unterirdische Biomasse (Wurzeln) ermittelt werden. Die derart untersuchten Apfelbäume waren alle 6 und 9 Jahre, die Kirsch- und Pflaumenbäume 4, 12 und 14 Jahre alt.

Die Biomasse der Bäume wurde um den durch Trocknung bei 105°C gemessenen Wassergehalt korrigiert und zur Ermittlung des Kohlenstoffvorrates der Pflanzenteile bzw. der ganzen Pflanze mit dem prozentualen Kohlenstoffgehalt der Biomasse<sub>trocken</sub> multipliziert.

Aus diesen Daten lassen sich hochsignifikante Beziehungen zwischen mittlerem Stammdurchmesser und Kohlenstoffvorrat der gesamten Pflanze (Gleichung 49 (Kirsche/Pflaume)) und der oberirdischen Biomasse (Gleichung 53 (Apfel); Gleichung 56, (Kirsche/Pflaume)) ableiten. Der Kohlenstoffvorrat der unterirdischen Biomasse von Kirsche und Pflaume wurde durch Subtraktion der oberirdischen von den Gesamtvorräten, der für Apfelbäume anhand der Gleichung von MOKANY et al. (2006) (Gleichung 54) ermittelt. Diese haben in ihrer Übersichtsarbeit Wurzel/Spross-Verhältnisse für zahlreiche Vegetationstypen in Abhängigkeit von Biomasse, klimatischen und standortkundlichen Parametern abgeleitet, die als Default-Werte in die IPCC – Guidelines 2006 (IPCC 2006) übernommen wurden.

Gleichung 53: Regressionsgleichung zur Abschätzung des Kohlenstoffvorrates in der oberirdischen Biomasse von Apfelbäumen in Abhängigkeit vom mittleren Stammdurchmesser

$$\ln C_{\text{above Apfel}} = -2,7521 + 1,9533 * \ln x$$

$\ln C_{\text{above\_Apfel}}$ : Logarithmus des Kohlenstoffvorrates in den oberirdischen Pflanzenteilen [kg Pflanze<sup>-1</sup>]  
 $\ln x$ : Logarithmus des mittleren Stammdurchmessers [cm]  
 Statistische Kennwerte:  
 $r^2 = 0,8273$   
 $n = 90$   
 $p < 0,0001$

Standardfehler der Schätzung = 0,044  $\pm$  2,83 %

Gleichung 54: Regressionsgleichung zur Abschätzung des Kohlenstoffvorrates in der unterirdischen Biomasse von Apfelbäumen in Abhängigkeit von der oberirdischen Biomasse MOKANY et al. (2006):

$$C_{below\ Apfel} = 0,489 * x^{0,89}$$

$C_{below\_Apfel}$ : Kohlenstoffvorrat in den unterirdischen Pflanzenteilen [kg Pflanze<sup>-1</sup>]

x: Kohlenstoffvorrat in der oberirdischen Biomasse[kg Pflanze<sup>-1</sup>]

Statistische Kennwerte:

$r^2 = 0,93$

n = 301

Standardfehler der Schätzung = 13,6 % (abgeleitet aus MOKANY et al. (2006))

Gleichung 55: Regressionsgleichung zur Abschätzung des Kohlenstoffvorrates der gesamten Biomasse von Kirsch- und Pflaumenbäumen in Abhängigkeit vom mittleren Stammdurchmesser

$$C_{ges\ Kirsche/Pflaume} = 0,0369 x^{2,2725}$$

$C_{ges\_KirschePflaume}$ : Kohlenstoffvorrat der gesamten Kirsch-/Pflaumenbaumbiomasse [kg Pflanze<sup>-1</sup>]

x: Mittlerer Stammdurchmesser Kirsche/Pflaume [cm]

Statistische Kennwerte:

$r^2 = 0,9608$

n = 9

p < 0,0001

Standardfehler der Schätzung = 1,7382  $\pm$  14,04 %

Gleichung 56: Regressionsgleichung zur Abschätzung des Kohlenstoffvorrates in der oberirdischen Biomasse von Kirsch- und Pflaumenbäumen in Abhängigkeit vom mittleren Stammdurchmesser

$$C_{above\ Kirsche/Pflaume} = 0,0238 x^{2,3586}$$

$C_{above\_KirschePflaume}$ : Kohlenstoffvorrat der oberirdischen Kirsch-/Pflaumenbaumbiomasse [kg Pflanze<sup>-1</sup>]

x: Mittlerer Stammdurchmesser Kirsche/Pflaume [cm]

Statistische Kennwerte:

$r^2 = 0,9442$

n = 9

p < 0,0001

Standardfehler der Schätzung = 2,025  $\pm$  18,76 %

Die Differenzen zwischen dem Kohlenstoffvorrat der gesamten Pflanze und ihren oberirdischen Teilen, ergibt den C-Wurzelvorrat von Kirsche/Pflaume (siehe Gleichung 57).

Gleichung 57: Abschätzung des Kohlenstoffvorrates in der Wurzelmasse von Kirsche/Pflaume

$$C_{below} = C_{ges} - C_{above}$$

$C_{below}$ : Unterirdischer Kohlenstoffvorrat [kg Pflanze<sup>-1</sup>]

$C_{ges}$ : Kohlenstoffvorrat der gesamten Pflanze [kg Pflanze<sup>-1</sup>]

$C_{above}$ : Oberirdischer Kohlenstoffvorrat [kg Pflanze<sup>-1</sup>]

Der absolute C-Vorrat aller Obstbäume Deutschlands wurde mithilfe der Ergebnisse der letzten statistischen Vollerhebung im Obstbau errechnet, die in den Jahren 2002, 2007 und 2012 durchgeführt wurden (STATISTISCHES BUNDESAMT div. Jgg.). Mittels dieser wurden vom Statistischen Bundesamt die Stückzahlen von Apfel-, Birn-, Süß- / Sauerkirsch-, Pflaumen- / Zwetschgen-, Mirabellen- und Reneklodenbäumen in unterschiedlichen Altersklassen ermittelt, sowie die mit diesen Bäumen in der Altersklasse bestockten Flächen; beispielhaft für das Jahr 2007 dargestellt in Tabelle 505.

Tabelle 505: Ergebnisse der letzten Obstbaumvollerhebung 2007 durch das Statistische Bundesamt 2007

Altersklasse	Baumobst insgesamt	Äpfel	Birnen	Süßkirsche n	Sauerkirschen	Pflaumen, Zwetschen	Mirabellen, Renekloden n	
<1	Fläche [ha]	6.337	2.610	558	1.669	569	561	89
	Anzahl [n]	77.908.784	1.959.650	374.357	349.898	309.888	174.950	25.268
1-4	Fläche [ha]	1.314	1.283	30	125	9	142	8
	Anzahl [n]	3.493.397	3.460.242	51.926	92.723	6.720	98.538	4.372
5-9	Fläche [ha]	7.403	5.159	252	859	330	713	90
	Anzahl [n]	15.410.632	13.645.705	466.895	563.239	234.410	452.011	48.372
10-14	Fläche [ha]	10.606	7.275	350	783	866	1.186	146
	Anzahl [n]	19.740.123	17.334.084	581.720	458.483	579.748	722.909	63.179
15-19	Fläche [ha]	10.321	7.603	454	763	372	1.057	71
	Anzahl [n]	19.602.081	17.527.552	831.342	322.364	260.231	632.286	28.306
20-24	Fläche [ha]	8.599	5.995	338	764	791	621	91
	Anzahl [n]	12.899.071	11.365.689	443.150	219.989	543.127	290.899	36.217
>25	Fläche [ha]	3.333	1.837	119	519	507	284	66
	Anzahl [n]	3.348.345	2.569.271	126.438	143.442	351.826	130.916	26.452

Zur Ermittlung des gesamten Kohlenstoffvorrats in Obstgehölzen wurden die gemessenen bzw. durch Regression ermittelten Kohlenstoffvorräte in der ober- und unterirdischen Biomasse von Einzelbäumen einer jeden Altersklasse mit der Stückzahl multipliziert. Dabei wurden die für Apfelbäume ermittelten Werte auch den Birnen zugeteilt, die für Kirsche und Pflaume sowohl den Zwetschgen als auch den Mirabellen und Renekloden.

Die Berechnung der flächenbezogenen Emissionsfaktoren für die einzelnen Obstbaumarten erfolgte mittels Division durch die jeweils bestockte Fläche.

Tabelle 506: Flächenbezogene Kohlenstoffvorräte [t C ha<sup>-1</sup>] (Range, bzw. ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls) in der Biomasse von Obstgehölzen Deutschlands

Obstbaumerhebung 2002				
Obstgehölz	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]			Fläche [ha]
	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>	Bio <sub>total</sub>	
Äpfel	3,53 ± 0,85	1,55 ± 0,56	5,08 ± 2,20	32.406
Birnen	2,93 ± 0,71	1,24 ± 0,45	4,18 ± 1,81	2.189
Süßkirschen	7,53 ± 1,39	1,33 ± 0,15	8,86 ± 1,25	5.505
Sauerkirschen	14,08 ± 2,74	2,67 ± 0,32	16,74 ± 2,5	4.230
Pflaumen/Zwetschen	6,52 ± 1,36	1,28 ± 0,16	7,79 ± 1,25	4.562
Mirabellen/Renekloden	6,70 ± 1,26	1,25 ± 0,14	7,95 ± 1,14	473
Obstbaumerhebung 2007				
Obstgehölz	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]			Fläche [ha]
	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>	Bio <sub>total</sub>	
Äpfel	4,56 ± 1,10	1,97 ± 0,71	6,53 ± 2,83	31.762
Birnen	3,95 ± 0,95	1,66 ± 0,60	5,61 ± 2,43	2.101
Süßkirschen	7,71 ± 1,50	1,39 ± 0,17	9,09 ± 1,36	5.482
Sauerkirschen	15,24 ± 2,98	2,83 ± 0,34	18,07 ± 2,71	3.444
Pflaumen/Zwetschen	7,71 ± 1,59	1,53 ± 0,19	9,24 ± 1,47	4.565
Mirabellen/Renekloden	7,28 ± 1,41	1,38 ± 0,16	8,66 ± 1,29	561

Obstbaumerhebung 2002				
Obstgehölz	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]			Fläche [ha]
	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>	Bio <sub>total</sub>	
Obstbaumerhebung 2012				
Obstgehölz	Kohlenstoffvorrat [Mg C ha <sup>-1</sup> ]			Fläche [ha]
	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>	Bio <sub>total</sub>	
Äpfel	5,31 ± 1,28	2,27 ± 0,82	7,58 ± 3,29	31.739
Birnen	4,91 ± 1,19	2,04 ± 0,73	6,95 ± 3,02	1.933
Süßkirschen	8,44 ± 1,65	1,57 ± 0,19	10,01 ± 1,49	5.258
Sauerkirschen	17,31 ± 3,53	3,13 ± 0,39	20,45 ± 3,19	2.292
Pflaumen/Zwetschen	9,60 ± 1,93	1,9 ± 0,24	11,51 ± 1,78	3.870
Mirabellen/Renekloden	8,25 ± 1,62	1,51 ± 0,18	9,76 ± 1,47	501

#### 19.4.3.1.2 Weihnachtsbaumplantagen

In Deutschland wurden 2013 auf 15.800 ha Weihnachtsbäume außerhalb des Waldes, auf landwirtschaftlichen Flächen kultiviert (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014). Bei einem durchschnittlichen Baumbesatz von 6.000 Pflanzen pro ha, werden 50 Mg Biomasse trocken produziert (PÖPKEN 2011). Hiervon entfallen ca. 28 % auf die Wurzelmasse. Dieser Wert wurde anhand der Regression von Wurzelbiomasse in Abhängigkeit von der oberirdischen Biomasse (Gleichung 54) nach MOKANY et al. (2006) hergeleitet (vergl. Kapitel 19.4.3.1.1).

Tabelle 507: Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [t ha<sup>-1</sup>] (± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls) der Weihnachtsbaumbiomasse Deutschlands

Gehölz	Kohlenstoffvorrat [t ha <sup>-1</sup> ]			Fläche 2013 [ha]
	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>	Bio <sub>total</sub>	
Weihnachtsbaum	8,10 ± 4,1	3,15 ± 1,6	11,25 ± 4,4	15.800

#### 19.4.3.1.3 Wein

Zur Ableitung eines landesspezifischen mittleren Kohlenstoffvorrates für Weinstöcke wurden im Projekt „Methodenentwicklung zur Erfassung der Biomasse mehrjährig verholzter Pflanzen außerhalb von Waldflächen“ (PÖPKEN 2011) 74 Weinstöcke destruktiv untersucht. Die Rebstöcke waren 15 bzw. 25 Jahre alt. Ermittelt wurden die Masse sowie der Wasser- und Kohlenstoffgehalt der ober- und unterirdischen Pflanzenteile (PÖPKEN 2011). Der Kohlenstoffvorrat des Rebstocks bzw. von Pflanzenteilen errechnet sich nach Gleichung 58.

Gleichung 58: Berechnung des Kohlenstoffvorrats in Weinstöcken

$$C_{vine} = C_{cont\ above} * M_{105\ Bio\ above} + C_{cont\ below} * M_{105\ Bio\ below}$$

$C_{vine}$ : Kohlenstoffvorrat eines Weinstocks [kg]

$C_{cont\ above}$ : Kohlenstoffgehalt des Stocks [Masse-%]

$M_{105\ Bio\ above}$ : Biomasse trocken des Stocks [kg]

$C_{cont\ below}$ : Kohlenstoffgehalt der unterirdischen Biomasse [Masse-%]

$M_{105\ Bio\ below}$ : Biomasse trocken der unterirdischen Biomasse [kg]

Das jährliche Schnittholz wurde bei der Ermittlung der Biomasse von Weinstöcken nicht berücksichtigt, da der jährliche Zuwachs dem des Schnittes entspricht und somit ein kurzfristiges Gleichgewicht darstellt.

Da in Deutschland durchschnittlich 4000 Weinstöcke auf einem ha stocken (PÖPKEN 2011), wurden zur Berechnung des Kohlenstoffvorrats pro Flächeneinheit die C-Vorräte der einzelnen Pflanzenkompartimente bzw. der Gesamtpflanze mit 4000 multipliziert und somit die Vorräte pro ha ermittelt. Der absolute Kohlenstoffvorrat errechnet sich durch Multiplikation der Emissionsfaktoren mit der Weinanbaufläche. Letztere entstammt der deutschen

Offizialstatistik (Statistisches Bundesamt, FS 3, R 3.1.5, div. Jgg.). Die Werte können Tabelle 508 entnommen werden.

Tabelle 508: Flächenbezogener Kohlenstoffvorrat [ $t\ C\ ha^{-1}$ ] ( $\pm$  Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls) der Weinstockbiomasse Deutschlands

Gehölz	Kohlenstoffvorrat [ $t\ C\ ha^{-1}$ ]			Fläche [ha]
	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>	Bio <sub>total</sub>	
Wein	1,12 $\pm$ 0,06	0,54 $\pm$ 0,04	1,66 $\pm$ 0,09	102.425

#### 19.4.3.1.4 Kurzumtriebsplantagen

Zur Ermittlung landesspezifischer, mittlerer Kohlenstoffvorräte in der Biomasse von Kurzumtriebsplantagen (KUP) wurden Daten aus der einschlägigen Literatur abgeleitet. Grundlegend waren die Übersichtsarbeiten von WALTER et al. (2014), HORN (2013), GURGEL (2011), KERN et al. (2010), BIERTÜMPFEL et al. (2009), BOELCKE (2007), STOLZENBURG (2006) und MAIER & VETTER (2004).

Diese Arbeiten enthalten die Ergebnisse von 23 Versuchsstandorten zu Kurzumtriebsplantagen, die über ganz Deutschland verteilt sind (Bayern, Baden-Württemberg, Thüringen, Sachsen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen), alle Klimazonen (Niederschlag: 550 – 1550 mm; Jahresdurchschnittstemperatur: 6,8 – 10,1°C) und Bodenarten umfassen (leichte bis schwere Böden) und vom Tiefland bis ins Mittelgebirge reichen. Auf insgesamt 62 Versuchsfeldern wurden die Kurzumtriebsplantagen überwiegend mit Pappeln (58 %) und Weiden (34 %) aber auch mit Birken (3 %), Erlen, Robinien und Blauglockenbäumen (5%) bestockt. Die Umtriebszeiten betragen zwischen einem und zehn Jahren, bei einem Mittel von 4,2 Jahren. Da diese Studien bezüglich räumlicher Verteilung, Standortbedingungen, Bewuchs und Management das ganze Spektrum des Betriebes von Kurzumtriebsplantagen in Deutschland widerspiegeln, sind sie repräsentativ.

Aus den Ergebnissen dieser Studien konnte der durchschnittliche jährliche Trockenertrag mit 9,05 (-6,0 % / +9,9 %)  $t\ ha^{-1}\ a^{-1}$  oberirdische Biomasse für Kurzumtriebsplantagen in Deutschland abgeleitet werden.

Zur Herleitung des durchschnittlichen Gesamtertrags für KUP, in Abhängigkeit von der Betriebsdauer, wurde der mittlere jährliche Trockenertrag mit der Anzahl der Jahre der Betriebsdauer multipliziert. Es wurde eine durchschnittliche Betriebsdauer von 20 Jahren unterstellt als auch, dass die Kurzumtriebsplantagen innerhalb der Betriebsaltersklassen (Initialisierungsphase sowie Klasse<sub>1\_a</sub> – Klasse<sub>20\_a</sub>) gleichverteilt sind. Für die Initialisierungsphase wurde davon ausgegangen, dass 10.000 Stecklinge a 20 g Biomasse auf einen Hektar gesetzt wurden ( $\cong$  0,2 t Biomasse  $ha^{-1}$ ). Die unterirdische Biomasse wurde anhand des mittleren Trockenertrages in Abhängigkeit von der Betriebsdauer und der Formel von MOKANY et al. (2006) bestimmt. Durch Addition der ober- und unterirdischen Biomasse wurde der Gesamtvorrat in Kurzumtriebsplantagen für jede unterschiedliche Betriebsaltersklasse ermittelt und durch Multiplikation mit 0,45 in Kohlenstoffvorräte umgerechnet. Die Mittelwerte dieser Kohlenstoffvorräte aller Betriebsaltersklassen stellen die dynamischen Gleichgewichtswerte für die mittleren, flächenbezogenen Kohlenstoffvorräte in der Biomasse von KUP dar, die den Berechnungen im Inventar zugrunde liegen. Diese sind in Tabelle 509 dargestellt.

Tabelle 509: Mittlere, flächenbezogene Kohlenstoffvorräte [t C ha<sup>-1</sup>] sowie 97,5%- und 2,5%-Perzentile [%] in der Biomasse von Kurzumtriebsplantagen

	Kohlenstoffvorrat in der Biomasse von Kurzumtriebsplantagen		
	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>
C-Vorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]	53,71	40,75	12,96
97,5 %-Perzentil [%]	10,30	9,93	29,13
2,5 %-Perzentil [%]	8,16	6,02	28,04

#### 19.4.3.1.5 Baumschulen

Im Jahre 2013 betrug die Baumschulfläche in Deutschland 20.700 ha (STATISTISCHES BUNDESAMT 2014). Aussagen über die Art der in Baumschulen aufgezogenen Gehölze gibt die Baumschulerhebung, die im Turnus von 4 Jahren als Vollerhebung vom STATISTISCHEN BUNDESAMT (div. Jgg.) durchgeführt wird. Die letzte Erhebung 2012 zeigte, dass auf den deutschen Baumschulflächen hauptsächlich Zier- und sonstige Gehölze angebaut (86,7 %) wurden; die Aufschulung von Forstpflanzen erfolgte auf 13,3 % der Fläche. Die Zusammensetzung der aufgeschulten Gehölzarten ist über die Jahre sehr variabel (STATISTISCHES BUNDESAMT 2013). Da für Deutschland leider keinerlei Untersuchungen über den durchschnittlichen Biomassevorrat im Aufwuchs von Baumschulen vorliegen, wurde aus landesspezifischen Biomassevorratswerten für Gehölzpflanzen ein mittlerer Kohlenstoffvorrat pro Baumschulflächeneinheit hergeleitet. Hierfür wurde folgendes unterstellt:

- Der Gehölzbestand setzt sich zu zwei Dritteln aus Ziergehölzen, zu einem Drittel aus Waldbäumen zusammen (letztere werden zwar nur auf 13,3 % der Fläche aufgezogen; da dieser Anteil über die Jahre sehr variabel ist (Anteil Forstpflanzen 2004: 19,8 %, STATISTISCHES BUNDESAMT 2005) und auch im Zierpflanzenanbau Koniferen (erheblicher Anteil) und „Waldbäume“ wie Eiche und Buche angebaut werden, wurde der Anteil auf 33 % aufgewertet)
- Ziergehölze werden max. 10 Jahre, Forstpflanzen max. 5 Jahre geschult
- Die Altersklassen innerhalb der Gehölzgruppen sind gleichverteilt

Für Ziergehölze wurden stellvertretend die im Projekt „Methodenentwicklung zur Erfassung der Biomasse mehrjährig verholzter Pflanzen außerhalb von Waldflächen“ (PÖPKEN 2011) ermittelten Kohlenstoffvorräte herangezogen. So wurden hälftig, für größere Gehölze, die für Kirsche und Pflaume ermittelten Kohlenstoffvorräte, für kleinere Gehölze, die für Apfelbäume zugrunde gelegt (s. Kapitel 19.4.3.1.1).

Zur Berechnung der Biomasse der Waldbäume wurden die Methoden angewendet, die zur Berechnung der Waldbiomasse von KÄNDLER & BÖSCH (2013) entwickelt wurden und in Kapitel 6.4.2.2 beschrieben sind. Für Fichte, Kiefer, Buche und Eiche wurde mittels der Gleichung Gleichung 18 und der in Tabelle 331 dargestellten Koeffizienten im Kapitel 6.4.2.2.4) der oberirdische Biomassevorrat pro Einzelbaum bis zum Alter von 5 Jahren bestimmt. Für die Umrechnung auf t C ha<sup>-1</sup> wurde der Kohlenstoffkonversionsfaktor von 0,45 unterstellt (vergl. Kapitel 6.4.2.2.4), sowie von 6.000 Pflanzen pro ha ausgegangen (dies entspricht einem mittleren Pflanzenbestand, bei einem Pflanzabstand von ca. 120/130 cm). Die unterirdische Biomasse wurde aus der so berechneten Sprossmasse anhand der Formel von MOKANY et al. (2006) abgeschätzt (s. Kapitel 19.4.3.1.1), der Gesamtvorrat durch Addition der ober- und unterirdischen Vorräte bestimmt.

Auf diesem Wege der Herleitung ergeben sich dann durch Mittelwertbildung die in Tabelle 510 dargestellten mittleren, flächenbezogenen Kohlenstoffvorräte für die einzelnen Gehölzarten,

sowie die daraus resultierenden mittleren Kohlenstoffvorräte, die das dynamische Gleichgewicht der Biomasse in Deutschlands Baumschulen im Inventar repräsentieren.

Tabelle 510: Herleitung des mittleren flächenbezogenen Kohlenstoffvorrats [Mischwert<sub>Baumschulen</sub> in Mg C ha<sup>-1</sup> ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls] in der Biomasse von Baumschulen

Gehölz	C-Vorrat <sub>total</sub> [t C ha <sup>-1</sup> ]	C-Vorrat <sub>above</sub> [t C ha <sup>-1</sup> ]	C-Vorrat <sub>below</sub> [t C ha <sup>-1</sup> ]
Apfel <sub>10</sub>	6,69 ± 1,34	4,8 ± 1,16	1,89 ± 0,68
Kirsche <sub>10</sub>	21,52 ± 1,88	16,83 ± 1,92	4,69 ± 0,33
Waldbäume <sub>5</sub>	7,7 ± 0,82	5,54 ± 0,71	2,15 ± 0,42
<b>Mischwert<sub>Baumschulen</sub></b>	<b>11,97 ± 0,82</b>	<b>9,06 ± 0,78</b>	<b>2,91 ± 0,29</b>

#### 19.4.3.1.6 Mittlerer Kohlenstoffvorrat in der Biomasse von perennierenden Ackerkulturen

Zur Berechnung des mittleren flächenbezogenen Kohlenstoffvorrates von Ackerlandgehölzen, wurde der absolute Kohlenstoffvorrat der einzelnen Kulturarten kompartimentweise durch Multiplikation der Anbaufläche mit den mittleren, kulturbezogenen Kohlenstoffvorräten berechnet, aufsummiert und durch die Flächensumme dividiert. Diese Berechnungen erfolgten für die Jahre 2002, 2007 und 2012 (Tabelle 511). Das Zeitintervall ergibt sich aus den Erhebungsterminen der Obstbaumzählung, die nur alle 5 Jahre vom Statistischen Bundesamt durchgeführt wird; in der derzeitigen Form erst seit 2002. Die Werte zwischen den einzelnen Erhebungen wurden linear interpoliert. Für die Jahre von 1990 – 2002 wurden die Daten des Jahres 2002 angesetzt, für das Jahr 2013 und 2014 die des Jahres 2012. Letztere werden mit der nächsten Vollerhebung 2017 korrigiert.

Tabelle 511: Ermittlung des flächengewichteten Kohlenstoffvorrates [t C ha<sup>-1</sup>] für Ackerlandgehölze in Deutschland zu den statistischen Erhebungsterminen (KV 2 ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls)

Obstgehölze	Kohlenstoffvorrat in t C ha <sup>-1</sup>			ha Fläche
	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>	
2002	5,04 ± 0,54	3,72 ± 0,38	1,31 ± 0,17	192.054
2007	5,19 ± 0,62	3,83 ± 0,39	1,36 ± 0,18	185.549
2012	6,52 ± 0,68	4,83 ± 0,42	1,70 ± 0,21	187.765

Da in Deutschland perennierende Ackerkulturen immer mit Gras durchwachsen sind, berechnet sich der gesamte Biomassekohlenstoffvorrat pro Flächeneinheit für diese Flächen nach Gleichung 59:

Gleichung 59:

$$C\text{-Vorrat}_{\text{Biomasse\_perennierende\_Ackerkulturen}} = C\text{-Vorrat}_{\text{perennierende\_Gehölze}} + \text{Biomasse}_{\text{Grünland}} * 0,75$$

Der Faktor für die Grünlandbiomasse ergibt sich aus dem Umstand, dass nur die Flächen direkt unter den Gehölzpflanzen frei von Bewuchs gehalten werden. In Obstbaumplantagen und Weingärten nur zwischen den Gehölzreihen Gras wächst. Es wird der Wert für Grünland i.e.S. zugrunde gelegt. Tabelle 512 zeigt die Zeitreihen des Biomassenkohlenstoffvorrats perennierender Ackerlandgehölzflächen Deutschlands.

Tabelle 512: Flächengewichteter Mischwert des Kohlenstoffvorrates der Biomasse [t C ha<sup>-1</sup>] für perennierende Ackerlandgehölzflächen in Deutschland (C-Vorrat der ober- und unterirdischen Biomasse sowie gesamter C-Vorrat ± Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls)

Jahr	Kohlenstoffvorrat [t C ha <sup>-1</sup> ]		
	Bio <sub>total</sub>	Bio <sub>above</sub>	Bio <sub>below</sub>
1990	10,05 ± 1,37	7,00 ± 0,44	3,06 ± 1,21
1995	10,05 ± 1,37	7,00 ± 0,44	3,06 ± 1,21
2000	10,05 ± 1,37	7,00 ± 0,44	3,06 ± 1,21
2005	10,14 ± 1,38	7,06 ± 0,44	3,09 ± 1,23
2006	10,17 ± 1,39	7,08 ± 0,44	3,10 ± 1,23
2007	10,21 ± 1,39	7,10 ± 0,44	3,11 ± 1,23
2008	10,47 ± 1,43	7,30 ± 0,46	3,17 ± 1,26
2009	10,74 ± 1,46	7,50 ± 0,47	3,24 ± 1,29
2010	11,01 ± 1,50	7,70 ± 0,48	3,31 ± 1,31
2011	11,27 ± 1,54	7,90 ± 0,49	3,37 ± 1,34
2012	11,54 ± 1,57	8,10 ± 0,51	3,44 ± 1,37
2013	11,54 ± 1,57	8,10 ± 0,51	3,44 ± 1,37
2014	11,54 ± 1,57	8,10 ± 0,51	3,44 ± 1,37

#### 19.4.4 Unsicherheiten

Die Unsicherheitenbestimmung im LULUCF Teil des deutschen Treibhausgasinventars folgt den Richtlinien der 2006 IPCC Guidelines und der Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (IPCC 2000). Bei Normalverteilung wird das 95 % Konfidenzintervall angegeben bzw. ± die Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls oder 1,96 x der Standardfehler in % vom Mittelwert. Bei unsymmetrischen Verteilungen, hier meist logarithmisch-normalverteilte Daten, werden die Unsicherheiten in Prozent vom Lagemaß dargestellt, als obere und untere Schranke; in der Regel ermittelt über die Quantile ( $p = 0,025$  bzw.  $p = 0,975$ ). Bei der Unsicherheitenfortpflanzungsrechnung wurde gemäß der o.a. Richtlinien, im Sinne einer konservativen Abschätzung, der Abstand zwischen dem Extremwert des schiefen Achsenabschnitts zum Lagemaß per Definition zur Hälfte des 95 % Konfidenzintervalls erklärt. Für die Holzprodukte konnte wegen fehlender Unsicherheiten für die Emissionsfaktoren keine Unsicherheitenberechnung durchgeführt werden (siehe auch Kapitel 11.3.1.5.3). Die Ergebnisse der Unsicherheitenberechnung sind, außer für die Holzprodukte, für alle Pools und Subkategorien in Tabelle 513 dargestellt.

Die Gesamtunsicherheit des LULUCF-Teils des deutschen THG-Inventars beträgt demnach 23,25 % bezüglich des Levels der Emissionen. Den größten Beitrag zur Gesamtunsicherheit bedingen die CO<sub>2</sub>-Emissionen (99,7 %), insbesondere aus dem Biomassepool (67,9 %), gefolgt von den Quellgruppen organische Böden (21,5 %), Mineralböden (9,4 %) und tote organische Substanz (0,9 %). Der Einfluss der Methan- (0,2 %) und Lachgasemissionen (0,1 %) auf die Gesamtunsicherheit ist marginal und praktisch kaum wahrnehmbar.

Bezogen auf die Landnutzungskategorien treten die größten Unsicherheiten in der Unterkategorie verbleibender Wald auf. Hier leistet der Biomassepool aufgrund der Unsicherheit des Emissionsfaktors von 56 % und der absoluten Größe der Senke von -40.873,29 kt CO<sub>2</sub>-eq.CO<sub>2</sub>-Emissionen mit Abstand den größten Beitrag zur Gesamtunsicherheit des LULUCF-Inventars. In dieser Landnutzungskategorie folgt der Mineralboden und die tote organische Substanz; deren Beitrag wird im Wesentlichen von der Höhe der Emissionsfaktoren (Streu: 294 %; Totholz: 107 %) beeinflusst. Außerhalb des

Waldsektors tragen insbesondere die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den organischen Böden der Verbleibkategorien des Grünlands i.e.S. und des Ackerlands erheblich zur Gesamtunsicherheit des LULUCF-Inventars bei, aufgrund der absoluten Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen (22.405,10 bzw. 7.515,70 kt CO<sub>2</sub>-eq.) und der Unsicherheit der Emissionsfaktoren (55 % bzw. 45 %). Alle anderen Unterkategorien und Pools sind marginal und tragen aufsummiert nur ca. 1,5 % zur Gesamtunsicherheit bei.

Tabelle 513: Uncertainty Calculation for the German GHG Emissions from Sector 4.A - 4.F (LULUCF)

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>180</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.A.1	Forest Land remaining Forest Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-15474.96	-16028.66	1.23	52.59	52.6	49.1
4.A.1	Forest Land remaining Forest Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	636.12	906.16	1.72	24.6	24.66	0.03
4.(II).A	Forest Land remaining Forest Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	8.97	12.78	1.72	1011.57	1011.57	0.01
4.(II).A	Forest Land remaining Forest Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	50.43	71.83	1.72	200.69	200.69	0.01
4.A.1	Forest Land remaining Forest Land	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	-54563.08	-40873.29	1.21	56.35	56.37	366.63
4.A.1	Forest Land remaining Forest Land	EF Litter	CO <sub>2</sub>	475.58	493.76	1.21	294	294	1.46
4.A.1	Forest Land remaining Forest Land	EF Dead wood	CO <sub>2</sub>	-1400.72	2051.48	1.21	106.87	106.88	3.32
4.(IV).2	Forest Land remaining Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	0	0	1.23	291.54	291.54	0
4.(III).A.1	Forest Land remaining Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	0	0	1.23	206.81	206.81	0
4.(V).A.1	Forest Land remaining Forest Land	Forest fires	CH <sub>4</sub>	6.77	0.66	15	35	38.08	0
4.(V).A.1	Forest Land remaining Forest Land	Forest fires	N <sub>2</sub> O	4.46	0.43	15	35	38.08	0
4.(V).A.1	Forest Land remaining Forest Land	Forest fires	CO <sub>2</sub>	IE	IE	15	35	0	0
4.(II).A	Forest Land remaining Forest Land	Mineral soils	Drainage	NO	NO	0	0	0	0
4.(I).A.1.1	Forest Land remaining Forest Land	Fertilizer	Düngung	NO	NO	0	0	0	0
4.A.2.1	Cropland converted to Forest Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	297.53	-7.42	9.78	25	26.85	0
4.A.2.1	Cropland converted to Forest Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	56.96	37.21	6.59	24.6	25.47	0
4.(II).A	Cropland converted to Forest Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.8	0.52	6.59	1011.57	1011.59	0
4.(II).A	Cropland converted to Forest Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	4.52	2.95	6.59	200.69	200.79	0
4.A.2.1	Cropland converted to Forest Land	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	-2232.43	-1556.04	9.3	11.64	14.9	0.04
4.A.2.1	Cropland converted to Forest Land	EF Litter	CO <sub>2</sub>	-338.42	-209.89	9.3	3.15	9.82	0
4.A.2.1	Cropland converted to Forest Land	EF Dead wood	CO <sub>2</sub>	-24.49	-15.43	9.3	48.69	49.57	0
4.(IV).2	Cropland converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	6.96	0.42	9.78	292.14	292.31	0
4.(III).A.2.1	Cropland converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	30.92	1.85	9.78	207.67	207.9	0

<sup>180</sup> The data in this column describe auxiliary data needed to derive the percentage uncertainty in total inventory in the bottommost cell of this column. In order to calculate the data the calculation procedure provided by IPCC (2006)-3.31, Table 3.2, column H, has been used. However, the head of this column as prescribed by IPCC (2006)-3.31, Table 3.2, column H („Contribution to Variance by Category“) does not correctly describe the data in this column. The head could not be adapted to the meaning of the data in the column and should therefore not be used.

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.A.2.2.1	Grassland 1 converted to Forest Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	973.25	443.77	8.96	42.74	43.67	0.03
4.A.2.2.1	Grassland 1 converted to Forest Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	156.29	161.32	5.19	24.6	25.14	0
4.(II).A	Grassland 1 converted to Forest Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	2.2	2.28	5.19	1011.57	1011.59	0
4.(II).A	Grassland 1 converted to Forest Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	12.39	12.79	5.19	200.69	200.75	0
4.A.2.2.1	Grassland 1 converted to Forest Land	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	-2506.55	-1981.93	8.13	21.92	23.38	0.15
4.A.2.2.1	Grassland 1 converted to Forest Land	EF Litter	CO <sub>2</sub>	-389.75	-284.8	8.13	3.15	8.72	0
4.A.2.2.1	Grassland 1 converted to Forest Land	EF Dead wood	CO <sub>2</sub>	-28.21	-20.94	8.13	48.69	49.36	0
4.(IV).2	Grassland 1 converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	22.05	10.05	8.96	294.19	294.33	0
4.(III).A.2.2.1	Grassland 1 converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	98	44.68	8.96	210.54	210.73	0.01
4.A.2.2.2	Woody Grassland converted to Forest Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	140.07	56.09	23.75	44.52	50.46	0
4.A.2.2.2	Woody Grassland converted to Forest Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	19.12	12.71	21.34	24.6	32.57	0
4.(II).A	Woody Grassland converted to Forest Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.27	0.18	21.34	1011.57	1011.8	0
4.(II).A	Woody Grassland converted to Forest Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	1.52	1.01	21.34	200.69	201.82	0
4.A.2.2.2	Woody Grassland converted to Forest Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	-170.32	-201.31	22.22	51.22	55.83	0.01
4.A.2.2.2	Woody Grassland converted to Forest Land	EF Litter	CO <sub>2</sub>	-65.26	-44.97	22.22	3.15	22.44	0
4.A.2.2.2	Woody Grassland converted to Forest Land	EF Dead wood	CO <sub>2</sub>	-4.72	-3.31	22.22	48.69	53.52	0
4.(IV).2	Woody Grassland converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	3.29	1.32	23.75	294.46	295.41	0
4.(III).A.2.2.2	Woody Grassland converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	14.64	5.86	23.75	210.91	212.24	0
4.A.2.3.3	Other Wetlands converted to Forest Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	4.98	1.65	146.21	28.49	148.96	0
4.A.2.3.3	Other Wetlands converted to Forest Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	30.58	46.69	19.21	24.6	31.21	0
4.(II).A	Other Wetlands converted to Forest Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.43	0.66	19.21	1011.57	1011.76	0
4.(II).A	Other Wetlands converted to Forest Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	2.42	3.7	19.21	200.69	201.6	0
4.A.2.3.3	Other Wetlands converted to Forest Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	-46.39	-81.71	19.21	37.09	41.77	0
4.A.2.3.3	Other Wetlands converted to Forest Land	EF Litter	CO <sub>2</sub>	-8.99	-10.92	19.21	3.15	19.47	0
4.A.2.3.3	Other Wetlands converted to Forest Land	EF Dead wood	CO <sub>2</sub>	-0.65	-0.8	19.21	48.69	52.34	0
4.(IV).2	Other Wetlands converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	0.09	0.03	146.21	292.46	326.97	0
4.(III).A.2.3.3	Other Wetlands converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	0.41	0.14	146.21	208.11	254.34	0
4.A.2.3.2	Flooded Land converted to Forest Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	23.43	11.25	25.99	0
4.A.2.3.2	Flooded Land converted to Forest Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	33.1	13.1	7.48	24.6	25.71	0
4.(II).A	Flooded Land converted to Forest Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.47	0.18	7.48	1011.57	1011.6	0
4.(II).A	Flooded Land converted to Forest Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	2.62	1.04	7.48	200.69	200.83	0
4.A.2.3.2	Flooded Land converted to Forest Land	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	-261.54	-133.52	17.3	25.64	30.93	0
4.A.2.3.2	Flooded Land converted to Forest Land	EF Litter	CO <sub>2</sub>	-36.56	-17.14	17.3	3.15	17.58	0
4.A.2.3.2	Flooded Land converted to Forest Land	EF Dead wood	CO <sub>2</sub>	-2.65	-1.26	17.3	48.69	51.67	0
4.(IV).2	Flooded Land converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	0	0	23.43	291.29	292.23	0
4.(III).A.2.3.2	Flooded Land converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	0	0	23.43	206.46	207.79	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.A.2.4	Settlements converted to Forest Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	64.38	-14.37	16.72	40.85	44.13	0
4.A.2.4	Settlements converted to Forest Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	10.97	6.02	20.69	24.6	32.15	0
4.A.2.4	Settlements converted to Forest Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.15	0.08	20.69	1011.57	1011.78	0
4.A.2.4	Settlements converted to Forest Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.87	0.48	20.69	200.69	201.75	0
4.A.2.4	Settlements converted to Forest Land	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	-501.6	-497.13	16.18	38	41.3	0.03
4.A.2.4	Settlements converted to Forest Land	EF Litter	CO <sub>2</sub>	-85.94	-67.96	16.18	3.15	16.48	0
4.A.2.4	Settlements converted to Forest Land	EF Dead wood	CO <sub>2</sub>	-6.22	-5	16.18	48.69	51.3	0
4.(IV).2	Settlements converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	1.48	0.03	16.72	293.92	294.4	0
4.(III).A.2.4	Settlements converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	6.58	0.14	16.72	210.16	210.83	0
4.A.2.5	Other Land converted to Forest Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	16.63	-8.4	34.05	43.35	55.13	0
4.A.2.5	Other Land converted to Forest Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0.1	0.39	312.66	24.6	313.63	0
4.(II).A	Other Land converted to Forest Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0.01	312.66	1011.57	1058.79	0
4.(II).A	Other Land converted to Forest Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.01	0.03	312.66	200.69	371.52	0
4.A.2.5	Other Land converted to Forest Land	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	-265.63	-148.65	34.04	25.64	42.62	0
4.A.2.5	Other Land converted to Forest Land	EF Litter	CO <sub>2</sub>	-37.13	-19.08	34.04	3.15	34.18	0
4.A.2.5	Other Land converted to Forest Land	EF Dead wood	CO <sub>2</sub>	-2.69	-1.4	34.04	48.69	59.4	0
4.(IV).2	Other Land converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	0.38	0	34.05	294.28	296.25	0
4.(III).A.2.5	Other Land converted to Forest Land	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	1.67	0	34.05	210.66	213.4	0
4.B.1	Cropland remaining Cropland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	1.06	50.5	50.52	0
4.B.1	Cropland remaining Cropland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	5909.2	7515.7	1.28	45.65	45.66	8.14
4.(II).B	Cropland remaining Cropland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	129.33	164.49	1.28	233.93	233.93	0.1
4.B.1	Cropland remaining Cropland	EF Biomass_min	CO <sub>2</sub>	0	0	1.04	0	0	0
4.B.2.1	Forest Land converted to Cropland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-97.38	-1.03	15.31	25	29.32	0
4.B.2.1	Forest Land converted to Cropland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	184.12	63.89	7.62	45.65	46.28	0
4.(II).B	Forest Land converted to Cropland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	4.03	1.4	7.62	233.93	234.05	0
4.B.2.1	Forest Land converted to Cropland	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	292	80.97	13.53	22.06	25.88	0
4.B.2.1	Forest Land converted to Cropland	EF DOM	CO <sub>2</sub>	257.97	35.36	13.53	6.16	14.87	0
4.(IV).2	Forest Land converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	0	0.07	15.31	287.84	288.25	0
4.(III).B.2.1	Forest Land converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	0	0.33	15.31	201.57	202.15	0
4.B.2.2.1	Grassland 1 converted to Cropland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	2458.85	2814.64	4.92	49.1	49.34	1.33
4.B.2.2.1	Grassland 1 converted to Cropland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	2576.21	3571.42	3.34	45.65	45.77	1.85
4.(II).B	Grassland 1 converted to Cropland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	56.38	78.16	3.34	233.93	233.95	0.02
4.B.2.2.1	Grassland 1 converted to Cropland	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	247.1	-79.04	4.45	15.93	16.54	0
4.(IV).2	Grassland 1 converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	55.71	63.77	4.92	295.18	295.22	0.02
4.(III).B.2.2.1	Grassland 1 converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	247.58	283.41	4.92	211.92	211.98	0.25

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.B.2.2.2	Woody Grassland converted to Cropland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	70.57	26.95	30	51.1	59.25	0
4.B.2.2.2	Woody Grassland converted to Cropland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	52.63	18.23	21.34	45.65	50.39	0
4.(II).B	Woody Grassland converted to Cropland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	1.15	0.4	21.34	233.93	234.9	0
4.B.2.2.2	Woody Grassland converted to Cropland	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	215.51	52.76	28.32	47.27	55.1	0
4.(IV).2	Woody Grassland converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	1.66	0.63	30	295.52	297.04	0
4.(III).B.2.2.2	Woody Grassland converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	7.37	2.82	30	212.39	214.5	0
4.B.2.3.3	Other Wetlands converted to Cropland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	0	36.76	36.76	0
4.B.2.3.3	Other Wetlands converted to Cropland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	132.53	42.36	19.62	45.65	49.68	0
4.(II).B	Other Wetlands converted to Cropland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	2.9	0.93	19.62	233.93	234.75	0
4.B.2.3.3	Other Wetlands converted to Cropland	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	11.19	0	19.62	31.59	37.19	0
4.(IV).2	Other Wetlands converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	0	0	0	295.64	295.64	0
4.(III).B.2.3.3	Other Wetlands converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	0	0	0	212.56	212.56	0
4.B.2.3.2	Flooded Land converted to Cropland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	32.39	50.5	60	0
4.B.2.3.2	Flooded Land converted to Cropland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	28.41	10.04	18.54	45.65	49.27	0
4.(II).B	Flooded Land converted to Cropland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.62	0.22	18.54	233.93	234.66	0
4.B.2.3.2	Flooded Land converted to Cropland	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	-11.86	-0.08	29.24	12.18	31.67	0
4.(IV).2	Flooded Land converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	0	0	32.39	295.42	297.19	0
4.(III).B.2.3.2	Flooded Land converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	0	0	32.39	212.25	214.71	0
4.B.2.4	Settlements converted to Cropland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-16.88	-11.43	15.5	49.15	51.54	0
4.B.2.4	Settlements converted to Cropland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	69.84	42.92	21.22	45.65	50.34	0
4.(II).B	Settlements converted to Cropland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	1.53	0.94	21.22	233.93	234.89	0
4.B.2.4	Settlements converted to Cropland	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	93.08	20.63	15	30.54	34.03	0
4.(IV).2	Settlements converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	0	0	15.5	295.19	295.6	0
4.(III).B.2.4	Settlements converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	0	0	15.5	211.93	212.5	0
4.B.2.5	Other Land converted to Cropland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-1.78	-4.1	91.67	51.78	105.28	0
4.B.2.5	Other Land converted to Cropland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0.74	1.33	180.19	233.93	295.28	0
4.(II).B	Other Land converted to Cropland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.74	1.33	180.19	45.65	185.88	0
4.B.2.5	Other Land converted to Cropland	EF Biomass	CO <sub>2</sub>	-2.15	0	90.15	12.18	90.97	0
4.(IV).2	Other Land converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O indirect	N <sub>2</sub> O	0	0	90.15	295.64	309.08	0
4.(III).B.2.5	Other Land converted to Cropland	SOM N <sub>2</sub> O direct	N <sub>2</sub> O	0	0	91.67	212.56	231.48	0
4.C.1.1	Grassland 1 remaining Grassland 1	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	1.79	77.87	77.89	0
4.C.1.1	Grassland 1 remaining Grassland 1	Organic soils	CO <sub>2</sub>	25058.33	22261.94	0.57	55.35	55.36	104.9
4.(II).C	Grassland 1 remaining Grassland 1	Organic soils	CH <sub>4</sub>	531.03	471.77	0.57	258.59	258.59	1.03
4.C.1.1	Grassland 1 remaining Grassland 1	Biomass	CO <sub>2</sub>	0	0	1.5	30.21	30.25	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.C.2.1.1	Forest Land converted to Grassland 1	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-259.05	-152.06	20.2	42.74	47.27	0
4.C.2.1.1	Forest Land converted to Grassland 1	Organic soils	CO <sub>2</sub>	78.36	150.98	10.17	55.35	56.28	0
4.(II).C	Forest Land converted to Grassland 1	Organic soils	CH <sub>4</sub>	1.66	3.2	10.17	258.59	258.79	0
4.C.2.1.1	Forest Land converted to Grassland 1	Biomass	CO <sub>2</sub>	231.66	301.69	18.78	22.42	29.25	0.01
4.C.2.1.1	Forest Land converted to Grassland 1	DOM	CO <sub>2</sub>	219.25	130.56	18.78	6.16	19.76	0
4.(IV).2	Forest Land converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	20.2	289.92	290.62	0
4.(III).C.2.1.1	Forest Land converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	20.2	204.53	205.52	0
4.C.2.2.1	Cropland converted to Grassland 1	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-1787.24	-1357.25	6.13	49.1	49.48	0.31
4.C.2.2.1	Cropland converted to Grassland 1	Organic soils	CO <sub>2</sub>	1580.07	821.99	3.17	55.35	55.45	0.14
4.(II).C	Cropland converted to Grassland 1	Organic soils	CH <sub>4</sub>	33.48	17.42	3.17	258.59	258.61	0
4.C.2.2.1	Cropland converted to Grassland 1	Biomass	CO <sub>2</sub>	-179.41	29.29	5.47	15.93	16.85	0
4.(IV).2	Cropland converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	6.13	295.18	295.25	0
4.(III).C.2.1.1	Cropland converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	6.13	211.92	212.01	0
4.C.1.3	Woody Grassland converted to Grassland 1	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-45.1	-21.76	19.7	56.92	60.23	0
4.C.1.3	Woody Grassland converted to Grassland 1	Organic soils	CO <sub>2</sub>	60.93	57.3	15.7	55.35	57.54	0
4.(II).C	Woody Grassland converted to Grassland 1	Organic soils	CH <sub>4</sub>	1.29	1.21	15.7	258.59	259.07	0
4.C.1.3	Woody Grassland converted to Grassland 1	Biomass	CO <sub>2</sub>	401.27	42.16	18.88	47.82	51.42	0
4.(IV).2	Woody Grassland converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	19.7	296.58	297.24	0
4.(III).C.1.3	Woody Grassland converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	19.7	213.87	214.77	0
4.C.2.3.3.1	Other Wetlands converted to Grassland 1	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-0.5	-0.96	57.4	47.36	74.42	0
4.C.2.3.3.1	Other Wetlands converted to Grassland 1	Organic soils	CO <sub>2</sub>	78.39	75.57	49.96	55.35	74.56	0
4.(II).C	Other Wetlands converted to Grassland 1	Organic soils	CH <sub>4</sub>	1.66	1.6	49.96	258.59	263.37	0
4.C.2.3.3.1	Other Wetlands converted to Grassland 1	Biomass	CO <sub>2</sub>	8.62	20.57	56.85	32.93	65.7	0
4.(IV).2	Other Wetlands converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	57.4	294.9	300.43	0
4.(III).C.2.3.3.1	Other Wetlands converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	57.4	211.53	219.17	0
4.C.2.3.2.1	Flooded Land converted to Grassland 1	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	16.5	77.87	79.6	0
4.C.2.3.2.1	Flooded Land converted to Grassland 1	Organic soils	CO <sub>2</sub>	314.46	119.87	6.25	55.35	55.71	0
4.(II).C	Flooded Land converted to Grassland 1	Organic soils	CH <sub>4</sub>	6.66	2.54	6.25	258.59	258.67	0
4.C.2.3.2.1	Flooded Land converted to Grassland 1	Biomass	CO <sub>2</sub>	-56.02	-17.21	13.1	30.21	32.93	0
4.(IV).2	Flooded Land converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	16.5	301.31	301.76	0
4.(III).C.2.3.2.1	Flooded Land converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	16.5	220.37	220.99	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.C.2.4.1	Settlements converted to Grassland 1	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-344.31	-313.17	11.82	57.48	58.68	0.02
4.C.2.4.1	Settlements converted to Grassland 1	Organic soils	CO <sub>2</sub>	127.48	71.95	10.3	55.35	56.3	0
4.(II).C	Settlements converted to Grassland 1	Organic soils	CH <sub>4</sub>	2.7	1.52	10.3	258.59	258.8	0
4.C.2.4.1	Settlements converted to Grassland 1	Biomass	CO <sub>2</sub>	108.84	66.13	11.22	32.68	34.55	0
4.(IV).2	Settlements converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	11.82	296.69	296.93	0
4.(III).C.2.4.1	Settlements converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	11.82	214.02	214.34	0
4.C.2.5.1	Other Land converted to Grassland 1	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-48.78	-63.21	57.4	43.35	71.93	0
4.C.2.5.1	Other Land converted to Grassland 1	Organic soils	CO <sub>2</sub>	1.9	3.68	49.96	55.35	74.56	0
4.(II).C	Other Land converted to Grassland 1	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.04	0.08	49.96	258.59	263.37	0
4.C.2.5.1	Other Land converted to Grassland 1	Biomass	CO <sub>2</sub>	-15.42	0	56.85	30.21	64.38	0
4.(IV).2	Other Land converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	57.4	297.12	302.62	0
4.(III).C.2.5.1	Other Land converted to Grassland 1	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	57.4	214.62	222.16	0
4.C.1.2	Woody Grassland remaining Woody Grassland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	4.87	83.27	83.42	0
4.C.1.2	Woody Grassland remaining Woody Grassland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	1001.66	1103.81	1.59	24.6	24.65	0.05
4.(II).C	Woody Grassland remaining Woody Grassland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	14.13	15.57	1.59	1011.57	1011.57	0.02
4.(II).C	Woody Grassland remaining Woody Grassland	Organic soils	N <sub>2</sub> O	79.4	87.5	1.59	200.69	200.69	0.02
4.C.1.2	Woody Grassland remaining Woody Grassland	Biomass	CO <sub>2</sub>	0	0	3.56	55.21	55.33	0
4.C.2.1.2	Forest Land converted to Woody Grassland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-72.52	-36.47	28.51	44.52	52.87	0
4.C.2.1.2	Forest Land converted to Woody Grassland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	15.75	11.11	15.77	24.6	29.22	0
4.(II).C	Forest Land converted to Woody Grassland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.22	0.16	15.77	1011.57	1011.7	0
4.(II).C	Forest Land converted to Woody Grassland	Organic soils	N <sub>2</sub> O	1.25	0.88	15.77	200.69	201.3	0
4.C.2.1.2	Forest Land converted to Woody Grassland	Biomass	CO <sub>2</sub>	-52.61	36.13	25.5	28.07	37.93	0
4.C.2.1.2	Forest Land converted to Woody Grassland	EF DOM	CO <sub>2</sub>	77.18	65.02	25.5	6.16	26.24	0
4.(IV).2	Forest Land converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	28.51	290.19	291.59	0
4.(III).C.2.1.2	Forest Land converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	28.51	204.91	206.88	0
4.C.2.2.2	Cropland converted to Woody Grassland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-151.6	-153.21	14	51.1	52.98	0
4.C.2.2.2	Cropland converted to Woody Grassland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	22.37	15.93	10.69	24.6	26.82	0
4.(II).C	Cropland converted to Woody Grassland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.32	0.22	10.69	1011.57	1011.63	0
4.(II).C	Cropland converted to Woody Grassland	Organic soils	N <sub>2</sub> O	1.77	1.26	10.69	200.69	200.97	0
4.C.2.2.2	Cropland converted to Woody Grassland	Biomass	CO <sub>2</sub>	-456.69	-291.65	13.21	47.27	49.08	0.01
4.(IV).2	Cropland converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	14	295.52	295.85	0
4.(III).C.2.2.2	Cropland converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	14	212.39	212.85	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.C.1.4	Grassland 1 converted to Woody Grassland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	14.9	47.69	27.89	56.92	63.38	0
4.C.1.4	Grassland 1 converted to Woody Grassland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	24.39	78.32	14.65	24.6	28.63	0
4.(II).C	Grassland 1 converted to Woody Grassland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.34	1.1	14.65	1011.57	1011.68	0
4.(II).C	Grassland 1 converted to Woody Grassland	Organic soils	N <sub>2</sub> O	1.93	6.21	14.65	200.69	201.22	0
4.C.1.4	Grassland 1 converted to Woody Grassland	Biomass	CO <sub>2</sub>	-148.34	-717.11	24.2	47.82	53.6	0.1
4.(IV).2	Grassland 1 converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0.34	1.08	27.89	296.58	297.89	0
4.(III).C.1.4	Grassland 1 converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	1.5	4.8	27.89	213.87	215.68	0
4.C.2.3.3.2	Other Wetlands converted to Woody Grassland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0.03	209.23	49.1	214.91	0
4.C.2.3.3.2	Other Wetlands converted to Woody Grassland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	9.46	10.23	30.11	24.6	38.88	0
4.(II).C	Other Wetlands converted to Woody Grassland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.13	0.14	30.11	1011.57	1012.02	0
4.(II).C	Other Wetlands converted to Woody Grassland	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.75	0.81	30.11	200.69	202.93	0
4.C.2.3.3.2	Other Wetlands converted to Woody Grassland	Biomass	CO <sub>2</sub>	-5.44	-0.28	30.11	34.6	45.86	0
4.(IV).2	Other Wetlands converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	209.23	295.18	361.81	0
4.(III).C.2.3.3.2	Other Wetlands converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	209.23	211.92	297.8	0
4.C.2.3.2.2	Flooded Land converted to Woody Grassland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	48.9	83.27	96.57	0
4.C.2.3.2.2	Flooded Land converted to Woody Grassland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	4.4	1.87	23.4	24.6	33.95	0
4.(II).C	Flooded Land converted to Woody Grassland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.06	0.03	23.4	1011.57	1011.84	0
4.(II).C	Flooded Land converted to Woody Grassland	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.35	0.15	23.4	200.69	202.05	0
4.C.2.3.2.2	Flooded Land converted to Woody Grassland	Biomass	CO <sub>2</sub>	-31.18	-7.76	39.98	55.21	68.17	0
4.(IV).2	Flooded Land converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	48.9	302.75	306.67	0
4.(III).C.2.3.2.2	Flooded Land converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	48.9	222.34	227.65	0
4.C.2.4.2	Settlements converted to Woody Grassland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-71.48	-76.28	26.09	59.71	65.16	0
4.C.2.4.2	Settlements converted to Woody Grassland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	6.32	5.37	20.45	24.6	31.99	0
4.(II).C	Settlements converted to Woody Grassland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.09	0.08	20.45	1011.57	1011.78	0
4.(II).C	Settlements converted to Woody Grassland	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.5	0.43	20.45	200.69	201.73	0
4.C.2.4.2	Settlements converted to Woody Grassland	Biomass	CO <sub>2</sub>	-155.67	-78.55	25.12	44.14	50.79	0
4.(IV).2	Settlements converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	26.09	297.13	298.28	0
4.(III).C.2.4.2	Settlements converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	26.09	214.63	216.21	0
4.C.2.5.2	Other Land converted to Woody Grassland	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-7.68	-10.66	95.98	62.02	114.27	0
4.C.2.5.2	Other Land converted to Woody Grassland	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	0	24.6	24.6	0
4.(II).C	Other Land converted to Woody Grassland	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	0	1011.57	1011.57	0
4.(II).C	Other Land converted to Woody Grassland	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	0	200.69	200.69	0
4.C.2.5.2	Other Land converted to Woody Grassland	Biomass	CO <sub>2</sub>	-18.87	0	95.98	55.21	110.73	0
4.(IV).2	Other Land converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	95.98	297.6	312.7	0
4.(III).C.2.5.2	Other Land converted to Woody Grassland	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	95.98	215.28	235.71	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.D.1.3	Other Wetlands remaining Other Wetlands	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	41.38	52.48	66.83	0
4.D.1.3	Other Wetlands remaining Other Wetlands	Organic soils	CO <sub>2</sub>	1523.36	1394.09	3.38	59.94	60.03	0.48
4.(II).D.3	Other Wetlands remaining Other Wetlands	Organic soils	CH <sub>4</sub>	31.96	29.25	3.38	669.85	669.86	0.03
4.(II).D.3	Other Wetlands remaining Other Wetlands	Organic soils	N <sub>2</sub> O	11.97	10.96	3.38	306.18	306.2	0
4.D.1.3	Other Wetlands remaining Other Wetlands	Biomass	CO <sub>2</sub>	0	0	6.16	43.49	43.92	0
4.D.2.1.3	Forest Land converted to Other Wetlands	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-3.29	-1.87	96.26	28.49	100.39	0
4.D.2.1.3	Forest Land converted to Other Wetlands	Organic soils	CO <sub>2</sub>	19.03	92.21	30.98	59.94	67.47	0
4.(II).D.3	Forest Land converted to Other Wetlands	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.4	1.93	30.98	669.85	670.57	0
4.(II).D.3	Forest Land converted to Other Wetlands	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.15	0.72	30.98	306.18	307.74	0
4.D.2.1.3	Forest Land converted to Other Wetlands	Biomass	CO <sub>2</sub>	3.38	7.87	53.11	21.65	57.35	0
4.D.2.1.3	Forest Land converted to Other Wetlands	EF DOM	CO <sub>2</sub>	7.08	4.56	53.11	6.16	53.46	0
4.(IV).2	Forest Land converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	96.26	288.17	303.82	0
4.(III).D.2.1.3	Forest Land converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	96.26	202.03	223.79	0
4.D.2.2.3	Cropland converted to Other Wetlands	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-1.02	-0.56	66.19	36.76	75.71	0
4.D.2.2.3	Cropland converted to Other Wetlands	Organic soils	CO <sub>2</sub>	38.49	17.62	20.21	59.94	63.25	0
4.(II).D.3	Cropland converted to Other Wetlands	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.81	0.37	20.21	669.85	670.16	0
4.(II).D.3	Cropland converted to Other Wetlands	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.3	0.14	20.21	306.18	306.84	0
4.D.2.2.3	Cropland converted to Other Wetlands	Biomass	CO <sub>2</sub>	-6.36	-2.4	22.82	31.59	38.97	0
4.(IV).2	Cropland converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	66.19	293.38	300.76	0
4.(III).D.2.2.3	Cropland converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	66.19	209.41	219.62	0
4.D.2.3.1.3	Grassland 1 converted to Other Wetlands	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0.63	2.09	100.93	47.36	111.49	0
4.D.2.3.1.3	Grassland 1 converted to Other Wetlands	Organic soils	CO <sub>2</sub>	111.01	257.19	15.26	59.94	61.85	0.02
4.(II).D.3	Grassland 1 converted to Other Wetlands	Organic soils	CH <sub>4</sub>	2.33	5.4	15.26	669.85	670.03	0
4.(II).D.3	Grassland 1 converted to Other Wetlands	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.87	2.02	15.26	306.18	306.56	0
4.D.2.3.1.3	Grassland 1 converted to Other Wetlands	Biomass	CO <sub>2</sub>	-15.88	-40.82	21.26	32.93	39.2	0
4.(IV).2	Grassland 1 converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0.01	0.05	100.93	294.9	311.69	0
4.(III).D.2.3.1.3	Grassland 1 converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0.06	0.21	100.93	211.53	234.37	0
4.D.2.3.2.3	Woody Grassland converted to Other Wetlands	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-0.03	-0.01	197.08	49.1	203.11	0
4.D.2.3.2.3	Woody Grassland converted to Other Wetlands	Organic soils	CO <sub>2</sub>	22.42	10.75	32.28	59.94	68.08	0
4.(II).D.3	Woody Grassland converted to Other Wetlands	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.47	0.23	32.28	669.85	670.63	0
4.(II).D.3	Woody Grassland converted to Other Wetlands	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.18	0.08	32.28	306.18	307.87	0
4.D.2.3.2.3	Woody Grassland converted to Other Wetlands	Biomass	CO <sub>2</sub>	6.41	0.29	40.76	34.6	53.46	0
4.(IV).2	Woody Grassland converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	197.08	295.18	354.93	0
4.(III).D.2.3.2.3	Woody Grassland converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	197.08	211.92	289.4	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.D.1.6	Flooded Land converted to Other Wetlands	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	200.6	52.48	207.35	0
4.D.1.6	Flooded Land converted to Other Wetlands	Organic soils	CO <sub>2</sub>	7.31	4.91	34.36	59.94	69.09	0
4.(II).D.3	Flooded Land converted to Other Wetlands	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.15	0.1	34.36	669.85	670.73	0
4.(II).D.3	Flooded Land converted to Other Wetlands	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.06	0.04	34.36	306.18	308.1	0
4.D.1.6	Flooded Land converted to Other Wetlands	Biomass	CO <sub>2</sub>	-4.18	-1.12	123.37	43.49	130.81	0
4.(IV).2	Flooded Land converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	200.6	295.76	357.37	0
4.(III).D.1.6	Flooded Land converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	200.6	212.73	292.39	0
4.D.2.4.3	Settlements converted to Other Wetlands	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-1.12	-0.34	103.58	47.63	114.01	0
4.D.2.4.3	Settlements converted to Other Wetlands	Organic soils	CO <sub>2</sub>	4.26	15.3	73.04	59.94	94.49	0
4.(II).D.3	Settlements converted to Other Wetlands	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.09	0.32	73.04	669.85	673.82	0
4.(II).D.3	Settlements converted to Other Wetlands	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.03	0.12	73.04	306.18	314.77	0
4.D.2.4.3	Settlements converted to Other Wetlands	Biomass	CO <sub>2</sub>	-0.75	-4.29	83.68	32.37	89.73	0
4.(IV).2	Settlements converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	103.58	294.94	312.6	0
4.(III).D.2.4.3	Settlements converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	103.58	211.59	235.58	0
4.D.2.5.3	Other Land converted to Other Wetlands	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	0	49.85	49.85	0
4.D.2.5.3	Other Land converted to Other Wetlands	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	0	59.94	59.94	0
4.(II).D.3	Other Land converted to Other Wetlands	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	0	669.85	669.85	0
4.(II).D.3	Other Land converted to Other Wetlands	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	0	306.18	306.18	0
4.D.2.5.3	Other Land converted to Other Wetlands	Biomass	CO <sub>2</sub>	0	0	0	43.49	43.49	0
4.(IV).2	Other Land converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	0	295.31	295.31	0
4.(III).D.2.5.3	Other Land converted to Other Wetlands	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	0	212.1	212.1	0
4.D.1.2	Flooded Land remaining Flooded Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	5.77	0	5.77	0
4.D.1.2	Flooded Land remaining Flooded Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	4.9	0	4.9	0
4.(II).D.2	Flooded Land remaining Flooded Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	4.9	0	4.9	0
4.(II).D.2	Flooded Land remaining Flooded Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	4.9	0	4.9	0
4.D.1.2	Flooded Land remaining Flooded Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	0	0	5.62	0	5.62	0
4.D.2.1.2	Forest Land converted to Flooded Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	53.3	11.25	54.47	0
4.D.2.1.2	Forest Land converted to Flooded Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	34.27	0	34.27	0
4.(II).D	Forest Land converted to Flooded Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	34.27	0	34.27	0
4.(II).D	Forest Land converted to Flooded Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	34.27	0	34.27	0
4.D.2.1.2	Forest Land converted to Flooded Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	51.34	14.36	51.22	24.95	56.98	0
4.D.2.1.2	Forest Land converted to Flooded Land	EF DOM	CO <sub>2</sub>	37.07	5.43	51.22	6.16	51.59	0
4.(IV).2	Forest Land converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	53.3	286.97	291.88	0
4.(III).D.2.1.2	Forest Land converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	53.3	200.33	207.3	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.D.2.2.2	Cropland converted to Flooded Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	30.9	50.5	59.21	0
4.D.2.2.2	Cropland converted to Flooded Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	16.53	0	16.53	0
4.(II).D.2	Cropland converted to Flooded Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	16.53	0	16.53	0
4.(II).D.2	Cropland converted to Flooded Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	16.53	0	16.53	0
4.D.2.2.2	Cropland converted to Flooded Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	25.54	8.26	28.91	12.18	31.37	0
4.(IV).2	Cropland converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	30.9	295.42	297.03	0
4.(III).D.2.2.2	Cropland converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	30.9	212.25	214.49	0
4.D.2.3.1.2	Grassland 1 converted to Flooded Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	22.26	77.87	80.99	0
4.D.2.3.1.2	Grassland 1 converted to Flooded Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	17.41	0	17.41	0
4.(II).D.2	Grassland 1 converted to Flooded Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	17.41	0	17.41	0
4.(II).D.2	Grassland 1 converted to Flooded Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	17.41	0	17.41	0
4.D.2.3.1.2	Grassland 1 converted to Flooded Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	29.18	10.1	20.31	30.21	36.4	0
4.(IV).2	Grassland 1 converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	22.26	301.31	302.13	0
4.(III).D.2.3.1.2	Grassland 1 converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	22.26	220.37	221.49	0
4.D.2.2.2.2	Woody Grassland converted to Flooded Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	80.26	83.27	115.66	0
4.D.2.2.2.2	Woody Grassland converted to Flooded Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	68.65	0	68.65	0
4.(II).D.2	Woody Grassland converted to Flooded Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	68.65	0	68.65	0
4.(II).D.2	Woody Grassland converted to Flooded Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	68.65	0	68.65	0
4.D.2.2.2.2	Woody Grassland converted to Flooded Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	29.11	0.5	75.19	55.21	93.28	0
4.(IV).2	Woody Grassland converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	80.26	302.75	313.21	0
4.(III).D.2.2.2.2	Woody Grassland converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	80.26	222.34	236.38	0
4.D.1.5	Other Wetlands converted to Flooded Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	209.23	52.48	215.71	0
4.D.1.5	Other Wetlands converted to Flooded Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	53.32	0	53.32	0
4.(II).D.2	Other Wetlands converted to Flooded Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	53.32	0	53.32	0
4.(II).D.2	Other Wetlands converted to Flooded Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	53.32	0	53.32	0
4.D.1.5	Other Wetlands converted to Flooded Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	1.45	0.9	70.06	43.49	82.46	0
4.(IV).2	Other Wetlands converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	209.23	295.76	362.29	0
4.(III).D.1.5	Other Wetlands converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	209.23	212.73	298.38	0
4.D.2.4.2	Settlements converted to Flooded Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	42.13	84.97	94.84	0
4.D.2.4.2	Settlements converted to Flooded Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	52.69	0	52.69	0
4.(II).D.2	Settlements converted to Flooded Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	52.69	0	52.69	0
4.(II).D.2	Settlements converted to Flooded Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	52.69	0	52.69	0
4.D.2.4.2	Settlements converted to Flooded Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	33.12	18.89	41.4	47.82	63.25	0
4.(IV).2	Settlements converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	42.13	303.22	306.13	0
4.(III).D.2.4.2	Settlements converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	42.13	222.98	226.92	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.D.2.5.2	Other Land converted to Flooded Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	83.91	92.86	125.15	0
4.D.2.5.2	Other Land converted to Flooded Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	153.04	0	153.04	0
4.(II).D.2	Other Land converted to Flooded Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	153.04	0	153.04	0
4.(II).D.2	Other Land converted to Flooded Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	153.04	0	153.04	0
4.D.2.5.2	Other Land converted to Flooded Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	0	0	83.91	0	83.91	0
4.(IV).2	Other Land converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	83.91	305.52	316.84	0
4.(III).D.2.5.2	Other Land converted to Flooded Land	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	83.91	226.1	241.17	0
4.D.1.1	Peat Extraction remaining Peat Extraction	Organic soils	CO <sub>2</sub>	2146.75	2069.94	3.06	37.39	37.52	0.42
4.(II).D.1	Peat Extraction remaining Peat Extraction	Organic soils	CH <sub>4</sub>	5.56	5.56	3.06	92.86	92.91	0
4.(II).D.1	Peat Extraction remaining Peat Extraction	Organic soils	N <sub>2</sub> O	7.92	7.92	3.06	63.27	63.35	0
4.D.1.1	Peat Extraction remaining Peat Extraction	Biomass	CO <sub>2</sub>	0	0	3.06	0	3.06	0
4.E.1	Settlements remaining Settlements	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	2.54	84.97	85	0
4.E.1	Settlements remaining Settlements	Organic soils	CO <sub>2</sub>	636.59	994.35	3.06	55.35	55.44	0.21
4.(II).H.1	Settlements remaining Settlements	Organic soils	CH <sub>4</sub>	13.49	21.07	3.06	258.59	258.61	0
4.(II).H.1	Settlements remaining Settlements	Organic soils	N <sub>2</sub> O	29.66	46.34	3.06	222.68	222.7	0.01
4.E.1	Settlements remaining Settlements	Biomass	CO <sub>2</sub>	0	0	2.5	47.82	47.89	0
4.E.2.1	Forest Land converted to Settlements	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-125.96	46.35	13.85	40.85	43.13	0
4.E.2.1	Forest Land converted to Settlements	Organic soils	CO <sub>2</sub>	19.12	45.19	21.57	55.35	59.41	0
4.(II).H.1	Forest Land converted to Settlements	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.41	0.96	21.57	258.59	259.49	0
4.(II).H.1	Forest Land converted to Settlements	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.89	2.11	21.57	222.68	223.72	0
4.E.2.1	Forest Land converted to Settlements	Biomass	CO <sub>2</sub>	284.37	715.94	13.71	22.17	26.07	0.02
4.E.2.1	Forest Land converted to Settlements	EF DOM	CO <sub>2</sub>	361.66	351.33	13.71	6.16	15.03	0
4.(IV).2	Forest Land converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0.76	13.85	289.65	289.98	0
4.(III).E.2.1	Forest Land converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	3.37	13.85	204.14	204.61	0
4.E.2.2	Cropland converted to Settlements	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	89.4	130.86	8.15	49.15	49.83	0
4.E.2.2	Cropland converted to Settlements	Organic soils	CO <sub>2</sub>	213.7	299.02	10.34	55.35	56.31	0.02
4.(II).H.1	Cropland converted to Settlements	Organic soils	CH <sub>4</sub>	4.53	6.34	10.34	258.59	258.8	0
4.(II).H.1	Cropland converted to Settlements	Organic soils	N <sub>2</sub> O	9.96	13.93	10.34	222.68	222.92	0
4.E.2.2	Cropland converted to Settlements	Biomass	CO <sub>2</sub>	-487.01	-544.06	7.98	30.54	31.57	0.02
4.(IV).2	Cropland converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	2.09	3.06	8.15	295.19	295.3	0
4.(III).E.2.2	Cropland converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	9.29	13.6	8.15	211.93	212.09	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>100</sup>	
Source category	Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t	
			[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	
4.E.2.3.1	Grassland 1 converted to Settlements	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	569.15	776.17	10.63	57.48	58.46	0.14
4.E.2.3.1	Grassland 1 converted to Settlements	Organic soils	CO <sub>2</sub>	173.48	406.97	10.45	55.35	56.33	0.04
4.(II).H.1	Grassland 1 converted to Settlements	Organic soils	CH <sub>4</sub>	3.68	8.62	10.45	258.59	258.8	0
4.(II).H.1	Grassland 1 converted to Settlements	Organic soils	N <sub>2</sub> O	8.08	18.96	10.45	222.68	222.93	0
4.E.2.3.1	Grassland 1 converted to Settlements	Biomass	CO <sub>2</sub>	-177.93	-265.25	10.23	32.68	34.25	0.01
4.(IV).2	Grassland 1 converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	12.89	17.58	10.63	296.69	296.88	0
4.(III).E.2.3.1	Grassland 1 converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	57.31	78.15	10.63	214.02	214.28	0.02
4.E.2.3.2	Woody Grassland converted to Settlements	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	67.59	36.69	30.75	59.71	67.17	0
4.E.2.3.2	Woody Grassland converted to Settlements	Organic soils	CO <sub>2</sub>	30.38	15.69	27.26	55.35	61.7	0
4.(II).H.1	Woody Grassland converted to Settlements	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.64	0.33	27.26	258.59	260.02	0
4.(II).H.1	Woody Grassland converted to Settlements	Organic soils	N <sub>2</sub> O	1.42	0.73	27.26	222.68	224.35	0
4.E.2.3.2	Woody Grassland converted to Settlements	Biomass	CO <sub>2</sub>	149.13	113.13	29.45	44.14	53.06	0
4.(IV).2	Woody Grassland converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	1.59	0.86	30.75	297.13	298.72	0
4.(III).E.2.3.2	Woody Grassland converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	7.06	3.83	30.75	214.63	216.82	0
4.E.2.4.3	Other Wetlands converted to Settlements	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	0	47.63	47.63	0
4.E.2.4.3	Other Wetlands converted to Settlements	Organic soils	CO <sub>2</sub>	52.16	181.15	28.56	55.35	62.29	0.01
4.(II).H.1	Other Wetlands converted to Settlements	Organic soils	CH <sub>4</sub>	1.11	3.84	28.56	258.59	260.16	0
4.(II).H.1	Other Wetlands converted to Settlements	Organic soils	N <sub>2</sub> O	2.43	8.44	28.56	222.68	224.51	0
4.E.2.4.3	Other Wetlands converted to Settlements	Biomass	CO <sub>2</sub>	2.28	0.7	28.56	32.37	43.17	0
4.(IV).2	Other Wetlands converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	0	294.94	294.94	0
4.(III).E.2.4.3	Other Wetlands converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	0	211.59	211.59	0
4.E.2.4.2	Flooded Land converted to Settlements	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	29.78	84.97	90.03	0
4.E.2.4.2	Flooded Land converted to Settlements	Organic soils	CO <sub>2</sub>	6.9	4.49	34.64	55.35	65.3	0
4.(II).H.1	Flooded Land converted to Settlements	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.15	0.1	34.64	258.59	260.9	0
4.(II).H.1	Flooded Land converted to Settlements	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.32	0.21	34.64	222.68	225.36	0
4.E.2.4.2	Flooded Land converted to Settlements	Biomass	CO <sub>2</sub>	-30.65	-4.7	29.02	47.82	55.94	0
4.(IV).2	Flooded Land converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	29.78	303.22	304.68	0
4.(III).E.2.4.2	Flooded Land converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	29.78	222.98	224.96	0
4.E.2.5	Other Land converted to Settlements	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	-4.61	-5.36	57.26	62.8	84.99	0
4.E.2.5	Other Land converted to Settlements	Organic soils	CO <sub>2</sub>	1.01	0.47	91.47	55.35	106.92	0
4.(II).H.1	Other Land converted to Settlements	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0.02	0.01	91.47	258.59	274.29	0
4.(II).H.1	Other Land converted to Settlements	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0.05	0.02	91.47	222.68	240.74	0
4.E.2.5	Other Land converted to Settlements	Biomass	CO <sub>2</sub>	-18.87	0	56.95	47.82	74.36	0
4.(IV).2	Other Land converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	57.26	297.77	303.23	0
4.(III).E.2.5	Other Land converted to Settlements	SOM mineral soils	N <sub>2</sub> O	0	0	57.26	215.51	222.99	0

A		B	C	D	E	F	G	H <sup>180</sup>	
Source category		Pool	Gas	Base year emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Year 2014 emissions [CO <sub>2</sub> -eq.]	Activity data uncertainty (half the 95% confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95% confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95% confidence interval)	Contribution to Variance by Category in Year t
				[kt a <sup>-1</sup> ]	[kt a <sup>-1</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]
4.F.1	Other Land remaining Other Land	Mineral soils	CO <sub>2</sub>	0	0	40.19	92.86	101.18	0
4.F.1	Other Land remaining Other Land	Organic soils	CO <sub>2</sub>	0	0	344.73	0	344.73	0
4.(II).H.2	Other Land remaining Other Land	Organic soils	CH <sub>4</sub>	0	0	344.73	0	344.73	0
4.(II).H.2	Other Land remaining Other Land	Organic soils	N <sub>2</sub> O	0	0	344.73	0	344.73	0
4.F.1	Other Land remaining Other Land	Biomass	CO <sub>2</sub>	0	0	40.19	0	40.19	0
<b>Uncertainty total</b>				<b>Level<sub>[sq. root Σ H]</sub></b>					<b>23.252</b>

## **19.5 Weitere detaillierte methodische Beschreibungen für die Quellkategorie Abfall und Abwasser (6)**

## **20 ANHANG 4: CO<sub>2</sub> REFERENZVERFAHREN UND VERGLEICH MIT DEM SEKTORANSATZ UND RELEVANTE INFORMATIONEN ZUR NATIONALEN ENERGIEBILANZ**

### **Allgemeine Hinweise**

Der Referenzansatz soll grundsätzlich für alle Berichtsstaaten anwendbar sein. Allein diese Abstraktion und Verallgemeinerung führt unausweichlich zu Diskrepanzen zum Sektorale Ansatz.

Insgesamt erlaubt der Sektorale Ansatz wesentlich differenziertere, realistischere und exaktere Berechnungen mit von denen des Referenzverfahrens ggf. stark abweichenden Detailergebnissen.

Die in den vergangenen Jahren begonnenen und mit dieser Submission fortgesetzten Arbeiten insbesondere zur Beseitigung von Fehlern bei der Überführung landesspezifischer Aktivitätsdaten in die Struktur des Referenzverfahrens haben auf maximal aggregierter Ebene eine sehr gute Übereinstimmung der mit beiden Berechnungsansätzen erzielten Ergebnisse zur Folge (siehe Kapitel 3.2.1.1). Auf Brennstoffgruppen-, vor allem aber auf Brennstoff-Ebene auch weiterhin bestehende Abweichungen lassen sich zumindest teilweise mit landesspezifischen Besonderheiten erklären, können bisher aber nicht zufriedenstellend beseitigt werden.

Das Referenzverfahren bietet damit auch in Zukunft Raum für weitere Verbesserungen. Neben der Prüfung und ggf. Revision insbesondere der für den nicht-energetischen Verbrauch genutzten Eingangsdaten und Rechenwege würde eine größtmögliche Flexibilisierung der Datenhaltung im CRF-Reporter die Vergleichbarkeit beider Ansätze ebenfalls verbessern.

### **20.1 Vergleich der Ergebnisse des sektoralen und des Referenz-Ansatzes**

Im Folgenden soll genauer auf die Ergebnisse der Gegenüberstellung der mit sektoralen und Referenzansatz berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen eingegangen werden.

Zusätzlich zu den branchenspezifischen Ergebnissen des Sektorale Ansatzes (1.AA) werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen auch anhand des Referenzansatzes (1.AB) gemäß der 2006 IPCC Guidelines (Vol. 2, Ch. 6: Reference Approach) ermittelt. Dieses Referenzverfahren beruht dabei auf Primärdaten zu Produktion, Importen und Exporten von Brenn- und Kraftstoffen sowie zu Änderungen im Bestand, welche unmittelbar den Nationalen Energiebilanzen der AGEB entnommen (AGEB, 2015) werden.

Analog zum Sektorale Ansatz wird von einer vollständigen Oxidation ausgegangen. In Übereinstimmung mit den 2006 IPCC Guidelines (Vol. 2, Ch. 6: Reference Approach) entsprechen die verwendeten Kohlenstoff-Emissionsfaktoren denen des sektoralen Ansatzes und umfassen damit national referenzierte Werte. Die so berechneten CO<sub>2</sub>-Emissionen werden zur Verifikation des Sektorale Ansatzes verwendet.

CRF-Berichtstabelle 1.A(c) enthält einen Vergleich des Sektorale Ansatzes mit den Ergebnissen des Referenzansatzes. Da der nicht-energetische Verbrauch (NEV) der

betrachteten Brennstoffe an anderer Stelle erfolgt (Industrieprozesse und Produktanwendung), werden die laut Energiebilanzen darauf entfallenden Mengen vom Referenzansatz abgezogen. Dies betrifft neben Schmierstoffen, Bitumen und Rohbenzin auch Diesel, leichtes und schweres Heizöl, LPG, Petrolkoks und andere Öle, Stein- und Braunkohlen, Koks und Erdgas. Für 2014 ergibt sich so ein NEV von etwa 1.000 Petajoule (siehe CRF-Table 1.A(c)).

Da der CRF-Reporter in Tabelle 1.A(c) bis dato keine Emissionen aus der Verbrennung fossiler Abfälle ausweist, wurden diese Emissionen in CRF 1.AB zuletzt unter „Other fossil fuels“ („Andere fossile Brennstoffe“) abgelegt. Mit der nun vorliegenden Version des Reporters wurde hier eine neue Materialkategorie „Waste“ („Abfall“) eingeführt. Die Oberkategorie „Waste (non-biomass fraction)“ blieb dabei erhalten. Da der Vergleich zwischen CRFs 1.AA und 1.AB an dieser Stelle jetzt aber auch zu funktionieren scheint, wenn die betreffenden Angaben unter CRF 1.AB direkt in der Materialkategorie „Waste (non-biomass fraction)“ erfolgen, wurde auf deren Überführung nach 1.AB - „Other fossil fuels - Waste“ verzichtet.

Für den separat ausgewiesenen Torf werden in 1.AA und 1.AB identische Emissionsfaktoren und Einsatzmengen verwendet. Daher weist Tabelle 1.A(c) nur minimale, wahrscheinlich vom Reporter selbst erzeugte rundungsbedingte Unterscheide aus.

Die Ergebnisse des Vergleichs von Sektoralesem und Referenzansatz sind in den nachfolgenden Tabellen nochmals illustriert. Für das Jahr 2014 ergibt sich für den Referenzansatz ein um 1,18 % höherer energetischer Brennstoffeinsatz bei um 1,70 % geringeren Emissionen (siehe Kapitel 3.2.1.1).

Betrachtet man den gesamten Zeitraum 1990-2014, liegen die für das Referenzverfahren ausgewiesenen Brennstoffeinsätze (abzüglich der nicht-energetisch verwendeten Mengen) durchweg über denen des Sektorales Ansatzes.

Tabelle 514: Vergleich der mittels sektoralen (1.AA) und Referenzansatz (1.AB) ermittelten Energieeinsätze (in [TJ]; fett: maximale positive und negative Abweichungen)

Jahr	1.AA	1.AB (inkl. NEV)	1.AB (exkl. NEV)	1.AB (exkl. NEV) minus 1.AA	
1990	11.653	12.936	11.862	210	1,77%
1991	11.487	12.666	11.657	170	1,46%
1992	11.025	12.237	11.119	94	0,85%
1993	11.031	12.228	11.188	157	1,40%
1994	10.828	12.092	11.042	215	1,94%
1995	10.896	12.117	11.080	184	1,66%
1996	11.315	12.529	11.406	92	0,80%
1997	10.901	12.210	11.124	223	2,00%
1998	10.856	12.166	11.096	240	2,16%
1999	10.561	11.829	10.686	125	1,17%
2000	10.515	11.819	10.680	165	1,54%
2001	10.795	12.076	10.960	165	1,50%
2002	10.573	11.895	10.692	119	1,11%
2003	10.568	11.911	10.866	298	2,74%
2004	10.377	11.711	10.692	315	2,95%
<b>2005</b>	10.156	11.532	10.547	391	<b>3,70%</b>
2006	10.295	11.673	10.627	332	3,12%
2007	9.882	11.132	10.019	137	1,37%
2008	10.040	11.161	10.133	93	0,92%
2009	9.387	10.366	9.426	39	0,41%

Jahr	1.AA	1.AB (inkl. NEV)	1.AB (exkl. NEV)	1.AB (exkl. NEV) minus 1.AA	
2010	9.852	10.775	9.882	30	0,30%
2011	9.522	10.427	9.636	114	1,18%
<b>2012</b>	9.557	10.504	9.580	23	<b>0,24%</b>
2013	9.811	10.837	9.903	92	0,93%
2014	9.195	10.183	9.303	108	1,18%

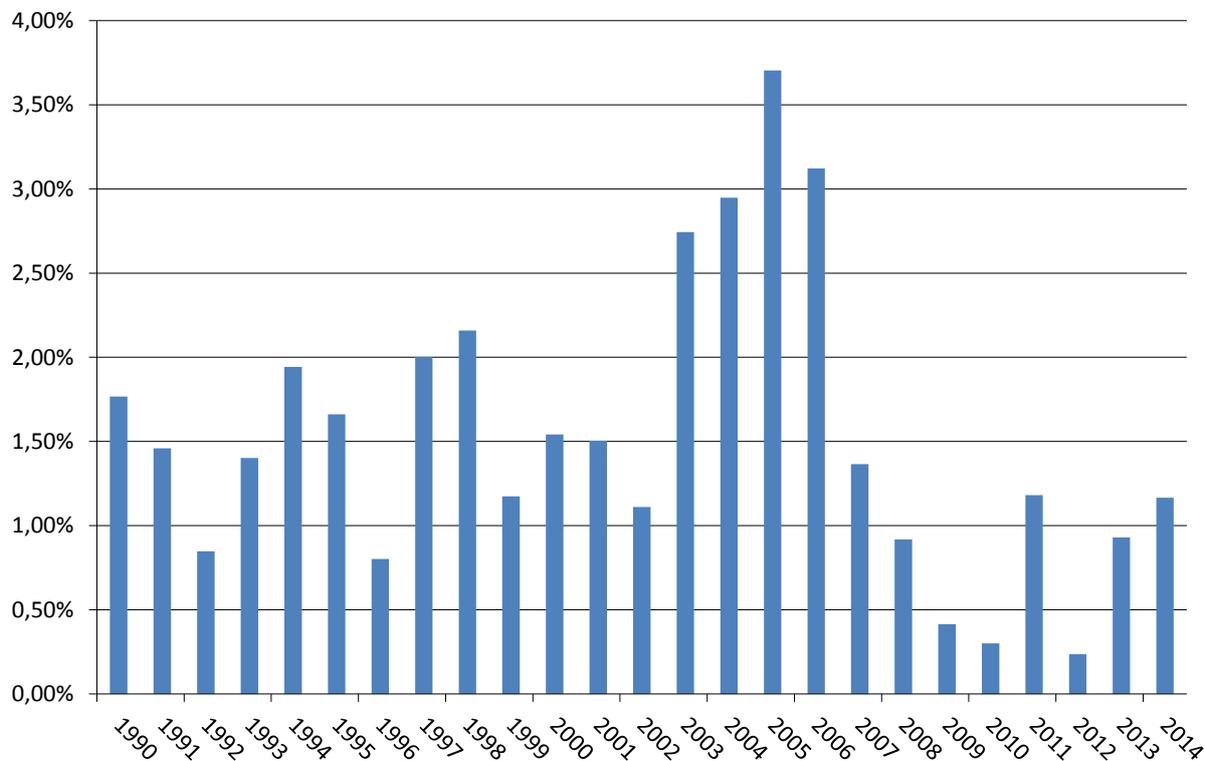


Abbildung 88: prozentuale Abweichungen der im Referenzverfahren erfassten jährlichen Gesamtaktivitätsraten von den Gesamtmengen gemäß Sektoralem Ansatz

Hinsichtlich der im Referenzansatz berechneten Kohlendioxid-Emissionen ergibt sich ein umgekehrtes Bild: Diese fallen – bis auf 1990 – durchweg geringer aus, als im Sektoralem Ansatz berechnet.

Tabelle 515: Vergleich der mittels sektoralen (1.AA) und Referenzansatz (1.AB, ohne nicht-energetischen Verbrauch NEV) ermittelten CO<sub>2</sub>-Emissionen (fett: maximale positive und negative Abweichungen)

Jahr	1.AA	1.AB (exkl. NEV)	1.AB (exkl. NEV) minus 1.AA	
1990	985.705	991.048	5.343	0,54%
1991	951.895	947.462	-4.433	-0,47%
1992	906.738	898.623	-8.115	-0,89%
1993	897.065	890.896	-6.168	-0,69%
1994	878.341	870.693	-7.648	-0,87%
1995	877.613	863.410	-14.203	-1,62%
1996	899.631	887.474	-12.157	-1,35%
1997	869.199	857.762	-11.437	-1,32%
1998	862.567	849.966	-12.601	-1,46%
1999	837.299	826.255	-11.045	-1,32%

Jahr	1.AA	1.AB (exkl. NEV)	1.AB (exkl. NEV) minus 1.AA	
2000	836.167	822.847	-13.319	-1,59%
2001	858.626	844.547	-14.079	-1,64%
2002	843.864	833.988	-9.876	-1,17%
<b>2003</b>	840.786	839.954	-832	<b>-0,10%</b>
2004	826.664	823.779	-2.885	-0,35%
2005	808.180	806.004	-2.177	-0,27%
2006	819.086	816.682	-2.404	-0,29%
2007	793.859	787.885	-5.974	-0,75%
2008	798.655	789.839	-8.816	-1,10%
2009	742.444	735.079	-7.365	-0,99%
<b>2010</b>	781.252	761.401	-19.851	<b>-2,54%</b>
2011	760.832	743.620	-17.212	-2,26%
2012	766.279	752.288	-13.990	-1,83%
2013	785.127	779.394	-5.733	-0,73%
2014	742.561	729.912	-12.649	-1,70%

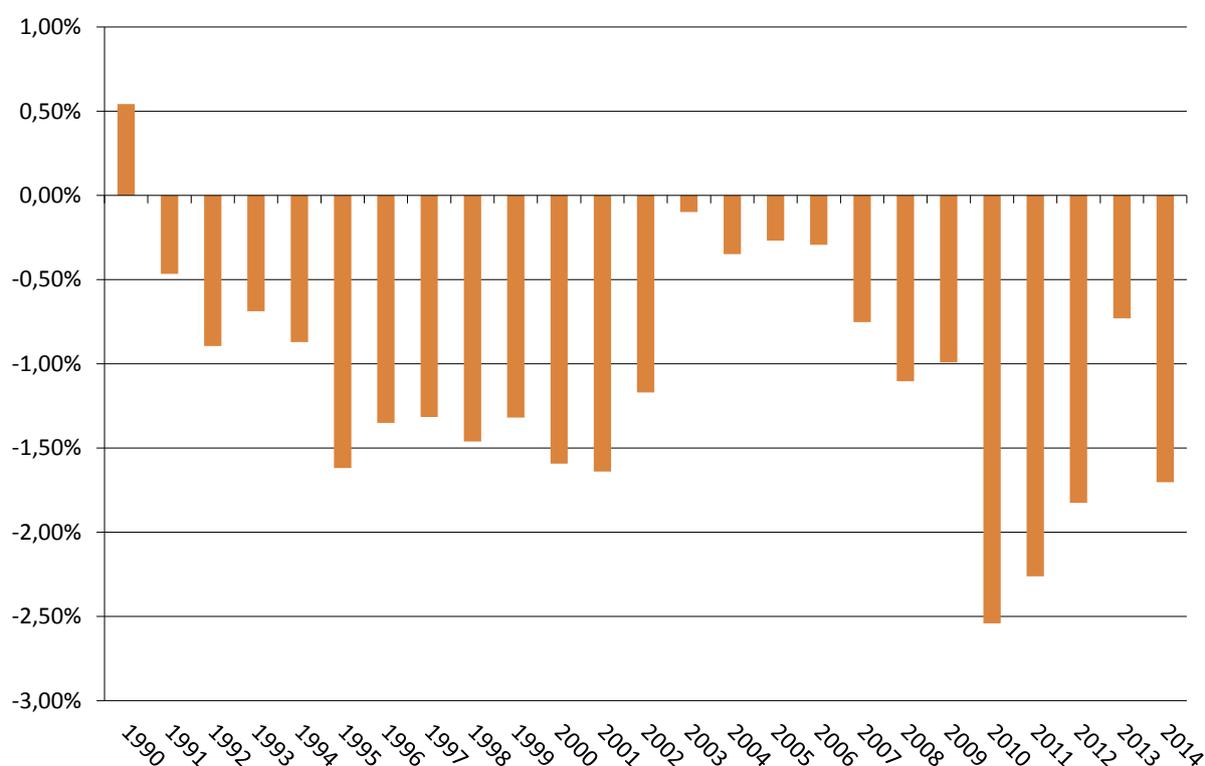


Abbildung 89: prozentuale Abweichungen der mit dem Referenzverfahren berechneten jährlichen Kohlendioxid-Emissionen von den Ergebnissen des Sektoralen Ansatzes

## **21 ANHANG 5: ÜBERPRÜFUNG DER VOLLSTÄNDIGKEIT UND DER POTENTIELL NICHT ERFASSTEN QUELLEN UND SENKEN VON TREIBHAUSGASEMISSIONEN**

Die folgenden zwei Tabellen enthalten die Quellen für Treibhausgase, die bisher im Treibhausgasinventar von Deutschland noch nicht berücksichtigt werden, mit einer Begründung, warum diese Quellen nicht berichtet werden. Diese Tabelle ist eine Zusammenfassung der CRF-Tabelle 9(a), in der eine detailliertere Darstellung der nicht erfassten Quellen und Senken zu finden ist. Zusätzliche Informationen finden sich in Kapitel 1.8.

Tabelle 516: Vollständigkeit - Übersicht der Quellen und Senken, deren Emissionen nicht geschätzt (not estimated, NE) werden

Emissions 2014		
kt CO <sub>2</sub> equiv.	national total (without LULUCF)	901.914
kt CO <sub>2</sub> equiv.	thereoff 0,1 %	902
kt CO <sub>2</sub> equiv.	thereoff 0,05 %	451
Category CRF code	Category description	assumption for estimated emission (in kt CO <sub>2</sub> equiv.)
1.B.2.b	Natural gas	2
1.B.2.d	Geothermal Energy	< 1
1.C	CO2 Transport and Storage	70
2.A.4.c	Non-metallurgical magnesium production	< 100
2.B.6	Titan dioxid production	228
2.D.3	Asphalt - asphalt roofing	0,2
2.D.3	Asphalt - road paving	2,5
3.A.4	Deer	132
3.A.4	Rabbits	3,69
3.A.4	Fur-bearing animals	0,16
3.B(a).4	Deer	1,45
3.B(a).4	Fur-bearing animals	1,08
3.B(a).4	Rabbits	0,88
3.B(a).4	Ostrich	1,08
3.B(b).4	Deer	IE
3.B(b).4	Fur-bearing animals	1,77
3.B(b).4	Rabbits	2,14
3.B(b).4	Ostrich	0,06
3.B(b).5	Indirect emissions	1,02
3.D	Direct and indirect N2O emissions from Agricultural Soils	28,3
5.A	Flaring	0,0006
<b>Sum</b>		<b>577,6</b>

Tabelle 517: Vollständigkeit – Übersicht der Quellen und Senken, die an anderer Stelle berichtet werden (included elsewhere, IE)

Source/sink category	GHG	Allocation used by the Party / Explanation
1.A.2.a Iron and Steel/Biomass	CO2	The use of reducing agents is part of the carbon balance. Emissions were reported under blast furnace gas incineration.
1.A.2.a Iron and Steel/Other Fossil Fuels	CO2	The use of reducing agents is part of the carbon balance. Emissions were reported under blast furnace gas incineration.
1.A.2.c Chemicals/all Fuels	N2O, CO2, CH4	Reported in source category 1.A.2.g viii other.
1.A.2.d Pulp, Paper and Print/all Fuels	N2O, CO2	Reported in source category 1.A.2.g viii other.
1.A.3.b.v Other - CO2 from lubricant co-incineration in 2-stroke road vehicles/Other Liquid Fuels/lubricant used in 2-stroke mix	CH4, N2O	already included in EF for gasoline used in 2-stroke road vehicles

Source/sink category	GHG	Allocation used by the Party / Explanation
1.A.3.e Other Transportation/1.A.3.e.ii Other	CH4, CO2, N2O	included in mobile sources reported under CRF 1.A.4
1.AD Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels/Liquid Fuels/Orimulsion	CO2	included in data for residual fuel oil
1.AD Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels/Liquid Fuels/Other Kerosene	CO2	included in data for jet kerosene
1.AD Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels/Liquid Fuels/Refinery Feedstocks	CO2	included in data for other oil
1.AD Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels/Liquid Fuels/Residual Fuel Oil	CO2	included in CO2 from 2.B.1 - Ammonia production using natural gas
1.AD Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels/Solid Fuels/Anthracite	CO2	included in data for other bituminous coal
1.AD Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels/Solid Fuels/Coking Coal	CO2	included in data for other bituminous coal
1.AD Feedstocks, reductants and other non-energy use of fuels/Solid Fuels/Sub-bituminous Coal	CO2	included in data for other bituminous coal
1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach/Information item/Biomass	CO2, N2O, CH4	Reported in source category 1.A.1 and 1.A.2
1.AA Fuel Combustion - Sectoral approach/Information item/Fossil fuels	CO2, N2O, CH4	Reported in source category 1.A.1 and 1.A.2
1.B.1.a.2 Surface Mines/1.B.1.a.2.ii Post-Mining Activities	CH4	already included in 1.B.1.a.2.i
1.B.2.b Natural Gas/1.B.2.b.1 Exploration	CH4, CO2	included under 1.B.2.a.1
1.B.2.c Venting and Flaring/1.B.2.c.1 Venting/1.B.2.c.1.i Oil	CH4, CO2	included under 1.B.2.a
1.B.2.c Venting and Flaring/1.B.2.c.1 Venting/1.B.2.c.1.ii Gas	CH4, CO2	included under 1.B.2.b
1.B.2.c Venting and Flaring/1.B.2.c.1 Venting/1.B.2.c.1.iii Combined	CH4, CO2	included under 1.B.2.a and 1.B.2.b
1.B.2.c Venting and Flaring/1.B.2.c.2 Flaring/1.B.2.c.2.ii Gas	CH4	included under 1.B.2.b.2
1.B.2.c Venting and Flaring/1.B.2.c.2 Flaring/1.B.2.c.2.iii Combined	CO2, CH4	included under 1.B.2.c.2.i and 1.B.2.c.2.ii
2.A.4 Other Process Uses of Carbonates/2.A.4.d Other	CO2	all activities are described in NIR Ch. 4.2.7.3
2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production/2.B.8.a Methanol	CO2, CH4	aggregated with Emission data of 2.B.8.b-e and reported under 2.B.8.g Petrochemicals.
2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production/2.B.8.b Ethylene	CO2, CH4	aggregated with Emission data of 2.B.8.a,c-e and reported under 2.B.8.g Petrochemicals.
2.B.8.c Ethylene Dichloride and Vinyl Chloride Monomer	CO2, CH4	aggregated with Emission data of 2.B.8.a-b,d-e and reported under 2.B.8.g Petrochemicals.
2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production/2.B.8.d Ethylene Oxide	CO2, CH4	aggregated with Emission data of 2.B.8.a-c,e and reported under 2.B.8.g Petrochemicals.
2.B.8 Petrochemical and Carbon Black Production/2.B.8.e Acrylonitrile	CO2, CH4	aggregated with Emission data of 2.B.8.a-d and reported under 2.B.8.g Petrochemicals.
2.C.1 Iron and Steel Production/2.C.1.d Sinter	CH4, CO2	is considered in CRF 1A2
2.C.1 Iron and Steel Production/2.C.1.b Pig Iron	CH4, CO2	is considered in CRF 2.C.1.a Steel
3.A.4 Other livestock/Buffalo	CH4	Buffalo: before 1996: NO, since 1996: included under cattle
3.A.4 Other livestock/Mules and Asses	CH4	Mules and asses: included under horses
3.B.1.4 Other livestock/Buffalo	CH4	Buffalo: before 1996: NO, since 1996: included under cattle
3.B.1.4 Other livestock/Mules and Asses	CH4	Mules and asses: included under horses
3.B.2.4 Other livestock/Buffalo	N2O	Buffalo: before 1996: NO, since 1996: included under cattle
3.B.2.4 Other livestock/Mules and Asses	N2O	Mules and asses: included under horses
3.G.2 Dolomite CaMg(CO3)2	CO2	3.G Liming: Data cannot be differentiated with regard to types of application (dolomite or lime) dolomite use is included in limestone use.
4.A Forest Land/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Total Organic Soils/Drained Organic Soils	CO2	4A(II): CO2 emissions are included in carbon stock change
4.D Wetlands/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Other Wetlands/Other/Total Organic Soils/Drained Organic Soils	CH4, CO2, N2O	4(II): CH4 emissions, IE: under [Other Wetlands][Total Organic Soils][Other]

Source/sink category	GHG	Allocation used by the Party / Explanation
4.D Wetlands/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Other Wetlands/Other/Total Organic Soils/Rewetted Organic Soils	CH4, CO2, N2O	CH4 emissions, IE: under [Total Organic Soils][Other]
4.D Wetlands/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Peat Extraction Lands/Total Organic Soils/Drained Organic Soils	CH4, CO2, N2O	4(II): CH4 emissions, IE: included in [Peat Extraction Lands][Total Organic Soils][Other]
4.D Wetlands/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Peat Extraction Lands/Total Organic Soils/Rewetted Organic Soils	CH4, CO2, N2O	4(II): CH4 emissions, IE: included in [Peat Extraction Lands][Total Organic Soils][Other]
4.B Cropland/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Total Organic Soils/Drained Organic Soils	CO2	4B(II): see NIR chapter 6.1.2.2.2 and 6.4.2.7.2, CO2 emissions are considered under carbon stock change
4.C Grassland/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Total Organic Soils/Drained Organic Soils	CO2	4C(II). CO2 emissions under Carbon stock change, see NIR chapter 6.1.2.2.2 and 6.4.2.7.2
4.D Wetlands/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Other Wetlands/Other/Total Organic Soils/Other/Other	CO2	CO2 emissions, IE: included in carbon stock change
4.D Wetlands/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Peat Extraction Lands/Total Organic Soils/Other/Other	CO2	included in carbon stock change
4.A.1 Forest Land Remaining Forest Land/4(V) Biomass Burning/Wildfires	CO2	4A wildfires: CO2 emissions are included in carbon stock change
4.A.2 Land Converted to Forest Land/4(V) Biomass Burning/Wildfires	CH4, CO2, N2O	4A2 IE: 4.A.2 Biomass Burning: IE: included in forest land remaining forest land (see NIR chapter 6.4.2.7.5)
4.H Other (please specify)/Grassland/4(II) Emissions and removals from drainage and rewetting and other management of organic and mineral soils/Total Organic Soils	CH4, CO2, N2O	4H Grassland, 4(II): CO2 emissions IE, under Carbon stock change, and for CH4 emissions: in Table 4 (II)
4(IV) Indirect N2O Emissions from Managed Soils/Atmospheric Deposition	N2O	Indirect N2O emissions from managed soils: N2O emissions are included under 3.B.2.5 Indirect N2O Emissions (Agriculture)

## 22 ANHANG 6: ZUSATZINFORMATIONEN ALS BESTANDTEIL DES NIR ODER ANDERE HILFREICHE REFERENZINFORMATIONEN

### 22.1 Zusatzinformationen zur Inventarerstellung und zum Nationalen System

#### 22.1.1 Festlegungen im Grundsatzpapier „Nationales System“ zur Emissionsberichterstattung

Durch das Grundsatzpapier „Nationales System“ zur Emissionsberichterstattung haben die Staatssekretäre vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB); Bundesministerium des Innern (BMI); Bundesministerium der Verteidigung (BMVg); Bundesministerium der Finanzen (BMF); Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi); Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) die Zuständigkeiten für die Quell- und Senkengruppen sowie die notwendige Finanzierung für 2008 geregelt. Die Vereinbarung lautet:

*BMUB, BMI, BMVg, BMF, BMWi, BMVBS, BMEL Berlin, den 05.06.2007*

#### **Grundsatzpapier „Nationales System“ zur Emissionsberichterstattung**

*Die Staatssekretäre der betroffenen Ressorts stellen zum Thema „Nationales System“ zur Emissionsberichterstattung nach Art. 5(1) Kyoto-Protokoll einvernehmlich fest:*

- 1. Das Umweltbundesamt, Fachgebiet I 4.6<sup>181</sup> „Emissionssituation“ ist die zuständige Nationale Koordinierungsstelle („single national entity“) für die Berichterstattung nach VN-Klimarahmenkonvention und Kyoto-Protokoll. Die Nationale Koordinierungsstelle ist dafür zuständig, das nationale Inventar zu erstellen, auf eine ständige Verbesserung des Inventars hinzuwirken, die am nationalen System Beteiligten zu unterstützen und die Entscheidungen des Koordinierungsausschusses vorzubereiten.*
- 2. Für alle zu klärenden Fragen im Rahmen des Nationalen Systems sowie zur offiziellen Erörterung und Freigabe der Inventare und der nach den Artikeln 5, 7 und 8 des Kyoto-Protokolls notwendigen Berichte wird ein Koordinierungsausschuss aller betroffenen Ressorts eingerichtet, der den Prozess begleitet und insbesondere Zweifelsfragen, z.B. bei der Festlegung einzelner Emissionsfaktoren, klärt.*

*Insbesondere legt der Ausschuss die Hauptquell- und -senkengruppen, die Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung der Datenerhebung und -verarbeitung sowie den jährlichen Qualitätskontroll- und Qualitätssicherungsplan fest.*

*Soweit erforderlich kann der Ausschuss die Methoden zur Berechnung der Emissionen in den Kategorien und zur Berechnung des Abbaus in den Senkengruppen festlegen. Die Federführung hat BMU. Ausschusssitzungen finden statt, wenn mindestens ein Ressort die Notwendigkeit hierfür sieht. Nachgeordnete Behörden und weitere an der Erstellung der Inventare beteiligte Institutionen können nach Bedarf zu Sitzungen hinzugezogen werden.*
- 3. Für die Erstellung des nationalen Inventars werden Daten zur Berechnung der Emissionen und des Abbaus verwendet, die nach Maßgabe der Anforderungen des Art. 3 Abs. 1 der Entscheidung*

<sup>181</sup> Anm. des Autors: aktuell I 2.6.

280/2004/EG und des Art. 2 Abs. 1 der Durchführungsbestimmungen zur Berechnung der Emissionen in den Quell- und des Abbaus in den Senkengruppen erforderlich sind. Die Erstellung des Inventars erfolgt jährlich. Dabei ist die Durchführung einer Qualitätskontrolle nach den Anforderungen des Art. 12 der Durchführungsbestimmungen sicherzustellen. Ebenso ist eine nachweisbare Dokumentation und Archivierung erforderlich.

Bestehende Datenflüsse, etwa auf der Grundlage freiwilliger Vereinbarungen oder gesetzlicher Vorschriften sollen nicht grundlegend geändert, sondern nur ggf. vervollständigt und verbessert werden, um eine verlässliche Datengrundlage zu schaffen. Daher ist mit der Zuständigkeit nicht zwingend die Erhebung und Weitergabe von Daten verbunden. Für die Aufgabenverteilung zwischen BMU/UBA, BMVBS und BMWI wird insbesondere auf Anlage 1 verwiesen.

Die Zuständigkeiten für die Sicherstellung der Datenlieferung an die Nationale Koordinierungsstelle sowie die Qualitätskontrolle, Dokumentation und Archivierung der Daten verteilen sich wie folgt auf die Ressorts:

a) Für die Kategorie 1 (Energie) ist - mit Ausnahme der Kategorien 1.A.3 (Verkehr) und 1.A.5a (Energie: Sonstige), soweit Emittenten der Bundeswehr betroffen sind, - das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie zuständig.

b) Für die Kategorien 2 (Produktionsprozesse) und 3 (Verwendung von Lösemitteln und anderen Erzeugnissen) ist das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie zuständig.

c) für die Kategorie 1.A.3 (Verkehr) ist das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zuständig.

d) Für die Kategorie 1.A.5a (Energie: Sonstige) ist, soweit Emittenten der Bundeswehr betroffen sind, das Bundesministerium für Verteidigung zuständig. Soweit Daten der Geheimhaltung unterliegen, werden vom Umweltbundesamt die Erfordernisse der Geheimhaltung berücksichtigt.

e) Für die Quell- und Senkengruppen 4 (Landwirtschaft) und 5 (Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft), ist das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz zuständig.

f) Für die Kategorie 6 (Abfall) und Kategorie 7 sowie die Treibhausgas-Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse, ist das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zuständig.

g) Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz ist auch für die Erstellung der Tabellen im einheitlichen Berichtsformat nach Art. 2 Abs. 2 Buchstabe a der der Entscheidung 2005/166/EG (Durchführungsbestimmungen) in den Quell- und Senkengruppen 4 und 5.

Grundsätzlich sind für Durchführungsaufgaben der amtlichen Statistik einschließlich Datenlieferung, Qualitätskontrolle, Dokumentation und Archivierung der Daten die nach den einschlägigen Statistikvorschriften bestimmten Behörden zuständig. Die Zusammenarbeit der statistischen Ämter des Bundes und der Länder mit den mit der Berichterstattung befassten Stellen erfolgt durch das Statistische Bundesamt. Dabei ist die statistische Geheimhaltung sicher zu stellen.

4. Die zuständigen Ressorts klären kurzfristig, wie die anforderungsgerechte Bereitstellung der Daten dauerhaft sichergestellt wird, soweit dies nicht schon der Fall ist. Insbesondere betrifft dies Vereinbarungen, Verordnungen oder Gesetze, die zur Institutionalisierung des Nationalen

Systems erforderlich werden. Freiwillige Vereinbarungen mit Verbänden und/oder Einzelunternehmen stehen gesetzlichen Vorschriften für die Zwecke der Emissionsberichterstattung grundsätzlich gleich. Umweltbundesamt und Statistisches Bundesamt prüfen, wie im Abstimmungsgespräch am 12.09.2006 vereinbart, darüber hinaus, welche Daten aus dem amtlichen statistischen System für die Berichterstattung bereit gestellt werden können oder nach ihrer Auffassung zusätzlich über das amtliche statistische System erhoben werden sollen. Die Ressorts, UBA und Statistisches Bundesamt übermitteln ihre entsprechenden Vorschläge bis zum 15.07.2007 an das BMU.

5. Bis zum 31.07.2007 wird BMU die beteiligten Ressorts zur Abstimmung der Vorschläge und Festlegung eines Fahrplans zur Implementierung der notwendigen Instrumente einladen. Die zuständigen Ressorts bzw. die Bundesregierung werden die Etablierung der erforderlichen Instrumente schnellstmöglich veranlassen.

6. Soweit für die Wahrnehmung der unter 3. genannten Zuständigkeiten zusätzliche Mittel erforderlich sind, werden diese aus den Einnahmen des Verkaufs von AAUs finanziert, in Erweiterung der Vereinbarung der Staatssekretäre vom 22.12.2006 zu Artikel 3.4 Kyoto-Protokoll.

Hierzu wird bereits für das Haushaltsjahr 2008 ein Einnahmetitel im Einzelplan 16 eingerichtet. Die zu finanzierenden Mehrbedarfe werden nach Prüfung durch BMF als Ausgaben in den Einzelplänen der Ressorts ausgewiesen. Die Nachmeldungen der Ressorts hierzu müssen bis zum 6.6.2007 gegenüber BMF erfolgen.

Sollten über den in im Haushalt 2008 festgestellten Mehrbedarf hinaus in den kommenden Jahren zusätzliche Haushaltsmittel erforderlich sein, werden in den darauf folgenden Jahren im entsprechenden Umfang zusätzliche AAUs veräußert.

[...]

#### **Anlage: Aufgabenverteilung zwischen BMU/UBA, BMVBS und BMWi**

Zwischen BMU, BMVBS und BMWi besteht Einigkeit, dass die bisherigen Strukturen der Emissionsberichterstattung beibehalten werden sollen und UBA auch weiterhin seine bisherigen Aufgaben in den Kategorien 1, 1.A.3, 2 und 3 ausübt. BMVBS und BMWi stellen sicher, dass etwaige Datenlücken in den Quellgruppen, für die sie zuständig sind, geschlossen werden.

Im Einzelnen:

**BMW:**

Zur Kategorie 1: Die Inventare in diesem Bereich werden im UBA u.a. auf Basis der Energiedaten, die der vom BMWi mit der Erstellung der Energiebilanzen beauftragte Auftragnehmer übermittelt hat, sowie auf Basis weiterer Statistiken und Verbandsangaben, erstellt.

Zur Kategorie 2: Die Inventare in diesem Bereich werden im UBA auf Basis von Daten erstellt, die u.a. aus der Statistik im Produzierenden Gewerbe (ProdGewStatG) sowie aus Mitteilungen von Verbänden/Einzelunternehmen stammen.

Zur Kategorie 3: Die Inventare in diesem Bereich werden im UBA auf Basis von Daten erstellt, die u.a. aus der Statistik im Produzierenden Gewerbe (ProdGewStatG), aus der Außenhandelsstatistik sowie aus Mitteilungen von Verbänden/Einzelunternehmen stammen.

Die bestehenden Optimierungsnotwendigkeiten werden zwischen BMWi, BMU und UBA kurzfristig geklärt. Soweit Datenoptimierungen durch Änderung bestehender Erhebungen auf Grundlage des

*Umweltstatistikgesetzes (UStatG) oder der 13. BImSchV erforderlich sein sollten, ist das BMU zuständig. Das UBA übernimmt die Dokumentation und Archivierung der im UBA eingehenden Daten.*

*BMVBS:*

*Zur Kategorie 1.A.3 (Verkehr) werden Emissionen bei UBA über das TREMOD-Modell berechnet. Für die Schließung von Lücken und für die Emissionen des internationalen Luftverkehrs stellt das BMVBS, soweit notwendig, Daten/Berechnungen zur Verfügung bzw. stellt sicher, dass diese durch Dritte zur Verfügung gestellt werden. Die Emissionen des Schiffsverkehrs können derzeit aus Daten der Energiebilanz und Default-Emissionsfaktoren berechnet werden. Das UBA übernimmt die Dokumentation und Archivierung der im UBA eingehenden Daten.*

## **22.1.2 Zusatzinformationen zum Qualitätssystem Emission**

### **22.1.2.1 Mindestanforderungen an ein System zur Qualitätskontrolle und –sicherung**

Wie bereits im Hauptteil beschrieben werden die Anforderungen an das System zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung (QK/QS-System) und an die Maßnahmen zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung im Wesentlichen durch das Kapitel 8 der *IPCC Good Practice Guidance* definiert.

Aus diesen wurden von UBA „Allgemeine Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Treibhausgasemissionsberichterstattung“ abgeleitet (Stand November 2007), die im Folgenden wiedergegeben werden.

#### **22.1.2.1.1 Einführung**

Die Vertreter der beteiligten Ressorts im Koordinierungsausschuss des Nationalen Systems Emissionsinventare legen die in diesem Dokument beschriebenen allgemeinen Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung (QK/QS) bei der Treibhausgasemissionsberichterstattung fest. Sie werden damit Grundlage für die Erhebung, Verarbeitung, Weitergabe und Berichterstattung von allen Daten, die der THG-Berichterstattung dienen.

Diese QK/QS Mindestanforderungen müssen auf allen Ebenen der Inventarerstellung eingehalten werden. In vielen Fällen kann dabei auf existierenden Prozessen und Systemen aufgebaut werden, z. B. den Qualitätsstandards der öffentlichen Statistik. Im Anhang 1 dieses Dokuments ist exemplarisch die Umsetzung der QK/QS Mindestanforderungen und das QK/QS System im Umweltbundesamt dargestellt. Eine entsprechende Beschreibung zur Umsetzung dieser Mindestanforderungen ist von allen beteiligten Institutionen vorzunehmen, so dass sie im Rahmen der Berichterstattung 2009 mit dem Inventarbericht veröffentlicht werden kann. Auf Anfrage unterstützt das Umweltbundesamt die Ministerien bei der Erstellung der QK/QS Systeme in den jeweiligen Zuständigkeitsbereichen.

#### **22.1.2.1.2 System zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung**

Die *Durchführungsbestimmungen 2005/166/EG zur Entscheidung 280/2004/EG* verlangen, dass das nationale Treibhausgasinventar den QK/QS Anforderungen der *IPCC good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories* (IPCC good practice guidance) und der *IPCC good practice guidance for land use, land-use change and forestry* (IPCC Good Practice Guidance for LULUCF) entspricht.

Um die Verbesserung der Transparenz, Konsistenz, Vergleichbarkeit, Vollständigkeit und Genauigkeit der nationalen Emissionsinventare und insbesondere die Erfüllung der Anforderungen an die „Gute Inventarpraxis“ zu gewährleisten, fordern die *IPCC Good Practice Guidance* die Einführung eines Qualitätskontroll- und Qualitätssicherungssystems. Ein QK/QS System umfasst:

- eine zuständige Stelle für die Koordinierung der QK/QS Aktivitäten
- die Entwicklung und Umsetzung eines QK/QS-Plans
- allgemeine QK Verfahren
- kategoriespezifische QK Verfahren
- QS Verfahren und
- Verfahren für die Berichterstattung,
- Verfahren für die Dokumentation und Archivierung

QK/QS Maßnahmen können im Konflikt zu Anforderungen an Pünktlichkeit und Kosteneffizienz stehen. Bei der Entwicklung eines QK/QS Systems sollen deshalb die vorhandenen zeitlichen, personellen und materiellen Ressourcen berücksichtigt werden. Es ist gute Praxis, höhere Anforderungen an die Datenqualität der Hauptkategorien zu stellen. Für andere Kategorien ist es nicht notwendig, alle kategoriespezifischen QK Verfahren umzusetzen. Des Weiteren sind nicht alle Maßnahmen jährlich notwendig, z.B. muss die Methodik zur Erhebung von Daten nur einmalig detailliert überprüft werden. Danach reichen periodische Kontrollen, ob die Voraussetzungen für die Anwendung der Methodik weiterhin gegeben sind. Ein weiteres Kriterium für die Anforderungen an die QK/QS Maßnahmen ist die Unsicherheit einer Angabe. Um die gesamte Unsicherheit des Inventars zu reduzieren, sollten diejenigen Kategorien detailliert überprüft werden, die eine hohe Unsicherheit aufweisen.

### **22.1.2.1.3 Zuständige Stelle für die Koordinierung der QK/QS Aktivitäten**

Das Umweltbundesamt als Nationale Koordinierungsstelle ist zuständig für das QK/QS System des nationalen Treibhausgasinventars und hat dafür die Stelle des Koordinators für das Qualitätssystem Emissionen (QSE) eingerichtet. Es ist gute Praxis, dass alle an der Inventarerstellung beteiligten Unternehmen und Organisationen einen QK/QS Koordinator ernennen und dem QSE Koordinator mitteilen.

Der QK/QS Koordinator ist verantwortlich dafür, dass ein QK/QS System entwickelt und umgesetzt wird. Die Umsetzung sollte in geeigneter Weise institutionalisiert werden, z.B. durch eine Hausanweisung oder Verbändevereinbarung.

Damit die nationale Koordinierungsstelle ihre unterstützenden Aufgaben zielgerichtet wahrnehmen kann, sind dem QSE Koordinator für die Wahrnehmung der folgenden weiteren Funktionen namentlich Personen zu benennen:

Fachverantwortlicher – Zuständige Person für die Datengewinnung, Dateneingabe, Berechnung entsprechend den vorgegebenen Methoden, für die Durchführung von QK-Maßnahmen und die Erstellung des Textbeitrags für den Nationalen Inventarbericht.

Qualitätskontrollverantwortlicher - Zuständige Person für die Prüfung und Freigabe der Daten und Berichtsteile (Funktion kann vom QK/QS Koordinator mit wahrgenommen werden).

#### **22.1.2.1.4 QK/QS Plan**

Der QK/QS Plan soll die Organisation und Durchführung von QK/QS Maßnahmen sicherstellen. Er enthält eine Darstellung über alle durchzuführenden QK/QS Maßnahmen sowie den Zeitplan zur Umsetzung der Maßnahmen. Der QK/QS Plan legt die Schwerpunkte der durchzuführenden Maßnahmen fest. Kriterien für die Auswahl der Quellgruppen, die detailliert geprüft werden, sind u.a.:

- die Relevanz der Kategorie (Hauptkategorie ja/nein, Unsicherheiten hoch/gering)
- der Zeitpunkt und die Ergebnisse der letzten detaillierten QK/QS Maßnahme für die Quellgruppe
- Änderungen der Methodik oder der Datengrundlage
- Ergebnisse der jährlichen Inventarüberprüfung unter der Klimarahmenkonvention und dem Kyoto Protokoll
- vorhandene Ressourcen zur Durchführung der QK/QS Maßnahmen

Es ist gute Praxis, einen QK/QS Plan anzulegen und jährlich nach Ende der Inventarerstellung zu überprüfen und zu aktualisieren.

Auf der Grundlage der Ergebnisse der jährlichen Inventarüberprüfung und der Ergebnisse aus den ihr bekannten QK/QS-Maßnahmen erstellt die nationale Koordinierungsstelle für das gesamte Inventar einen Verbesserungsplan. Auf dieser Grundlage leitet sie Vorschläge für einen verbindlichen Inventar-Plan für das nächste Berichtsjahr ab, der dem Koordinierungsausschuss als Beschlussvorlage vorgelegt wird. Der QK/QS Koordinator legt gemeinsam mit dem QSE Koordinator in der Nationalen Koordinierungsstelle Verfahren und Termine fest, wie und in welchem Umfang die QK/QS-Maßnahmen der Institution in den Inventar-Plan für das Gesamtinventar Eingang finden.

#### **22.1.2.1.5 Allgemeine Qualitätskontrolle**

Nach der Definition der IPCC (Kapitel 8.1 *Good Practice Guidance*) ist die Qualitätskontrolle (QK) ein System routinemäßiger fachlicher Maßnahmen zur Messung und Kontrolle der Qualität des in Erarbeitung befindlichen Inventars.

Hierfür soll das QK-System:

- Routinemäßige und einheitliche Überprüfungen ermöglichen, um für die Integrität, Korrektheit und Vollständigkeit der Daten Sorge zu tragen;
- Fehler und Auslassungen ermitteln und beheben;
- Inventarmaterial dokumentieren und archivieren sowie alle QK-Aktivitäten aufzeichnen.

In Tabelle 8.1 der *IPCC Good Practice Guidance* ist eine vollständige Liste der allgemeinen QK-Maßnahmen dargestellt. Anforderungen an die allgemeinen QK-Verfahren nach Tier 1 lassen sich aus den in Kapitel 8.6 der *IPCC Good Practice Guidance* benannten ableiten. Typische allgemeine Qualitätskontrollmaßnahmen bei der Ermittlung der Aktivitätsrate sind die Überprüfung der Daten auf Übertragungsfehler, Überprüfung auf Vollständigkeit, Überprüfung der Formeln zur Zusammenfassung der Daten sowie Plausibilitätsprüfungen anhand von externen Datenquellen und früheren Berechnungen. Lieferanten von Emissionsberechnungen müssen zusätzliche QK-Maßnahmen durchführen, z.B. die Überprüfung der Formeln zur Berechnung der Emissionen.

Die notwendigen Qualitätskontrollen sollen in Form von Checklisten dokumentiert werden. Die Listen sollen mindestens die durchgeführte Maßnahme, das Ergebnis der Kontrolle, die ggf. umgesetzte Korrektur und den Bearbeiter enthalten. Im Anhang 2 dieses Dokuments ist exemplarisch eine Checkliste im Umweltbundesamt dargestellt.

Nicht alle Qualitätskontrollen müssen jährlich durchgeführt werden, sondern können auch periodisch umgesetzt werden. Dies gilt insbesondere für Aspekte der Datenerhebung, die sich nicht jährlich ändern. Für Hauptkategorien werden höhere Anforderungen an die Häufigkeit und Vollständigkeit der QK-Maßnahmen als für andere Kategorien gestellt. Es ist darauf zu achten, dass alle Kategorien zumindest periodisch einer detaillierten Qualitätskontrolle unterliegen.

#### **22.1.2.1.6 Quellgruppenspezifische Qualitätskontrolle**

Ergänzend zu den Tier 1 Verfahren sollten die besonders relevanten Kategorien (z.B. Hauptkategorien), immer unter Abwägung von Ressourcenaspekten, bei der Ermittlung von Aktivitätsraten, Emissionen und Unsicherheiten einer Qualitätskontrolle nach Tier 2 unterzogen werden (siehe Kapitel 8.7 *Good Practice Guidance*). Die Kapitel der *IPCC Good Practice Guidance* zu den einzelnen Kategorien (Kapitel 1-5) enthalten zusätzliche Hinweise zu kategoriespezifischen QK-Maßnahmen. Diese müssen bei der Erstellung des QK/QS Plans berücksichtigt werden. :

Werden zusammengefasste **Aktivitätsraten** aus Sekundärquellen verwendet, ist es gute Praxis, die QK Maßnahmen bei der Erstellung der Sekundärquellen zu evaluieren. Ist das Niveau dieser Maßnahmen ausreichend, reicht es darauf in der Dokumentation zu verweisen. Falls die Sekundärquellen den Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle nicht genügen, sollen QK/QS Kontrollen von der Institution durchgeführt werden, die die Daten verwendet. Die Ergebnisse der nachträglichen QK/QS Kontrollen sollen in die Bestimmung der Unsicherheiten der Aktivitätsraten einfließen. Des Weiteren sollen, soweit möglich, verschiedene Quellen verglichen werden, um die Güte der Daten zu ermitteln.

Bei der Verwendung von anlagenspezifischen Aktivitätsdaten ist es gute Praxis, die Methodik und den QK/QS Standard bei der Datenermittlung zu überprüfen. Sollten diese nicht den Mindestanforderungen genügen, soll die Verwendung der Daten grundsätzlich überdacht und ggf. die Unsicherheitsangaben angepasst werden.

Bei **Emissionsdaten** gehört es zur guten Praxis, die verwendeten Emissionsfaktoren zu überprüfen. Dazu gehört die Verwendung von nationalen Emissionsfaktoren für Hauptkategorien und die Überprüfung der Gültigkeit der IPCC Standardfaktoren unter nationalen Gegebenheiten. Werden Emissionen durch direkte Messung ermittelt ist es gute Praxis, die Messmethoden und verwendeten Qualitätsstandards zu überprüfen. Emissionsdaten und Emissionsfaktoren sollen mit Daten der Vorjahre sowie unabhängigen Quellen überprüft und Abweichungen erklärt werden.

Die **Qualitätskontrolle** der Unsicherheiten umfasst die Überprüfung, ob die Berechnung frei von Fehlern ist und die Dokumentation zur Reproduktion der Ergebnisse ausreichend ist. Bei der Verwendung von Expertenschätzungen soll die Qualifikation der Experten und die Methodik zur Schätzung überprüft und dokumentiert werden.

### **22.1.2.1.7 Verfahren zur Qualitätssicherung**

Während das Ziel der Qualitätskontrolle hauptsächlich die korrekte Anwendung einer Methodik ist, soll bei der Qualitätssicherung die Methodik als solche untersucht und ggf. verbessert werden.

Nach der Definition der IPCC (Kapitel 8.1 *Good Practice Guidance*) beruhen die Maßnahmen der **Qualitätssicherung** (QS) „auf einem planvollen System von Überprüfungen durch Personen, die nicht unmittelbar an der Erarbeitung des Inventars mitwirkten. Solche Überprüfungen – am besten durch unabhängige Dritte – sollten an einem fertig gestellten Inventar nach Realisierung von QK-Prozeduren erfolgen. Durch sie wird:

- verifiziert, dass die Kriterien der Datenqualität erfüllt wurden,
- dafür Sorge getragen, dass das Inventar die bestmöglichen Schätzungen von Emissionen und Senken auf der Grundlage des neuesten Standes der Wissenschaft und der verfügbaren Daten berücksichtigt, und
- die Effizienz des QK-Systems gefördert“.

Das geforderte Instrument der Qualitätssicherung sind Peer Reviews. Die Durchführung von Audits wird angeregt, stellt aber keine verbindliche Anforderung dar.

### **22.1.2.1.8 Verfahren zur Berichterstattung**

Die Einleitung, Koordinierung und Gesamtorganisation der Berichterstattung erfolgt durch die Nationale Koordinierungsstelle. Zuarbeiten von Datenteilen oder Berichten durch Dritte erfolgen unter Beachtung der Vereinbarungen über Umfang Form und Zeitpunkt dieser Zuarbeit.

### **22.1.2.1.9 Dokumentation und Archivierung**

Es besteht die generelle Pflicht alle Daten und Informationen zur Inventarberechnung für jedes Berichtsjahr zu dokumentieren und zu archivieren. Die Dokumentation soll es ermöglichen, die Emissionsberechnung vollständig nachzuvollziehen. Die allgemeinen Anforderungen an die Dokumentation und Archivierung für den gesamten Prozess der Erstellung von Treibhausgasinventaren ergeben sich aus Kapitel 8.10.1 der *IPCC Good Practice Guidance*.

Die Datenlieferanten haben die Pflicht, die folgenden Informationen zu den an das UBA gelieferten Daten für die Inventarberechnungen zu dokumentieren:

#### **Lieferanten von Daten:**

- Veröffentlichung / Quelle der Aktivitätsdaten mit detailliertem Verweis auf entsprechende Tabellennummern und -bezeichnungen und Seiten der Originalquellen;
- Erhebungsinhalte (Definitionen der erhobenen Merkmale, Abschneidegrenzen, Erhebungseinheiten) und Erhebungsmethodik;
- Rechtsgrundlagen, Verordnungen, auf denen die Erhebung basiert;
- Zeitliche und räumliche Vergleichbarkeit zu Vorjahresdaten, Veränderungen hinsichtlich Definitionen, Geltungsbereichen, Abschneidegrenzen, Quellen von Aktivitätsraten oder der Methodik der Datengewinnung;
- Revisionen von bereits veröffentlichten Daten;
- Genauigkeit bzw. quantitative Fehlerangabe der Aktivitätsdaten, Methodik der Fehlerschätzung und Benennung der Experten, welche die Fehlerschätzung vorgenommen haben.

- Geheimhaltung und Datenschutz: Dokumentation falls Einzelangaben als geheim gelten.

Diese Dokumentation soll dem UBA jährlich zusammen mit den Daten zur Verfügung gestellt werden und wird vom UBA zentral archiviert.

### **Qualitätskontrolle**

Im Rahmen der Qualitätskontrolle soll die Dokumentation zuständige und durchführende Mitarbeiter, Art, Datum und Ergebnisse der Qualitätskontrollen sowie Korrekturen und Modifikationen, die durch die Qualitätskontrollen ausgelöst wurden, erfassen. Die Dokumentation und Archivierung der Qualitätskontrollen erfolgt intern durch die Daten liefernde Einrichtung. Eine allgemeine Beschreibung der regelmäßig durchgeführten Qualitätskontrollen wird dem UBA für den nationale Inventarbericht und die Inventarüberprüfung zur Verfügung gestellt.

### **Lieferanten von Emissionsberechnungen**

Für Lieferanten von Emissionsberechnungen umfassen die Mindestanforderungen zur Dokumentation zusätzlich die folgenden Bestandteile:

- Beschreibung der Berechnungsmethodik und Begründung der Wahl der Methode;
- Annahmen und Kriterien zu Auswahl von Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren;
- Dokumentation der Emissionsfaktoren und deren Quellen mit detaillierten Verweis auf entsprechende Nummern und Seiten der Originalquellen;
- Berechnungsmodelle;
- Berechnungsdateien, Berechnungssoftware.

Punkte 1-4 werden im Rahmen der gelieferten Beschreibungen für den nationalen Inventarbericht dokumentiert und archiviert. Für Berechnungsmodelle ist eine gesonderte Dokumentation der Modelle entsprechend allgemeiner wissenschaftlichen Praxis erforderlich sowie eine interne Dokumentation in Form von Handbüchern oder Anleitungen. Die Dokumentation und Archivierung der Berechnungsdateien oder Berechnungssoftware erfolgt intern beim Datenlieferanten. Diese sollen dem UBA zur Verfügung gestellt werden, falls dies im Rahmen der Inventarüberprüfung gefordert wird.

### **Qualitätssicherung**

Lieferanten von Emissionsberechnungen sind neben Maßnahmen zur Qualitätskontrolle auch zur Qualitätssicherung verpflichtet. Im Rahmen der Qualitätssicherung soll die Dokumentation die zuständigen und durchführenden Mitarbeiter, Art, Datum und Ergebnisse der Qualitätssicherung sowie Korrekturen und Modifikationen, die durch die Qualitätssicherung ausgelöst wurden, erfassen. Darüber hinaus sollen kategoriespezifische Qualitätskontrollen dokumentiert werden.

Die Dokumentation und Archivierung der Qualitätssicherung erfolgt intern durch die Daten liefernde Einrichtung, sowie durch eine Zusammenfassung der Sicherungsmaßnahmen im nationalen Inventarbericht.

### **Vertrauliche Daten / Geheimhaltung**

Generell sind vertrauliche Daten bei der Übermittlung als solche zu kennzeichnen, damit bei ihrer Verwendung entsprechende Vorkehrungen getroffen werden.

Im Rahmen der Inventarüberprüfung besteht eine generelle Pflicht, vertrauliche Daten offen zu legen, falls dies im Rahmen der Inventarüberprüfung aus Gründen der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Emissionsberechnungen von den Inventarprüfern für erforderlich gehalten wird. Inwieweit dies tatsächlich die Offenlegung von Einzelangaben berührt, soll im Einzelfall mit der Daten liefernden Einrichtung geklärt werden.

#### **22.1.2.1.10 *Anlage 1: Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Emissionsberichterstattung im Umweltbundesamt***

##### *22.1.2.1.10.1 Einführung*

Die vom Koordinierungsausschuss des Nationalen Systems Emissionsinventare beschlossenen allgemeinen Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung (QK/QS) bei der Treibhausgasemissionsberichterstattung gelten für alle Beteiligten. Sie sind Grundlage für die Erhebung, Verarbeitung, Weitergabe und Berichterstattung von allen Daten, die der THG-Berichterstattung dienen und damit auch verbindlich für alle Arbeitseinheiten, die im Umweltbundesamt an der Erfüllung dieser Aufgabe mitwirken.

##### *22.1.2.1.10.2 System zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung*

Über die vom Koordinierungsausschuss des Nationalen Systems Emissionsinventare beschlossenen allgemeinen Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung (QK/QS) bei der Treibhausgasemissionsberichterstattung gelten im Umweltbundesamt die konkreten Festlegungen der Hausanordnung Nr. 11/2005, die das im QSE-Handbuch festgelegte Verfahren für alle an der Emissionsberichterstattung Beteiligten des UBA verbindlich vorschreibt (Geschäftsordnung des Umweltbundesamtes, Band II, Ziffer XV).

Die Anforderungen von Kapitel 8 der IPCC *Good Practice Guidance* sind über die Hausanordnung vollständig umgesetzt. Für eine effektive Erfassung und Durchführung von Maßnahmen zur kontinuierlichen Inventarverbesserung wurden geeignete UBA-spezifische Instrumente etabliert (Verbesserungsplan und Inventarplan, siehe unter 22.1.2.1.10.3). Im Ergebnis wurde das Qualitätssystem Emissionsinventare (QSE) entwickelt, dass die in Kapitel 22.1.2.1.2 benannten Punkte implementiert hat.

##### *22.1.2.1.10.2.1 Zuständige Stelle für die Koordinierung der QK/QS Aktivitäten im UBA*

Hausanordnung Nr. 11/2005 regelt, dass das Fachgebiet *Emissionssituation* (FG I 2.6) "Nationale Koordinierungsstelle" im UBA ist. Diese Zuständigkeit ist in der Organisationsübersicht des UBA unter der Rubrik: „Kontaktstellen internationaler Organisationen“ ausgewiesen und von den relevanten Ministerien durch einen Staatssekretärsbeschluss vom 05.06.2007 bestätigt worden.

Die Rollen und Verantwortlichkeiten der Nationalen Koordinierungsstelle und der an der Emissionsberichterstattung beteiligten Fachgebiete ergeben sich aus Kapitel 3.2 "Rollen und Verantwortlichkeiten" des QSE-Handbuchs. Die Fortschreibung und Pflege des QSE-Handbuchs und dessen Anhänge und Anlagen obliegt der Nationalen Koordinierungsstelle unter Einbeziehung der durch die Fachabteilungen benannten Ansprechpartner/innen. Die auf

der Intranetseite der Nationalen Koordinierungsstelle veröffentlichte Version des QSE-Handbuchs und der mitgeltenden Unterlagen ist verbindlich.

22.1.2.1.10.2.2 Verfahren zur Berichterstattung

Komplexe Tätigkeiten sind im Allgemeinen dadurch gekennzeichnet, dass am Ende des Durchlaufens einer Vielzahl von unterschiedlichen, aber miteinander in Verbindung stehenden und aufeinander aufbauenden Tätigkeiten (Prozessen), ein Produkt erzeugt wird. Für ein erfolgreiches Management dieser Prozesse ist es wichtig, sich dieser existierenden oder zu schaffenden Prozessabläufe bewusst zu werden und sie auf eine logische, der Realität entsprechende Weise zu beschreiben (Tätigkeiten, Abhängigkeiten, Verantwortlichkeiten, Zuständigkeiten u.v.m.) und in Verbindung zu setzen.

In der Praxis lassen sich die Abläufe komplexer Prozesse nicht widerspruchsfrei in die hierarchisch geprägten, traditionellen Strukturen von Unternehmen und Institutionen einpassen. Sie laufen diesen oft diametral entgegen, da sie meist Organisationseinheiten übergreifend gelagert sind. Eine an der Erstellung des Produkts orientierte Organisation von zusammenhängenden Arbeitsprozessen erfordert es, dass man sich von starren Hierarchiestrukturen löst und die Arbeitsprozesse mit dem Ziel der Verbesserung neu definiert.

Die Emissionsberichterstattung wurde daher zunächst als ein Prozess beschrieben, bei dem über mehrere miteinander verbundene Tätigkeiten am Ende ein Produkt (NIR und Inventare) entsteht (siehe Abbildung 90) Weiterführende Informationen finden sich im QSE-Handbuch Kapitel 4.3.

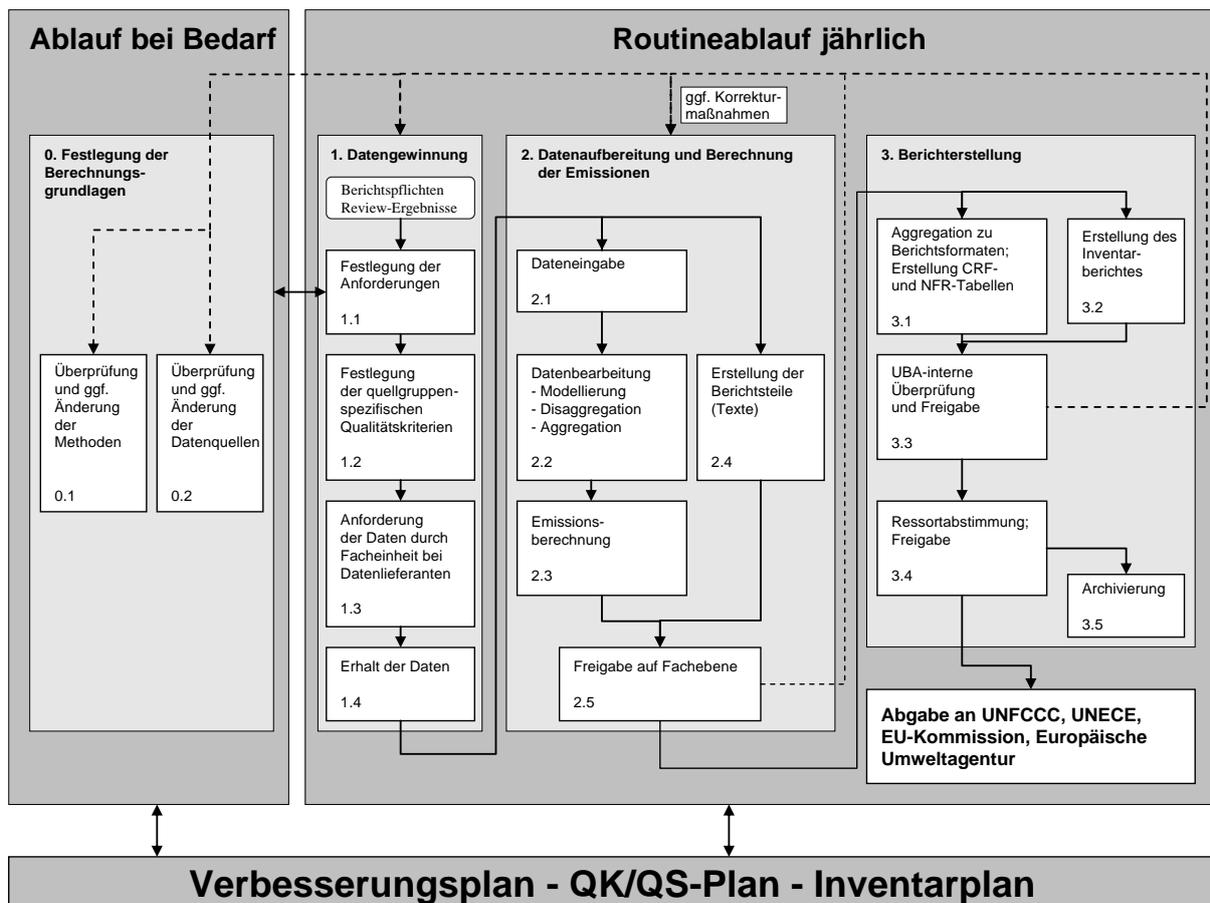


Abbildung 90: Übersicht zum gesamten Prozess der Emissionsberichterstattung

Den innerhalb der abgebildeten Haupt- und Teilprozesse ablaufenden Tätigkeiten wurden über ein Rollenkonzept entsprechende Zuständigkeiten zugeordnet, die diese Prozesse durchführen/ausführen. Beispielsweise arbeiten viele Mitarbeiter in unterschiedlichen Arbeitseinheiten und Quellgruppen, führen dort aber im Wesentlichen die gleichen Tätigkeiten aus. Dies führte zur Entwicklung einer Personengruppe (Rolle; z.B. Fachverantwortliche). Dieser muss eine weitere Personengruppe (Rolle) nachgeordnet sein, die sicherstellt, dass die Anforderungen, die die erste Gruppe bei Ihrer Arbeit zu beachten und zu erfüllen hat, auch erreicht worden sind (z.B. Fachlicher Ansprechpartner). Des Weiteren wurde gemäß den Anforderungen des IPCC (siehe Kapitel 22.1.2.1.2) ein Koordinator für das QSE bestellt, damit sichergestellt wird, dass das System weiterentwickelt wird.

Im Ganzen wurde ein umfassendes Rollenkonzept entwickelt, das den vielfältigen Anforderungen Rechnung trägt, die dem UBA aus seiner Aufgabe als Nationale Koordinierungsstelle erwachsen. Hierzu gehören folgende Rollen:

**1. Fachverantwortlicher auf operativer Ebene (FV)**

- Wesentliche Zuständigkeiten: Datengewinnung, Dateneingabe und Berechnung entsprechend den vorgegebenen Methoden, Durchführung von QK-Maßnahmen, Erstellen des NIR-Textes.

**2. QK-Verantwortlicher (QKV)**

- Ist Vorgesetzter des FV
- Wesentliche Zuständigkeiten: Prüfung und Freigabe der Daten und Berichtsteile

**3. Fachliche Ansprechpartner (FAP)**

- Mitarbeiter der Nationalen Koordinierungsstelle
- Wesentliche Zuständigkeiten: Quellgruppenspezifische Betreuung der fachlich Zuarbeitenden (Inventararbeit und Berichterstellung) und Qualitätskontrolle/Qualitätssicherung in den zugehörigen Kategorien in NIR und ZSE.

**4. Berichtskordinator (NIRK)**

- Mitarbeiter der Nationalen Koordinierungsstelle
- Wesentliche Zuständigkeiten: Koordination von textlichen Zuarbeiten, Erstellung des NIR aus den einzelnen Zulieferungen, übergreifende QK und QS für den NIR

**5. ZSE-Koordinator (ZSEK)**

- Mitarbeiter der Nationalen Koordinierungsstelle
- Wesentliche Zuständigkeiten: Wartung der Datenbanken, Emissionsberechnung und Aggregation, Übergreifende QK und QS bei Eingabe und Berechnung des Inventars

**6. QSE-Koordinator (QSEK)**

- Mitarbeiter der Nationalen Koordinierungsstelle
- Wesentliche Zuständigkeiten: Aufrechterhaltung und Fortentwicklung des QSE (System, Checklisten, Verbesserungsplan, Inventarplan, QK/QS-Plan und QSE-Handbuch)

## 7. NaSE-Koordinator (NaSEK)

- Mitarbeiter der Nationalen Koordinierungsstelle
- Wesentliche Zuständigkeiten: termingerechte und anforderungskonforme Berichterstattung, Einbindung nationaler Institutionen, Festlegung/Dokumentation von rechtlichen Vereinbarungen

Die oben erläuterten Rollen haben i.d.R. Aufgaben in mehreren Haupt- und Teilprozessen der Emissionsberichterstattung.

### 22.1.2.1.10.3 QK-Plan, QS-Plan und Inventarplan

Um zu gewährleisten, dass alle Verbesserungspotentiale, die im Zuge der Inventararbeiten ermittelt werden, einer systematischen Umsetzung zugeführt werden können, ist es unerlässlich diese zunächst auf koordinierte Weise zusammenzutragen. Dabei sind die erkannten Verbesserungspotentiale mit allen Informationen zu versehen (Herkunft des Verbesserungspotentials, Quellgruppe, Zuständigkeit, Priorität, etc.), die für eine zielgerichtete Weiterverwendung notwendig sind. Aufbauend auf diesen grundlegenden Informationen sind Festlegungen zur Umsetzung der erkannten Verbesserungspotentiale zu treffen (Handlungsbedarf/Korrekturmaßnahme, Terminsetzungen, etc.).

Zur Steuerung und Dokumentation im Rahmen des NaSE und des QSE (siehe Abbildung 91) wurden Verfahren festgelegt, wie die ermittelten Verbesserungspotentiale für das systematische Management der Verbesserungspotentiale aufbereitet und weiterverwendet werden sollen. Ziel ist es, die zentralen Fragen, WER, WAS, WIE, WANN und WARUM tun soll, zu beantworten:

WER: Gibt den Bezug zum Rollenkonzept: zuständig ist eine bestimmte Person xy mit der Rolle z.B. Fachverantwortlicher (FV)

WAS: Gibt den Bezug zum Objekt, das verbessert soll, z.B. Verbesserung der CO<sub>2</sub>-Berechnung in Kategorie xy

WIE: Gibt den Bezug zum Ziel, das erreicht werden soll, z.B. durch Erreichen einer bestimmten Verbesserung laut Inventarplan oder Checkliste.

WANN: Gibt den Bezug zum Zeitpunkt, bis zu dem die Verbesserung laut Inventarplan durchgeführt sein muss

WARUM: Gibt den Bezug zum Ursprung der notwendigen Handlung, z.B. aufgrund einer Empfehlung aus dem Überprüfungsprozess der UNFCCC

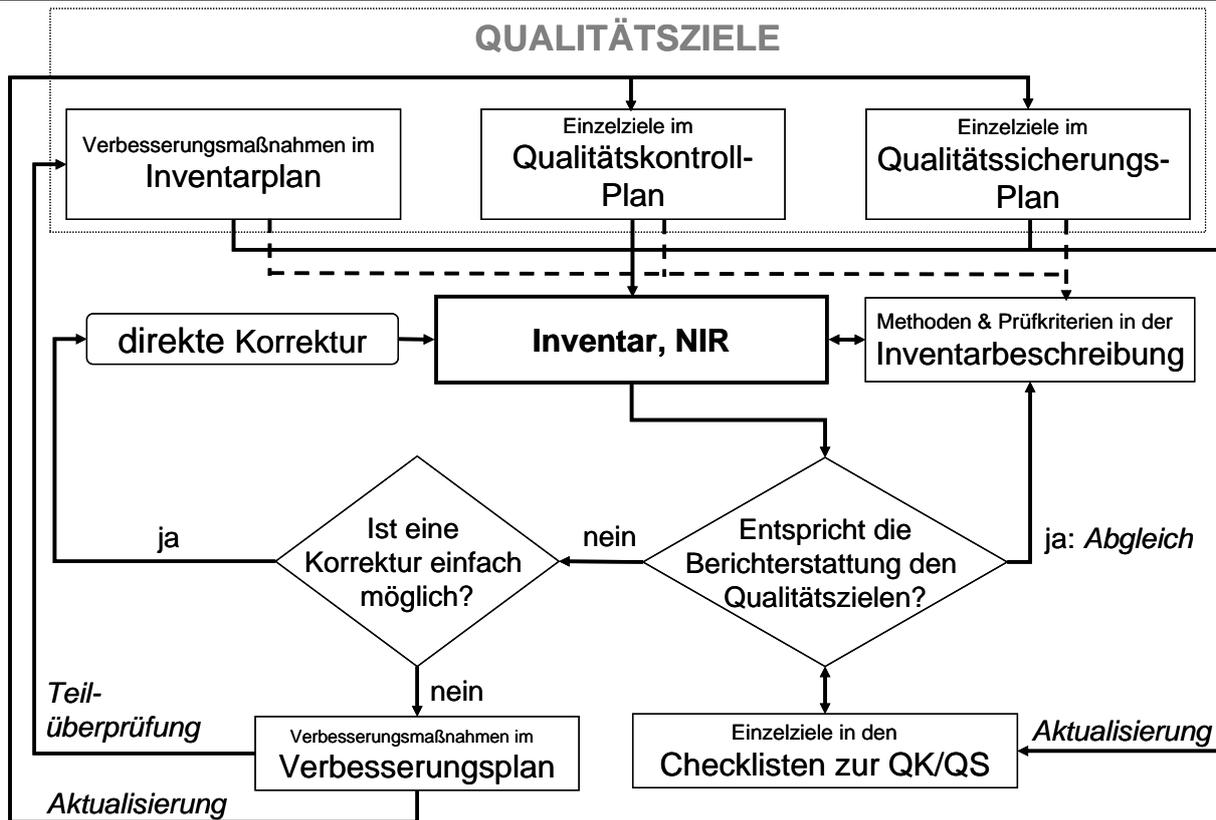


Abbildung 91: Steuerung und Dokumentation im Rahmen des NaSE und des QSE

Die **Qualitätsziele** wurden den allgemeinen Qualitätszielen der *IPCC Good Practice Guidance* entnommen (Transparenz, Konsistenz, Genauigkeit, Vergleichbarkeit, Vollständigkeit). Darüber hinaus sind für die einzelnen Kategorien operative Einzelziele zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung aus dem Vergleich zwischen den Anforderungen aus den *IPCC Good Practice Guidance*, den Ergebnissen der unabhängigen Inventarüberprüfungen (UNFCCC und EU) und der Inventarrealität abgeleitet worden.

In einem **Verbesserungsplan** werden alle Verbesserungsmöglichkeiten beziehungsweise Beanstandungen aus den Ergebnissen der unabhängigen Inventarüberprüfungen, gesammelt und mit möglichen Korrekturmaßnahmen hinterlegt. Sie werden durch die Nationale Koordinierungsstelle kategorisiert, mit Prioritäten versehen und in Rücksprache mit den Fachverantwortlichen teilweise in den **Inventarplan** überführt. Dort werden sie mit Terminen und Verantwortlichkeiten hinterlegt. Der Inventarplan durchläuft als Anhang des NIR einen Abstimmungs- und Freigabeprozess im UBA und im Koordinierungsausschuss und stellt somit ein verbindliches Vorgabedokument für die zukünftig umzusetzenden Verbesserungsmaßnahmen dar.

Um die Kontrolle und Durchführung von Maßnahmen zur Inventarverbesserung transparent und effektiv zu steuern, sind sie nach Maßgabe der *IPCC Good Practice Guidance* (Kapitel 8.5) im **Qualitätskontrollplan/Qualitätssicherungsplan (QK/QS-Plan)** rollenspezifisch sowie gegebenenfalls kategoriespezifisch vorgegeben. Der QK-Plan bezieht sich ausschließlich auf die Ziele der Qualitätskontrolle des Inventars. Im QS-Plan können die Ziele der Qualitätssicherung das Inventar, den Prozess der Berichterstattung oder das QSE selbst zum Gegenstand haben. Weiterhin erfolgt im Qualitätssicherungsplan die zeitliche Planung von Qualitätssicherungsmaßnahmen, die durch externe Dritte vorgenommen werden.

In den **Checklisten zur Qualitätskontrolle und zur Qualitätssicherung** sind entsprechend den Qualitätskontroll- und Qualitätssicherungsplänen alle Einzelziele im Prozess der Emissionsberichterstattung aufgeführt. Die Checklisten werden allen für Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung verantwortlichen Akteuren zur Verfügung gestellt und sollen die Kontrolle der Erreichung der Einzelziele erleichtern. In den Checklisten wird die Durchführung von Maßnahmen zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung dokumentiert. Sofern Einzelziele nicht erreicht werden und keine direkte Korrektur möglich ist, hat ein Eintrag in den Verbesserungsplan (siehe oben) zu erfolgen.

#### *22.1.2.1.10.4 Verfahren zur allgemeinen und kategoriespezifischen Qualitätskontrolle*

Aus den Anforderungen der IPCC Good Practice Guidance hat das Umweltbundesamt ein Checklistenkonzept entwickelt, in dem die Qualitätsanforderungen als konkrete Ziele formuliert wurden. Diese Einzelziele gilt es, zu erreichen. Die Zielerreichung wird in den Checklisten eingetragen und dokumentiert. Es sind Einträge von Ja (Ziel ist erreicht), über „Trifft nicht zu“ (Zielformulierung korrespondiert nicht mit der speziellen Situation der Quellgruppe; nur sehr selten als Antwort möglich) bis hin zu „Nein“ (Ziel konnte nicht erreicht werden) möglich.

Die Checklisten bestehen aus einem allgemeinen Teil, der die gesamten Tier 1 QK-Anforderungen der IPCC Good Practice Guidance reflektiert und mit jeder Berichterstattung durchgeführt wird. Zusätzlich beinhalten die Checklisten einen kategoriespezifischen Teil (Tier 2), der konkrete Zielvorgaben für den Bereich der Hauptkategorien macht.

Checklisten gibt es für die ersten fünf Rollen des Rollenkonzepts. In dem Maße, wie die verschiedenen Rollen für verschiedene Haupt- und Teilprozesse der Emissionsberichterstattung zuständig sind (vergleiche Kapitel 22.1.2.1.10.2.2), beziehen sich auch die Checklisten überwiegend auf mehrere Haupt- und Teilprozesse der Emissionsberichterstattung. Sie stellen somit einen Querschnitt durch die Emissionsberichterstattung her. Hierbei ist für die Checklisten der FV und der FAP eine gemeinsame Grundgesamtheit der zu erreichenden Ziele vorgesehen. Da die FAP dafür zuständig sind, die Arbeiten der FV zu prüfen, lässt sich dies am besten gewährleisten, wenn sich beide an gleichen Zielen orientieren müssen.

#### *22.1.2.1.10.5 Verfahren zur Qualitätssicherung*

Bereits mit dem Rollenkonzept sind die Verfahren derart gestaltet, dass die Qualitätssicherung immer zumindest über ein Vieraugenprinzip gestützt wird. In diesem Zusammenhang wurde den Fachlichen Ansprechpartnern (FAP) die Aufgabe übertragen, die Qualität der Emissionsberechnungen und textlichen Zuarbeiten der Fachverantwortlichen (FV) sicherzustellen.

IPCC stellt unter dem Punkt „Überprüfung durch unabhängige Experten (Experten-Peer Review)“ klar, dass das obige von UBA gewählte formale Prüfverfahren, die Überprüfungen eines Experten-Peer Review ergänzen, aber nicht ersetzen kann (Good Practice Guidance; Kapitel 8.8). Um unter Abwägung der vorhandenen Ressourcen, der begründeten Forderung nach Einbeziehung externer Experten entsprechen zu können, werden zum einen, für konkrete Fragestellungen, detaillierte Überprüfungen durch externe Dritte im Rahmen von Forschungsvorhaben und Gutachten durchgeführt. Eine Beauftragung Dritter wird generell von beiden Seiten (d.h. FV und FAP) gemeinsam betreut. Zum anderen wurde das Instrument eines unregelmäßig durchgeführten Workshops zum Nationalen System ins Leben gerufen.

Ziel dieses Workshops ist es, nationale Experten ins UBA zu laden und gemeinsam mit den UBA-Experten (FV) zu ausgewählten Kategorien aktuelle Inventarfragen zu besprechen.

Audits wurden im Umweltbundesamt bislang nicht durchgeführt und sind zurzeit nicht geplant. Laut Good Practice Guidance sind Audits nicht zwingend durchzuführen.

#### 22.1.2.1.10.6 Dokumentation und Archivierung

Bei der Erstellung der deutschen Treibhausgas-Inventare soll eine im Grundsatz einheitliche Praxis bei der Dokumentation und Archivierung erreicht werden. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der zentralen Dokumentation und Archivierung in der Nationalen Koordinierungsstelle und der dezentralen Dokumentation und Archivierung, die in den Facheinheiten des UBA und in anderen Institutionen erfolgt.

Die Dokumentationsverfahren für Daten und Kontextinformationen unterscheiden sich bedarfsgemäß und umfassen einige Informationen überlappend, wobei es sich teilweise um Redundanzen handelt und teilweise um Informationen mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad. Bei beiden ist die Konsistenz regelmäßig sicherzustellen.

Um eine im Grundsatz einheitliche Praxis für alle Arbeitseinheiten des Umweltbundesamtes zu erreichen, sind für die verwendeten Instrumente allgemeine oder speziell für die Emissionsberichterstattung entwickelte Vorgaben einzuhalten. Im Umweltbundesamt können für die Dokumentation die in Tabelle 518 beschriebenen Instrumente verwendet werden. Dabei sind die jeweils genannten Vorgaben zur Dokumentation einzuhalten. Sofern keine speziellen Vorgaben bestehen, sind die Anforderungen aus den „Allgemeinen Mindestanforderungen an die Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Treibhausgasemissionsberichterstattung“ einzuhalten.

Tabelle 518: Dokumentationsinstrumente im Umweltbundesamt

Instrument	Vorgaben zur Dokumentation
<b>öffentlich verfügbar</b>	
Nationales Inventar (CRF-Tabellen, CRF-Reporter)	Anhang 2, QSE-Handbuch: Anleitung zur Durchführung der Rückrechnungen in den CRF-Tabellen
Nationaler Inventarbericht	Anhang 3, QSE-Handbuch: Vorgaben bei der Erstellung von Berichtsteilen im Nationalen System
Publikation veröffentlichte Handbücher, Anleitungen	GO des UBA: Punkt 6.2 Veröffentlichungen Bei IT-Beschreibungen: Vorgehensmodell UBA, sonst: keine speziellen Vorgaben
<b>intern zentral in der Nationalen Koordinierungsstelle verfügbar</b>	
Datenbank ZSE	Anhang 5, QSE-Handbuch: Vorgaben für die Datendokumentation im ZSE
Inventarbeschreibung	Anhang 4, QSE-Handbuch: Anforderungen an die Dokumentation und Archivierung
<b>intern dezentral verfügbar</b>	
Akten der zentralen Registratur Handakte interne Handbücher, Anleitungen	GO des UBA: Punkt 4.2.10 Aktenbehandlung keine speziellen Vorgaben Bei IT-Beschreibungen: Vorgehensmodell UBA, sonst: keine speziellen Vorgaben

Ein integriertes Dokumentationskonzept legt fest, welche wesentlichen Inhalte in den genannten Dokumentationsinstrumenten vorgehalten werden sollen und wie zwischen den genannten Dokumentationsinstrumenten Konsistenz und Transparenz durch ein

entsprechendes Verweissystem zwischen diesen Instrumenten herzustellen ist (siehe Anhang 4, QSE-Handbuch).

### 22.1.2.1.11 Anhang 2: Beispiel einer allgemeinen Checkliste für die Rolle Fachverantwortlicher

Im unten stehenden Beispiel (Stand: CHKL 2010) sind nur die relevanten Anforderungen abgebildet. Darüber hinaus gehende Detailinformationen wurden zur Verbesserung der Übersichtlichkeit entfernt.

Tabelle 519: Allgemeine Checkliste für Fachverantwortliche

Prozess Nr.	Teilprozess Bezeichnung	Einzelziel	Optionales Ziel
<b>Hauptprozess: 0. Festlegung der Berechnungsgrundlagen</b>			
0.1	Überprüfung und ggf. Änderung der Methoden	Die Berechnungsmethode steht im Einklang mit der aktuellen Hauptkategorienanalyse.	
0.1	Überprüfung und ggf. Änderung der Methoden	Die Auswahl der Berechnungsmethode ist nach dem Entscheidungsbaum der IPCC-Good Practice Guidance erfolgt, bzw. stimmt mit diesen überein.	Abweichungen vom Entscheidungsbaum der IPCC-Good Practice Guidance sind fachlich und nachvollziehbar begründet und dokumentiert.
0.1	Überprüfung und ggf. Änderung der Methoden	Die Auswahl der Berechnungsmethode hat die Anforderungen aus dem Inventarplan berücksichtigt.	Abweichungen vom Inventarplan wurden fachlich und nachvollziehbar begründet und dokumentiert.
0.1	Überprüfung und ggf. Änderung der Methoden	Die ausgewählte Berechnungsmethode kann für die gesamte Zeitreihe ab 1990 angewendet werden oder wird bereits konsistent angewandt.	Bei Methodenwechsel in der Zeitreihe(n) ist die Durchführung einer Rekalkulation gemäß QSE-Handbuch (Anhang 2) und die Erstellung einer nachvollziehbaren Dokumentation sichergestellt.
0.1	Überprüfung und ggf. Änderung der Methoden	Abweichungen von den durch 0.1.01-0.1.04 geforderten Zielen sind fachlich und nachvollziehbar begründet und dokumentiert.	
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Wurden neue Datenquellen verwendet?	
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Die Datenquelle(n) ist/sind für die Zukunft langfristig verfügbar (z.B. auf Basis gesetzlicher Grundlagen, Vereinbarungen mit längerer Laufzeit [> 3 Jahre] etc.).	
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Aus der/den Datenquelle(n) ist eine/mehrere vollständige Zeitreihe(n) ab 1990 verfügbar.	Lücken in der Datenverfügbarkeit für Zeitreihe(n) ab 1990 wurden nachvollziehbar begründet und dokumentiert.
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Aus der/den Datenquelle(n) ist eine/mehrere vollständige Zeitreihe(n) ab 1990 verfügbar.	Für den Umgang mit Datenlücken wurde gemäß der IPCC Good Practice Guidance (Kap. 7.3.2.2) ein fachlich geeignetes Vorgehen (Inter-/Extrapolation) festgelegt und nachvollziehbar dokumentiert. Hinweis: Fortschreibung ist keine Extrapolation !
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Aus der/den Datenquelle(n) ist eine/mehrere vollständige Zeitreihe(n) ab 1990 verfügbar.	Nach der Schließung von Datenlücken ist, wo notwendig, eine Rekalkulation der Zeitreihe(n) gemäß QSE-Handbuch (Anhang 2) erfolgt und diese nachvollziehbar in NIR und CRF dokumentiert.
Prozess Nr.	Teilprozess Bezeichnung	Einzelziel	Optionales Ziel

0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Die Datenquelle(n) deckt/decken die Kategorie vollständig ab.	Die unvollständige Abdeckung wurde in einer Hochrechnung und in der Unsicherheitenberechnung berücksichtigt. Alle Schritte sind nachvollziehbar dokumentiert.
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Für die Datenquelle(n) liegen Angaben von Unsicherheiten (Höhe und Verteilung) vor.	
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	EF und AR stimmen in Ihrem Quellgruppenzuschnitt überein.	Bei fehlender Übereinstimmung von EF und AR können andere Datenquellen Deckungsgleichheit herstellen. Alternativ wurde die fehlende Übereinstimmung in einer Hochrechnung und in der Unsicherheitenberechnung berücksichtigt und alles nachvollziehbar dokumentiert.
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Die Verfahren zur Berechnung der Ausgangsdaten sind nachvollziehbar beschrieben.	
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Die Auswahl der Datenquelle(n) hat die Anforderungen aus dem Inventarplan berücksichtigt.	Abweichungen wurden nachvollziehbar begründet und dokumentiert.
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Die Annahmen und Kriterien, die zur Auswahl der jeweiligen Datenquelle(n) geführt haben sind nachvollziehbar dokumentiert.	
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Für die Datenquelle(n) werden durch den Datenlieferanten geeignete routinemäßige Qualitätskontrollen durchgeführt. Bei Einzelvorhaben wurden einmalige Qualitätskontrollen durchgeführt. Die Durchführung ist dokumentiert.	
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Bei der Verwendung einer/mehrerer neuer Datenquellen wurde eine Rekalkulation gemäß QSE-Handbuch (Anhang 2) auf Basis dieser andere(n) Datenquelle(n) durchgeführt.	
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Bei Verwendung von IPCC-Default-EF sind diese hinsichtlich ihrer Generierung mit den nationalen Gegebenheiten verglichen worden und in Deutschland anwendbar. Das Ergebnis dieser Prüfung wurde nachvollziehbar dokumentiert.	Für IPCC Default-Werte die nicht mit den nationalen Gegebenheiten übereinstimmen, wurden die Abweichungen in den Unsicherheiten berücksichtigt und dokumentiert .
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Bei Verwendung anderer EF als der IPCC Default-EF, wurden diese nachvollziehbar begründet und dokumentiert. Hinweis: Die Verwendung anderer EF ist nur zulässig, wenn diese eine exaktere Berechnung der landesspezifischen Emissionen ermöglichen.	
0.2	Überprüfung und ggf. Änderung der Datenquellen	Ein Vergleich der verwendeten AR gegen andere Datenquellen (z.B. EU-ETS, IEA, EPER etc.) ist erfolgt und das Ergebnis nachvollziehbar dokumentiert.	

### Hauptprozess: 1. Datengewinnung

1.1	Festlegung der Anforderungen	Die Anforderungen an die Daten berücksichtigen die Hinweise aus dem Inventarplan und den Inventarüberprüfungen (z.B. S&A Report, Centralized Review).	
Prozess Nr.	Teilprozess Bezeichnung	Einzelziel	Optionales Ziel
1.3	Anforderung der Daten durch Facheinheit bei Datenlieferanten	Die Anforderungen an die QK und die Datenformate sind an die Datenlieferanten und/oder die Auftragnehmer weitergegeben worden und diese Weitergabe ist	Der Datenlieferant (z.B. Verbände) führt eigene routinemäßige Qualitätskontrollen durch und dieses Ergebnis ist dokumentiert.

		dokumentiert. Hinweis: Wo Datenlieferanten über NaSE-Vereinbarungen eingebunden sind, ist Ziel erreicht.	
1.4	Erhalt der Daten	Der Datenlieferant bzw. der Auftragnehmer hat die geforderten Qualitätskontrollen durchgeführt und dokumentiert.	Der Datenlieferant (z.B. Verbände) führt eigene routinemäßige Qualitätskontrollen durch und dieses Ergebnis wurde dokumentiert.
1.4	Erhalt der Daten	Die erhaltenen Daten sind vollständig und weisen keine Datenlücken auf.	Alle Datenlücken in der Zeitreihe ab 1990 sind im Einklang mit den IPCC Good Pract. Guidance durch Extrapolation/Interpolation (Kap.7.3.2.2) geschlossen worden und nachvollziehbar dokumentiert und begründet. Hinweis: Fortschreibung ist keine Extrapolation
1.4	Erhalt der Daten	Die erhaltenen Daten sind konsistent mit den Vorjahreswerten und nachvollziehbar beschrieben.	Deutliche Abweichungen von den Vorjahreswerten sind nachvollziehbar begründet und dokumentiert.
1.4	Erhalt der Daten	Die erhaltenen Daten liegen im Vergleich zu anderen Datenquellen (z.B. ETS-Daten, IEA, EPER etc.) in der gleichen Größenordnung. Das Prüfungsergebnis wurde dokumentiert.	Die Ursachen für Abweichungen sind nachvollziehbar begründet und dokumentiert.
1.4	Erhalt der Daten	Die Methodik/Annahmen auf denen die Unsicherheitsbestimmungen basieren, sind nachvollziehbar dokumentiert.	Konnten keine Annahmen abgeleitet werden, wurde alternativ eine Expertenschätzung durchgeführt und die Qualifikation des Experten nachvollziehbar dokumentiert.
1.4	Erhalt der Daten	Die Unsicherheitsbestimmungen sind vollständig und plausibel.	

### Hauptprozess: 2. Datenaufbereitung / Emissionsberechnung

2.1	Dateneingabe (bevorzugt ZSE) /	Die EF sind vollständig im ZSE eingetragen.	
2.1	Dateneingabe (bevorzugt ZSE)	Die Dokumentation der Datenherkunft von EF ist vollständig und entspricht den Anforderungen des QSE Handbuchs (Anhänge 3, 4 und 5).	
2.1	Dateneingabe (bevorzugt ZSE)	Die Entwicklung der EF innerhalb der Zeitreihe ist plausibel und im Falle von Auffälligkeiten (z.B. Größenordnungsänderungen) nachvollziehbar begründet und dokumentiert.	Unplausible EF wurden korrigiert.
2.1	Dateneingabe (bevorzugt ZSE)	Die AR sind vollständig im ZSE eingetragen.	
2.1	Dateneingabe (bevorzugt ZSE)	Die Dokumentation der Datenherkunft von AR ist vollständig und entspricht den Anforderungen des QSE Handbuchs (Anhänge 3, 4 und 5).	

Prozess Nr.	Teilprozess Bezeichnung	Einzelziel	Optionales Ziel
2.1	Dateneingabe (bevorzugt ZSE)	Die Entwicklung der AR innerhalb der Zeitreihe ist plausibel und im Falle von Auffälligkeiten (z.B. Größenordnungsänderungen) nachvollziehbar begründet und dokumentiert.	Unplausible Abweichungen wurden korrigiert.
2.1	Dateneingabe (bevorzugt ZSE)	Nach Abschluss der Dateneingabe in das ZSE wurde die Richtigkeit der Eingabe von Zahlen, Einheiten und Umrechnungsfaktoren überprüft und bestätigt.	
2.1	Dateneingabe (bevorzugt ZSE)	Die Unsicherheiten sind vollständig im ZSE eingegeben und entsprechend den Anforderungen des QSE Handbuchs (Anhänge 3, 4 und 5) dokumentiert.	

2.2	Datenbearbeitung (Modellbildung, Disaggregation, Aggregation)	Eine adäquate Beschreibung der Modelle in Bezug auf Aufbau, Modellstruktur, Rechengang, Annahmen etc. liegt in der Inventarbeschreibung vor.	
2.3	Emissionsberechnung	Die aktuellen Inventarberechnungen sind mit Berechnungen vorhergehender Berichterstattungen abgeglichen worden.	Bei signifikanten Änderungen oder auffälligen Abweichungen vom erwarteten Trend, wurde die Rechnung und die Eingangsdaten der Berechnung überprüft und weiterbestehende Unterschiede begründet und dokumentiert.
2.3	Emissionsberechnung	Die Ergebnisse der Emissionsberechnung der aktuellen/vorhergehenden Berichterstattungen sind mit anderen Datenquellen für Deutschland, insbesondere ETS-Daten, abgeglichen worden und vergleichbar. Das Ergebnis wurde nachvollziehbar dokumentiert.	Wenn eine Vergleichbarkeit nicht gegeben ist bzw. ein Vergleich nicht durchgeführt wurde, ist dies fachlich und nachvollziehbar begründet worden.
2.3	Emissionsberechnung	Der nationale implizierte EF (national Implied EF; siehe S&A Report I) der vorhergehenden Berichterstattung ist mit den implizierten EF anderer Länder vergleichbar (gleiche Größenordnung).	Extreme implied EF, sind im NIR fachlich und nachvollziehbar begründet und dokumentiert worden bzw. es wurde auf eine bestehende Begründung verwiesen.
2.4	Erstellung Berichtsteile (Texte)	Die Kategorie ist für den NIR entsprechend der geforderten sechs Unterkapitel des NIR ("Beschreibung der Quellgruppe", "Methodische Aspekte" etc.) vollständig und nachvollziehbar beschrieben.	
2.5	Freigabe auf der Fachebene	Die Werte von AR, EF, ED und deren Unsicherheiten im NIR sind aktuell und mit den Werten im ZSE kongruent.	
2.5	Freigabe auf der Fachebene	Die Dokumentation der Datenherkunft von AR, EF, ED und deren Unsicherheiten im NIR ist aktuell und mit den Angaben im ZSE kongruent.	Fehlende oder unvollständige Dokumentationen der Datenherkunft sind fachlich und nachvollziehbar begründet und dokumentiert.

### 22.1.3 Das Datenbanksystem Zentrales System Emissionen

Als informationstechnologisches Werkzeug für die Inventarerstellung etabliert und pflegt das Umweltbundesamt seit 1998 eine integrierte nationale Datenbank, das *Zentrale System Emissionen (ZSE)*. Das ZSE setzt die vielfältigen Anforderungen an die Emissionsberechnung und -berichterstattung um und automatisiert wesentliche Arbeitsschritte. Es unterstützt die Inventarplanung und die Berichterstattung (z. B. durch Emissionsberechnung, -rekalkulation und Fehleranalyse) sowie das Inventarmanagement (z. B. durch Archivierung, jährliche Evaluierung der Daten) und das Qualitätsmanagement auf der Datenebene (siehe UBA 2003a, Projekthandbuch Decor). Mit Hilfe des ZSE werden die Schlüsselanforderungen der Transparenz, Konsistenz, Vollständigkeit, Vergleichbarkeit und Genauigkeit auf der Datenebene erfüllt.

Dabei wird der Datendokumentation eine zentrale Rolle eingeräumt. Das ZSE speichert die zuständigen Bearbeiter, die Datenquellen und Berechnungsverfahren sowie die Unsicherheiten von Zeitreihenwerten. Auch Zeitpunkt und Verursacher von Änderungen werden festgehalten. Das System verfügt über eine Historienverwaltung, die gelöschte Werte archiviert und bei Bedarf wiederherstellt. Rückverfolgungen und Rekonstruktion von Daten sowie eine unabhängige Überprüfung durch Dritte werden so ermöglicht. Für die Durchführung der Qualitätssicherung auf der Datenebene werden unterstützende Instrumente bereitgestellt (z. B. eine Komponente zur Erfassung von Unsicherheiten, Plausibilitätsprüfungen). Der Transparenz wird vor allem dadurch Rechnung getragen, dass die Datenerfassung in derselben Struktur erfolgt, in der die Daten bereitstehen und sämtliche Bearbeitungen und Transformationen hin zu einem Berichtsformat erst im ZSE selbst und damit nachvollziehbar

erfolgen. Das ZSE verwaltet dazu detaillierte technik-spezifische Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren, die über Rechenregeln (Berechnungsverfahren) zu aggregierten, kategoriespezifischen Werten für die Berichtsformate verdichtet werden. Die Aggregation der einzelnen ZSE-Zeitreihen zu den CRF-Berichtszeilen beispielsweise sind in Anhang 3 bzw. Kapitel 3ff jeweils bei den einzelnen Kategorien beschrieben. Neben der Aggregation und Modellbildung für Berechnungen unterstützt das ZSE auch die Durchführung von Szenarien- und Prognoseberechnungen sowie beim Reference Approach.

Über das Zentrale System Emissionen wird zudem der Datenaustausch im Rahmen des Nationalen Systems, also innerhalb des UBA und mit Dritten, organisiert. Neben der Direkteingabe werden dazu aus vorhandenen Datenbanken aggregierte Werte über eine Standardschnittstelle importiert (z. B. TREMOD für Verkehrsdaten oder GAS-EM für Daten zur Landwirtschaft). Ziel ist es, dass Inventardaten möglichst direkt von den inhaltlich zuständigen Fachverantwortlichen in das ZSE eingepflegt oder vom ZSE-Administrator über die Importschnittstelle eingelesen werden. Dies gilt für UBA-interne und für externe Mitwirkende am Nationalen System. Um dies zu erreichen, wurden verschiedene Maßnahmen umgesetzt:

- Mit der Bereitstellung eines *Standardisierten Importformats des ZSE* im Jahr 2002 wurde der direkte Datenimport aus anderen emissionsrelevanten Datenbanken ermöglicht.
- Im September 2002 wurde den beteiligten Fachexperten aus dem UBA ein direkter Zugang zum ZSE über das UBA-Netzwerk ermöglicht
- Seit November 2002 werden jährlich Schulungen für die betroffenen UBA-Mitarbeiter zur Handhabung des ZSE durchgeführt.
- Seit 2005 erfolgt die Erfassung qualitativer und quantitativer Angaben über die Datenunsicherheit im ZSE.
- Seit 2006 erfolgt die Erfüllung der Berichtsverpflichtungen unter der Genfer Luftreinhaltekonvention und von EU-Regelungen (z. B. der NEC-Richtlinie) über das ZSE.
- Über einen Fernzugriff können seit 2008 auch UBA-externe Datenlieferanten und Experten sowie Projektpartner interaktiv mit dem ZSE arbeiten.

## **22.2 Ergänzenden Informationen wie nach Artikel 7, Absatz 1 des Kyoto-Protokolls gefordert**

### **22.2.1 KP-LULUCF**

Die CRF-Tabellen werden separat berichtet.

### **22.2.2 Standard Electronic Format (SEF) Tabellen**

## 22.2.2.1 Standard Electronic Format for the reported year 2015 (Commitment Period 1)

<b>Report Type</b>	RREG1
<b>Registry</b>	DE
<b>Reported Year</b>	2015
<b>Submission Year</b>	2016
<b>CP</b>	1
<b>Version</b>	2
<b>Status</b>	FINAL
<b>Validity</b>	VALID

<b>Party</b>	Germany
<b>Submission Year</b>	2016
<b>Reported Year</b>	2015
<b>Commitment Period</b>	1

Table 1. Total quantities of Kyoto Protocol units by account type at beginning of reported year

Account type	Unit type					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Party holding accounts	2.409.808.364	94.808.673	NO	45.248.939	NO	NO
Entity holding accounts	NO	333.204	NO	1.785.232	NO	NO
Article 3.3/3.4 net source cancellation accounts	NO	NO	NO	NO		
Non-compliance cancellation account	NO	NO	NO	NO		
Other cancellation accounts	3.525	26.662	NO	2.185.099	NO	NO
Retirement account	2.180.899.877	38.097.446	NO	124.218.728	NO	NO
tCER replacement account for expiry	NO	NO	NO	NO	NO	
ICER replacement account for expiry	NO	NO	NO	NO		
ICER replacement account for reversal of storage	NO	NO	NO	NO		NO
ICER replacement account for non-submission of certification report	NO	NO	NO	NO		NO
<b>Total</b>	<b>4.590.711.766</b>	<b>133.265.985</b>	<b>NO</b>	<b>173.437.998</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	1

Table 2a. Annual internal transactions

Transaction type	Additions						Subtractions					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Art6 issuance and conversion												
Party verified projects		12.108					12.108		NO			
Independently verified projects		NO					NO		NO			
Art3.3 and 3.4 issuance or cancellation												
3.3 Afforestation reforestation			28.410.778				NO	NO	NO	NO		
3.3 Deforestation			NO				NO	NO	11.415.948	NO		
3.4 Forest management			22.733.333				NO	NO	NO	NO		
3.4 Cropland management			NO				NO	NO	NO	NO		
3.4 Grazing land management			NO				NO	NO	NO	NO		
3.4 Revegetation			NO				NO	NO	NO	NO		
Art 12 afforestation and reforestation												
Replacement of expired tCERs							NO	NO	NO	NO	NO	
Replacement of expired ICERs							NO	NO	NO	NO		
Replacement for reversal of storage							NO	NO	NO	NO		NO
Replacement for non-submission of certification report							NO	NO	NO	NO		NO
Other cancellation							NO	313.656	NO	4.110.405	NO	NO
Subtotal		12.108	51.144.111				12.108	313.656	11.415.948	4.110.405	NO	NO

Transaction type	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Retirement	2.065.080.061	156.667.536	39.728.163	101.882.860	NO	NO

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	1

Table 2b. Annual external transactions

Transfers and acquisitions	Additions						Subtractions					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
EU	668.725	62.145.260	NO	61.221.512	NO	NO	117.458.650	23.336	NO	630.182	NO	NO
CH	NO	NO	NO	3.386.217	NO	NO	NO	NO	NO	2.151.618	NO	NO
NZ	NO	NO	NO	315.238	NO	NO	NO	NO	NO	443.845	NO	NO
AU	NO	NO	NO	1.357.696	NO	NO	NO	NO	NO	12.091.314	NO	NO
FR	NO	NO	NO	950.000	NO	NO	NO	NO	NO	44.822	NO	NO
NL	NO	NO	NO	7.010.482	NO	NO	NO	NO	NO	334.542	NO	NO
NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	31.826	NO	821.475	NO	NO
IT	NO	NO	NO	199.215	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
GB	NO	NO	NO	3.799.543	NO	NO	NO	2.481	NO	3.377.314	NO	NO
CDM	NO	NO	NO	1.536.142	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
RO	NO	6.380	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Subtotal</b>	<b>668.725</b>	<b>62.151.640</b>	<b>NO</b>	<b>79.776.045</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>117.458.650</b>	<b>57.643</b>	<b>NO</b>	<b>19.895.112</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>

Additional Information

	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Independently verified ERU								NO				

Table 2c. Total annual transactions

	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
<b>Total (Sum of table 2(a) and 2(b))</b>	<b>668.725</b>	<b>62.163.748</b>	<b>51.144.111</b>	<b>79.776.045</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>	<b>117.470.758</b>	<b>371.299</b>	<b>11.415.948</b>	<b>24.005.517</b>	<b>NO</b>	<b>NO</b>

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	1

Table 3. Expiry, cancellation and replacement

Transaction or event type	Expiry, cancellation and requirement to replace		Replacement					
	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Temporary CERs (tCERs)								
Expired in retirement and replacement accounts	NO							
Replacement of expired tCERs			NO	NO	NO	NO	NO	
Expired in holding accounts	NO							
Cancellation of tCERs expired in holding accounts	NO							
Long-term CERs (ICERs)								
Expired in retirement and replacement accounts		NO						
Replacement of expired ICERs			NO	NO	NO	NO		
Expired in holding accounts		NO						
Cancellation of ICERs expired in holding accounts		NO						
Subject to replacement for reversal of storage		NO						
Replacement for reversal of storage			NO	NO	NO	NO		NO
Subject to replacement for non-submission of certification report		NO						
Replacement for non-submission of certification report			NO	NO	NO	NO		NO
Total			NO	NO	NO	NO	NO	NO

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	1

Table 4. Total quantities of Kyoto Protocol units by account type at end of reported year

Account type	Unit type					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Party holding accounts	227.926.270	48.563	NO	131.889	NO	NO
Entity holding accounts	NO	218.227	NO	789.950	NO	NO
Article 3.3/3.4 net source cancellation accounts	NO	NO	11.415.948	NO		
Non-compliance cancellation account	NO	NO	NO	NO		
Other cancellation accounts	3.525	340.318	NO	6.295.504	NO	NO
Retirement account	4.245.979.938	194.764.982	39.728.163	226.101.588	NO	NO
tCER replacement account for expiry	NO	NO	NO	NO	NO	
ICER replacement account for expiry	NO	NO	NO	NO		
ICER replacement account for reversal of storage	NO	NO	NO	NO		NO
ICER replacement account for non-submission of certification report	NO	NO	NO	NO		NO
Total	4.473.909.733	195.372.090	51.144.111	233.318.931	NO	NO

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	1

Table 5a. Summary information on additions and subtractions

	Additions						Subtractions					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Starting Values												
Issuance pursuant to Article 3.7 and 3.8	4.868.096.694											
Non-compliance cancellation							NO	NO	NO	NO		
Carry-over	NO	NO		NO								
Subtotal	4.868.096.694	NO		NO			NO	NO	NO	NO		
Annual Transactions												
Year 0 (2007)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 1 (2008)	111.031.173	NO	NO	48.712.902	NO	NO	103.572.319	NO	NO	8.671.720	NO	NO
Year 2 (2009)	372.071.597	863.729	NO	52.171.623	NO	NO	352.967.489	541.351	NO	26.795.677	NO	NO
Year 3 (2010)	297.102.669	8.289.950	NO	64.167.793	NO	NO	266.517.290	4.605.787	NO	43.794.853	NO	NO
Year 4 (2011)	207.943.064	38.212.452	NO	109.134.582	NO	NO	200.351.177	8.363.527	NO	61.624.932	NO	NO
Year 5 (2012)	53.063.615	58.832.501	NO	71.579.172	NO	NO	71.786.779	31.490.006	NO	69.822.433	NO	NO
Year 6 (2013)	677	79.763.358	NO	69.039.008	NO	NO	323.413.233	7.589.966	NO	33.802.981	NO	NO
Year 7 (2014)	8.294	404.797	NO	5.666.389	NO	NO	1.255	536.827	NO	4.705.974	NO	NO
Year 8 (2015)	668.725	62.163.748	51.144.111	79.776.045	NO	NO	117.470.758	371.299	11.415.948	24.005.517	NO	NO
Subtotal	1.041.889.814	248.530.535	51.144.111	500.247.514	NO	NO	1.436.080.300	53.498.763	11.415.948	273.224.087	NO	NO
Total	5.909.986.508	248.530.535	51.144.111	500.247.514	NO	NO	1.436.080.300	53.498.763	11.415.948	273.224.087	NO	NO

Table 5b. Summary information on replacement

	Expiry, cancellation and requirement to replace		Replacement					
	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Previous CPs			NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 1 (2008)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 2 (2009)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 3 (2010)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 4 (2011)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 5 (2012)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 6 (2013)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 7 (2014)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 8 (2015)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Total	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Table 5c. Summary information on retirement

Year	Retirement					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Year 1 (2008)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 2 (2009)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 3 (2010)	854.569.558	670.990	NO	49.721.049	NO	NO
Year 4 (2011)	418.523.027	4.194.506	NO	33.374.387	NO	NO
Year 5 (2012)	907.807.291	33.231.950	NO	41.123.292	NO	NO
Year 6 (2013)	1	NO	NO	NO	NO	NO
Year 7 (2014)	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Year 8 (2015)	2.065.080.061	156.667.536	39.728.163	101.882.860	NO	NO
Total	4.245.979.938	194.764.982	39.728.163	226.101.588	NO	NO

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	1

Table 6a. Memo item: corrective transactions relating to additions and subtractions

Additions						Subtractions					
AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs

Table 6b. Memo item: corrective transactions relating to replacement

Expiry, cancellation and requirement to replace		Replacement					
tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs

Table 6c. Memo item: corrective transactions relating to retirement

Retirement					
AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs

**22.2.2.2 Standard Electronic Format for the reported year 2015 (Commitment Period 2)**

<b>Report Type</b>	RREG1
<b>Registry</b>	DE
<b>Reported Year</b>	2015
<b>Submission Year</b>	2016
<b>CP</b>	2
<b>Version</b>	1
<b>Status</b>	FINAL
<b>Validity</b>	VALID

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	2

Table 1. Total quantities of Kyoto Protocol units by account type at beginning of reported year

	Account type	Unit type					
		AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
1	Party holding accounts	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2	Entity holding accounts	NO	NO	NO	1.610.251	NO	NO
3	Retirement account	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4	Previous period surplus reserve account	NO					
5	Article 3.3/3.4 net source cancellation accounts	NO	NO	NO	NO		
6	Non-compliance cancellation account	NO	NO	NO	NO		
7	Voluntary cancellation account	NO	NO	NO	2.055	NO	NO
8	Cancellation account for remaining units after carry-over	NO	NO	NO	NO	NO	NO
9	Article 3.1 ter and quater ambition increase cancellation account	NO					
10	Article 3.7 ter cancellation account	NO					
11	tCER cancellation account for expiry					NO	
12	ICER cancellation account for expiry						NO
13	ICER cancellation account for reversal of storage						NO
14	ICER cancellation account for non-submission of certification report						NO
15	tCER replacement account for expiry	NO	NO	NO	NO	NO	
16	ICER replacement account for expiry	NO	NO	NO	NO		
17	ICER replacement account for reversal of storage	NO	NO	NO	NO		NO
18	ICER replacement account for non-submission of certification report	NO	NO	NO	NO		NO
19	<b>Total</b>	NO	NO	NO	1.612.306	NO	NO

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	2

Table 2a. Annual internal transactions

Transaction type	Additions						Subtractions						
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	
Art6 issuance and conversion													
1 Party verified projects		NO					NO		NO				
2 Independently verified projects		NO					NO		NO				
Art3.3 and 3.4 issuance or cancellation													
3 3.3 Afforestation reforestation			NO				NO	NO	NO	NO			
4 3.3 Deforestation			NO				NO	NO	NO	NO			
5 3.4 Forest management			NO				NO	NO	NO	NO			
6 3.4 Cropland management			NO				NO	NO	NO	NO			
7 3.4 Grazing land management			NO				NO	NO	NO	NO			
8 3.4 Revegetation			NO				NO	NO	NO	NO			
9 3.4 Wetland drainage and rewetting			NO				NO	NO	NO	NO			
Art 12 afforestation and reforestation													
10 Replacement of expired tCERs							NO	NO	NO	NO		NO	
11 Replacement of expired ICERs							NO	NO	NO	NO			
12 Replacement for reversal of storage							NO	NO	NO	NO			NO
13 Cancellation for reversal of storage													NO
14 Replacement for non-submission of certification report							NO	NO	NO	NO			NO
15 Cancellation for non submission of certification report													NO
Other cancelation													
16 Voluntary cancellation							NO	NO	NO	151.014		NO	NO
17 Article 3.1 ter and quater ambition increase cancellation							NO						
18 Subtotal		NO	NO				NO	NO	NO	151.014		NO	NO

Transaction type	Retirement					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
1 Retirement	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2 Retirement from PPSR	NO					
3 Total	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Party
Submission Year
Reported Year
Commitment Period

Table 2b. Annual external transactions

Total transfers and acquisitions	Additions						Subtractions				
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs
1 CDM	NO	NO	NO	2.961.626	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2 CH	NO	NO	NO	102.657	NO	NO	NO	NO	NO	NO	85.859
3 NL	NO	NO	NO	763.464	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4 GB	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	65.614
5 IT	NO	NO	NO	214.298	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
6 EU	NO	NO	NO	514.092	NO	NO	NO	NO	NO	NO	5.336.978
7 Subtotal	NO	NO	NO	4.556.137	NO	NO	NO	NO	NO	NO	5.488.451

Table 2c. Annual transactions between PPSR accounts

	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs
1 Subtotal	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Table 2d. Share of proceeds transactions under decision 1/CMP.8, paragraph 21 - Adaptation Fund

	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs
1 First international transfers of AAUs	NO						NO				
2 Issuance of ERU from Party-verified projects		NO						NO			
3 Issuance of independently verified ERUs		NO						NO			

Table 2e. Total annual transactions

	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs
1 Total (Sum of sub-totals in table 2a and table 2b)	NO	NO	NO	4.556.137	NO	NO	NO	NO	NO	5.639.465	

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	2

Table 3. Expiry, cancellation and replacement

Transaction or event type	Requirement to replace or cancel			Replacement						Cancellation					
	tCERs	ICERs	CERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
Temporary CERs															
1 Expired in retirement and replacement accounts	NO			NO	NO	NO	NO	NO							
2 Expired in holding accounts	NO													NO	
Long-term CERs															
3 Expired in retirement and replacement accounts		NO		NO	NO	NO	NO								
4 Expired in holding accounts		NO													NO
5 Subject to reversal of Storage		NO		NO	NO	NO	NO		NO						NO
6 Subject to non submission of certification Report		NO		NO	NO	NO	NO		NO						NO
Carbon Capture and Storage CERs															
7 Subject to net reversal of storage			NO							NO	NO	NO	NO		
8 Subject to non submission of certification report			NO							NO	NO	NO	NO		
9 Total	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	2

Table 4. Total quantities of Kyoto Protocol units by account type at end of reported year

Account type	Unit type					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
1 Party holding accounts	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2 Entity holding accounts	NO	NO	NO	526.923	NO	NO
3 Retirement account	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4 Previous period surplus reserve account	NO					
5 Article 3.3/3.4 net source cancellation accounts	NO	NO	NO	NO		
6 Non-compliance cancellation account	NO	NO	NO	NO		
7 Voluntary cancellation account	NO	NO	NO	153.069	NO	NO
8 Cancellation account for remaining units after carry-over	NO		NO	NO	NO	NO
9 Article 3.1 ter and quater ambition increase cancellation account	NO					
10 Article 3.7 ter cancellation account	NO					
11 tCER cancellation account for expiry					NO	
12 ICER cancellation account for expiry						NO
13 ICER cancellation account for reversal of storage						NO
14 ICER cancellation account for non-submission of certification report						NO
15 tCER replacement account for expiry	NO	NO	NO	NO	NO	
16 ICER replacement account for expiry	NO	NO	NO	NO		
17 ICER replacement account for reversal of storage	NO	NO	NO	NO		NO
18 ICER replacement account for non-submission of certification report	NO	NO	NO	NO		NO
19 Total	NO	NO	NO	679.992	NO	NO

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	2

Table 5a. Summary information on additions and subtractions

	Additions						Subtractions					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
1 Assigned amount units issued	NO											
2 Article 3 Paragraph 7 ter cancellations							NO					
3 Cancellation following increase in ambition							NO					
4 Cancellation of remaining units after carry over							NO	NO	NO	NO	NO	NO
5 Non-compliance cancellation							NO	NO	NO	NO		
6 Carry-over		NO			NO							
7 Carry-over to PPSR	NO						NO					
8 Total	NO	NO			NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO

Table 5b. Summary information on annual transactions

	Additions						Subtractions					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
1 Year 1 (2007)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2 Year 2 (2008)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3 Year 3 (2009)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4 Year 4 (2010)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5 Year 5 (2011)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
6 Year 6 (2012)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
7 Year 7 (2013)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
8 Year 8 (2014)	NO	NO	NO	1.761.325	NO	NO	NO	NO	NO	151.074	NO	NO
9 Year 9 (2015)	NO	NO	NO	4.556.137	NO	NO	NO	NO	NO	5.639.465	NO	NO
10 Total	NO	NO	NO	6.317.462	NO	NO	NO	NO	NO	5.790.539	NO	NO

Table 5c. Summary information on annual transactions between PPSR accounts

	Additions						Subtractions					
	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
1 Year 1 (2007)	NO						NO					
2 Year 2 (2008)	NO						NO					
3 Year 3 (2009)	NO						NO					
4 Year 4 (2010)	NO						NO					
5 Year 5 (2011)	NO						NO					
6 Year 6 (2012)	NO						NO					
7 Year 7 (2013)	NO						NO					
8 Year 8 (2014)	NO						NO					
9 Year 9 (2015)	NO						NO					
10 Total	NO						NO					

Table 5d. Summary information on expiry, cancellation and replacement

	Requirement to replace or cancel			Replacement						Cancellation					
	tCERs	ICERs	CERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
1 Year 1 (2008)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2 Year 2 (2009)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
3 Year 3 (2010)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
4 Year 4 (2011)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
5 Year 5 (2012)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

6	Year 6 (2013)	NO															
7	Year 7 (2014)	NO															
8	Year 8 (2015)	NO															
9	Total	NO															

Table 5e. Summary information on retirement

	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs
1	Year 1 (2008)	NO	NO	NO	NO	NO
2	Year 2 (2009)	NO	NO	NO	NO	NO
3	Year 3 (2010)	NO	NO	NO	NO	NO
4	Year 4 (2011)	NO	NO	NO	NO	NO
5	Year 5 (2012)	NO	NO	NO	NO	NO
6	Year 6 (2013)	NO	NO	NO	NO	NO
7	Year 7 (2014)	NO	NO	NO	NO	NO
8	Year 8 (2015)	NO	NO	NO	NO	NO
9	Total	NO	NO	NO	NO	NO

Party	Germany
Submission Year	2016
Reported Year	2015
Commitment Period	2

Table 6a. Memo item: corrective transactions relating to additions and subtractions

Additions						Subtractions					
AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs

Table 6b. Memo item: corrective transactions relating to replacement

Expiry, cancellation and requirement to replace		Replacement					
tCERs	ICERs	AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs

Table 6c. Memo item: corrective transactions relating to retirement

Retirement					
AAUs	ERUs	RMUs	CERs	tCERs	ICERs

### 22.2.2.3 Discrepant transactions

No discrepant transactions occurred in 2015.

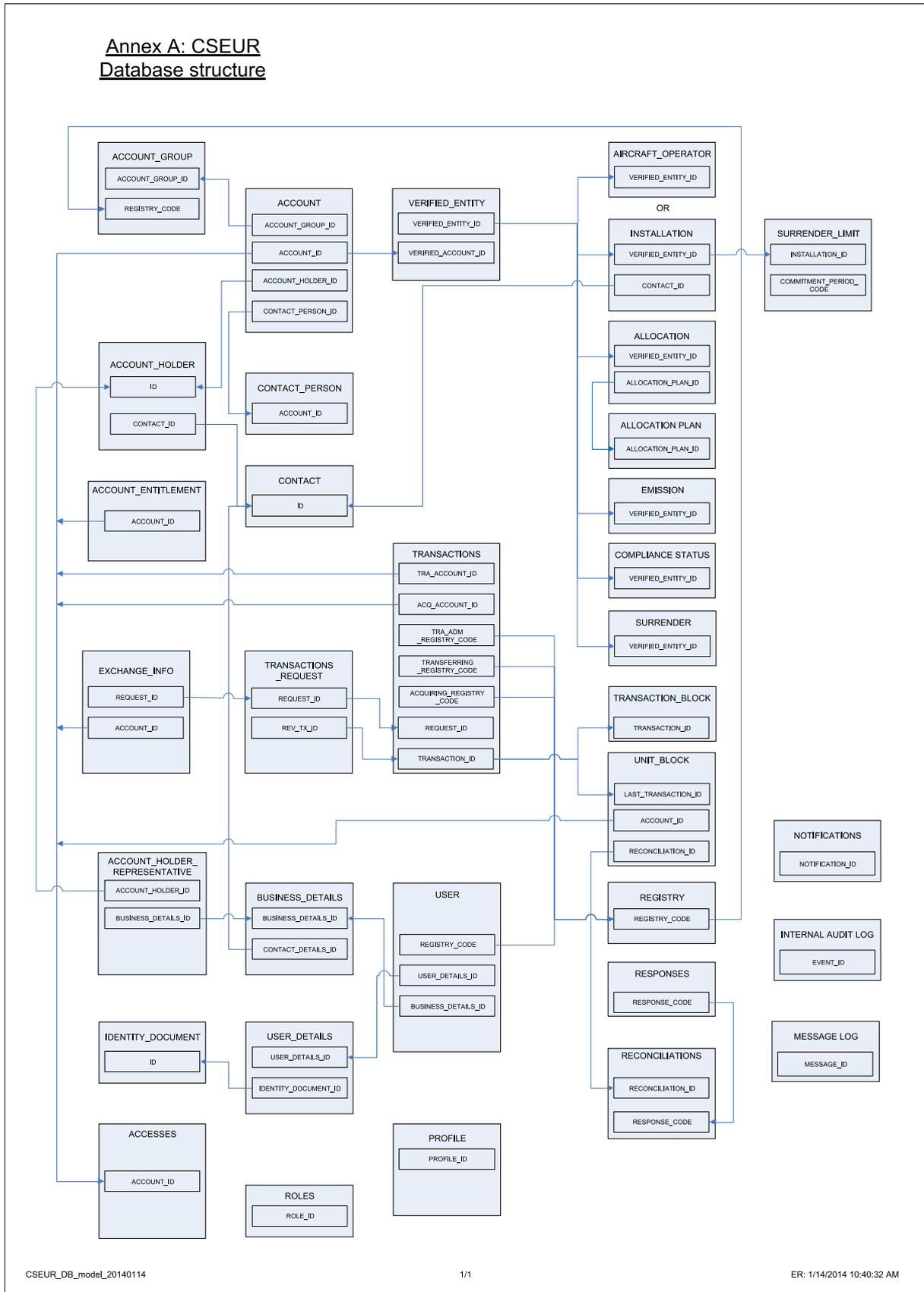
### **22.2.3 *Detailliertere Informationen über das nationale System und Änderungen im nationalen System***

Alle Informationen wurden in den vorangegangenen Kapiteln gegeben.

### **22.2.4 *Weitere detaillierte Informationen zu den Nationalen Registern und der Buchführung der Kyoto-Einheiten***

The required documents are confidential and accessible for assessors only. Therefore the documents which are mentioned in the below table are not available within this document.

22.2.4.1 Annex A: CSEUR DB Model



22.2.4.2 Annex B: Changes From 6.3.3.2 to 6.7.3

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
A series of technical test cases, ensuring YLE and PRD are handled and checked by EUTL correctly, even in the case when EUCR screen mechanisms are bypassed	<i>(EUTL) Edit YLE and Permit Revocation Date</i>		PASSED
-	Modify Check 7028	1. Connect as NA and update the PRD of an installation to a past date; approve the update as another NA 2. Navigate to an account in the TAL of the account whose installation is the installation affected in step [1] 3. Propose a transfer to the account whose installation is the installation affected in step [1] 4. Approve the transfer 5. Ensure the transaction is COMPLETED	PASSED
-	Create Check 7175	Scenario 1: Test YLE cannot get < VE year via EUCR 1. Locate an account with VE for 2011, 2012, 2013, 2014 2. Update installation and set YLE = 2013 3. Ensure the following message appears: "There are Verified Emissions introduced in years after to the proposed Last Year of Verification." 4. The update cannot be submitted.  Scenario 2: Test YLE cannot get < VE year via EUCR 1. Locate an account with VE for 2011, 2012, 2013, 2014 2. Update in EUTL database the record in VERIFIED_EMISSION table to 2016 so that an artificial VE record exists in EUTL for 2016. 3. Update YLE for this installation via EUCR screen 4. Approve the request 5. Locate the state of the installation update request via: select * from installation_update_req where request_id = <<request_id>>;  select * from request_state where request_state_id = <<request_state_id from previous query>>;  select * from response where request_id = <<request_id>>; Ensure the request is REJECTED with response code 7175.	PASSED
-	Add Check 7174	Scenario #1: Change YLE in EUTL  1. Create a request for change of YLE to 2014, and Permit Revocation Date to a date in 2014. Grab the RequestId. 2. Manually change the YLE of the request to 2016.  update verified_entity set end_year = '2016' where verified_entity_id = (select NEW_INSTALLATION_ID from INSTALLATION_UPDATE_REQ where request_id = XXXXX); commit  3. In the Task List, verify that the data of the Request have changed. 4. Approve the Request 5. Verify that the Request gets Rejected from EUTL with code 7174. (select * from response where request_id = XXXXXXX)  Scenario #2: Change PRD in EUTL  Follow the steps of scenario #1 but set permit_revocation_date to a date before YLE. The closure request must be rejected with code 7174.	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
-	Set allocations to 0 for years > YLE	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Select an OHA account without allocations.</li> <li>3. At the "Installation" tab of the account check the YLE.</li> <li>4. Go to EU ETS - Allocation Tables Phase 3 and upload a valid NAT xml up to the YLE of the account.</li> <li>5. Check the Details table and ensure that the NAT xml has been uploaded successfully</li> <li>5. Login to EUTL.</li> <li>6. Go to "Registry Mgt" and upload the same valid xml</li> <li>7. Go to ETS - Installation Mgt and search for the account</li> <li>8. Click on "Installation Number" link and ensure that the NAT xml has been uploaded successfully.</li> <li>9. Go to EU CR to Accounts and search for the account</li> <li>10. Go to "Installation" tab of the account and change the YLE to a previous value. Submit and approve the new update.</li> <li>11. Go to EU ETS - Allocation Tables Phase 3 and at the "Details" table search for the specific account</li> <li>12. Ensure that NAT allocations set to zero (0) for year&gt; YLE.</li> <li>13. Login to EUTL and go to ETS - Installation Mgt and search for the account</li> <li>14. Click on "Installation Number" link and ensure that the NAT allocations set to zero (0) for year&gt; YLE.</li> <li>15. Repeat the above test for AOHA and upload a NAAT xml file</li> </ol>	PASSED
-	Setting permit status after permit revocation date has passed	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Set an installation in EUTL database to PRD = 2/2/1902 and permit active via the query: update installation set permit_revocation_date = '2/2/1902', installation_status_code = 1 where installation_id = &lt;&lt;installation_identifier&gt;&gt;;</li> <li>2. Wait 10 minutes</li> <li>3. Perform the query: select permit_revocation_date, installation_status_code from installation where installation_id = &lt;&lt;installation_identifier&gt;&gt;; and ensure the installation_status_code is now set to 2.</li> </ol>	PASSED
-	YLE, PRD should not be updated in RequestAccountClosure, RejectAccountClosure	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Update an installation and set YLE=2016 and PRD=1/1/2016</li> <li>2. Approve the update</li> <li>3. Request closure of the account</li> <li>4. Reject the closure request</li> <li>5. Ensure the account in EUTL has unaffected YLE and PRD via the query: select * from installation where installation_identifier = &lt;&lt;installation_id&gt;&gt; and registry_code = &lt;&lt;registry_code&gt;&gt;;</li> </ol>	PASSED
-	modify Check 7168	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as NA and locate an OHA</li> <li>2. Submit a close account request</li> <li>3. In EUTL, via the database:</li> <li>4. update yle to be less than yfe</li> <li>5. Approve the account closure request</li> <li>6. Ensure via the database that the request is terminated with error code 7168 (at least this code)</li> <li>7. Restore the EUTL installation record to its former state</li> </ol> <p>Repeat the above steps but replace step 4 with the following alternatives:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* delete PRD for installation</li> <li>* delete YLE</li> </ul>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
-	Modify UpdatedInstallation class	1. Connect as NA in ETS, Finnish registry 2. Locate an OHA and update YLE to 2013 and PRD to 1/1/2013 3. Query in EUTL database the following: select * from installation where installation_identifier = <<installation_identifier>> and registry_code = 'FI'; 4. Ensure YLE and PRD are as entered in step [2].	PASSED
-	Modify compliance calculation query	1. Set the YLE to an installation to 2020 and approve the request  2. Delete record from COMPLIANCE_STATUS_BL for that installation for last period_year. Installation ID can be found via the query in EUTL: select * from installation where installation_identifier = <<verified_entity.identifier>> and registry_code = <<MS of the installation>>; The connected record must have been deleted from COMPLIANCE_STATUS_HISTORY.  3. Run Compliance Calculation Job - a record should be inserted for that installation in COMPLIANCE_STATUS_BL.	PASSED
Tests for EUCR screens, to handle YLE and PRD requirements	<i>Edit YLE and Permit Revocation Date</i>		PASSED
-	Account closure request creation modifications	Scenario 1 1. Login as NA of a registry 2. Search for an OHA account with no values at the fields YLE and PRD 3. Click on "Close" link. 4. Ensure that the system displays the error message: "The Operator Holding Account cannot be closed as long as the Permit Revocation Date and the Last Year of Verification are not filled in; they can be entered by the National Administrator from the Installation tab of the Account Details". Below the error message you can see a table with Permit Revocation Date and Last Year of Verification with no data 5. Repeat the above test with an AR of the account  Scenario 2 1. Login as NA of a registry 2. Search for an OHA account with no values only at the field YLE 3. Click on "Close" link. 4. Ensure that the system displays the error message: "The Operator Holding Account cannot be closed as long as the Permit Revocation Date and the Last Year of Verification are not filled in; they can be entered by the National Administrator from the Installation tab of the Account Details". Below the error message you can see a table. At the "Permit Revocation Date" field you can see the date and the "Last Year of Verification" field is without data 5. Repeat the above test with an AR of the account  Scenario 3 1. Login as NA of a registry 2. Search for an OHA account with no values only at the field PRD 3. Click on "Close" link. 4. Ensure that the system displays the error message: "The Operator Holding Account cannot be closed as long as the Permit Revocation Date and the Last Year of Verification are not filled in; they can be entered by the National Administrator from the Installation tab of the Account Details". Below the error message you can see a table. At the "Last Year of Verification" field you can see the year and the "Permit Revocation Date" field is without data 5. Repeat the above test with an AR of the account  Scenario 4	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
-	Allocation Screen - Allocation Job - modify for V1.40 doc	<p>TEST CASES</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Search for an OHA account with values at the fields YLE and PRD</li> <li>3. Click on "Close" link.</li> <li>4. Ensure that the system displays the confirmation message: "Do you wish to close the account with identifier xxxxx". Below the message you can see a table with Permit Revocation Date and Last Year of Verification with data</li> <li>5. Repeat the above test with an AR of the account</li> </ol> <p>Scenario 5</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Search for an OHA account with no values at the fields YLE</li> <li>3. Click on "Close" link.</li> <li>4. Ensure that the system displays the error message: "The Aircraft Operator Holding Account cannot be closed as long as the Last Year of Verification is not filled in; it can be entered by the National Administrator from the Aircraft Operator tab of the Account Details". Below the error message you can see a table with the "Last Year of Verification" field is without data</li> <li>5. Repeat the above test with an AR of the account</li> </ol> <p>Scenario 6</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Search for an AOHA account with values at the field YLE</li> <li>3. Click on "Close" link.</li> <li>4. Ensure that the system displays the confirmation message: "Do you wish to close the account with identifier xxxxx". Below the message you can see a table. At the "Last Year of Verification" field you can see the year.</li> <li>5. Repeat the above test with an AR of the account</li> </ol>	
-	Installation/Aircraft Tab - If user NA, add "Edit YLE" functionality	<p>Scenario 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Select an OHA without LYV and PRD and FYV&lt;= 2013</li> <li>3. Go to "Installation" tab and click on "Update" button</li> <li>4. Ensure that you can see the fields : "Permit Revocation Date", "First Year of Verification" and "Last Year of Verification"</li> <li>5. Delete the data at FYV field and click on "Submit" button</li> <li>6. System displays the error message : "First Year of Verification: Validation Error: Value is required."</li> <li>7. Enter a value at LYV&lt;FYV</li> <li>8. System displays the error message: "The Last Year of Verification must be greater or equal to the First Year of Verification."</li> <li>9. Enter a value at PRD and click on "Submit" button</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>10. System displays the information message: "Your request to update installation information has been submitted under identifier xxxxx"</p> <p>11. Login as an other NA and approve the test.</p> <p>12. Ensure that the account has been updated with the new data.</p> <p>13. Enter a data at LYE and click on "Submit" button.</p> <p>14. System displays the information message: "Your request to update installation information has been submitted under identifier xxxxx"</p> <p>15. Login as an other NA and approve the test.</p> <p>16. Ensure that the account has been updated with the new data.</p> <p>17. Delete the values at PRD and LYE and click on "Submit" button.</p> <p>18. System displays the information message: "Your request to update installation information has been submitted under identifier xxxxx"</p> <p>19. Login as an other NA and approve the test.</p> <p>20. Ensure that the account has been updated with the new data.</p> <p>21. Enter LYE&gt; PRD and click on "Submit" button</p> <p>22. System displays the error message: "The Year of the Permit Revocation Date must be greater or equal to the Last Year of Verification."</p> <p>23. Enter LYE&lt; PRD and click on "Submit" button</p> <p>24. Next to the field of PRD System displays the warning message: "Warning: Last year of verification is earlier than the year of Permit Revocation Date". Click on "Submit" button</p> <p>25. System displays the information message: "Your request to update installation information has been submitted under identifier xxxxx"</p> <p>26. Login as an other NA and approve the test.</p> <p>27. Ensure that the account has been updated with the new data.</p> <p>28. Enter a date at PRD &lt; of current date. Click on "Submit" button</p> <p>29. Login as an other NA and approve the test.</p> <p>30. Ensure that the account has been updated with the new data, and that the "Permit Status " has been REVOKED</p> <p>Scenario 2</p> <p>1. Repeat the above test for AOHA. (only for LYE field)</p> <p>2. Enter FYV &lt; LYV</p> <p>3. System displays the error message: " The Last Year of Verification must be greater or equal to the First Year of Verification."</p> <p>4. Delete data from the LYV field and click on "Submit" button .</p> <p>5. System displays the information message: "Your request to update an aircraft operator has been submitted under identifier xxxxx."</p> <p>6. Login as an other NA and approve the test.</p> <p>7. Ensure that the account has been updated with the new data.</p> <p>8. Enter a valid date at LYV field and click on "Submit" button .</p> <p>9. System displays the information message: "Your request to update an aircraft operator has been submitted under identifier xxxxx."</p> <p>10. Login as an other NA and approve the test.</p> <p>11. Ensure that the account has been updated with the new data.</p> <p>Scenario 3</p> <p>1. Login as NA of a registry</p> <p>2. Select an OHA account without allocations.</p> <p>3. At the "Installation" tab of the account check the YLE.</p> <p>4. Go to EU ETS - Allocation Tables Phase 3 and upload a valid NAT xml up to the YLE of the account.</p> <p>5. Check the Details table and ensure that the NAT xml has been uploaded successfully</p> <p>5. Login to EUTL.</p>	

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
-	NAT/NAVAT allocations set to zero (0) for year > YLE	<p>6. Go to "Registry Mgt" and upload the same valid xml</p> <p>7. Go to ETS - Installation Mgt and search for the account</p> <p>8. Click on "Installation Number" link and ensure that the NAT xml has been uploaded successfully.</p> <p>9. Go to EU CR to Accounts and search for the account</p> <p>10. Go to "Installation" tab of the account and change the YLE to a previous value. Submit and approve the new update.</p> <p>11. Go to EU ETS - Allocation Tables Phase 3 and at the "Details" table search for the specific account</p> <p>12. Ensure that NAT allocations set to zero (0) for year&gt; YLE.</p> <p>13. Login to EUTL and go to ETS - Installation Mgt and search for the account</p> <p>14. Click on "Installation Number" link and ensure that the NAT allocations set to zero (0) for year&gt; YLE.</p> <p>15. Repeat the above test for AOHA and upload a NAAT xml file</p>	PASSED
-	OHA Account - Compliance Tab - Enter/Edit emissions between YFE & YLE	<p>1. Login as NA of a registry and select an OHA without emissions.</p> <p>2. Go to "Installation" tab and check the dates at the YFE and YLE.</p> <p>3. Go to "Compliance" tab and ensure that you are able to enter emissions between YFE &amp; YLE.</p> <p>4. Go to "Installation" tab again and change the dates at YFE and YLE.</p> <p>5. Go to "Compliance" tab and ensure that you are able to enter emissions between YFE &amp; YLE.</p> <p>6. Ensure that as NA you can see the "Save" button.</p> <p>7. Login as another appropriate user of the account.</p> <p>8. Ensure that you can enter appropriate user and that you cannot see the "Save" button.</p> <p>9. Repeat the above test for AOHA</p> <p>10. Repeat the above test for accounts with emissions and ensure that you are able to edit emissions. Edit emissions should be handled like the account was excluded (i.e. if a verified emissions exist, it is possible to change the value etc)</p>	PASSED
-	PRD Quartz Trigger	<p>Scenario 1</p> <p>1. Login as NA of a registry and select an OHA in Open or Blocked status.</p> <p>2. Go to "Installation" tab and ensure that the Permit Status =ACTIVE</p> <p>3. Enter/ Change the Permit Revocation Date to a date in the future (for example enter tomorrow's date) and approve the task</p> <p>4. At the date of Permit Revocation Date check the account.</p> <p>5. Ensure that the Permit Status = REVOKED.</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
-	Rejection of Account Closure Request	<p>Scenario 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry and select an OHA in Open or Blocked status.</li> <li>2. Go to "Installation" tab and ensure that the Permit Status =ACTIVE</li> <li>3. Enter/ Change the Permit Revocation Date to a date in the past and approve the task</li> <li>4. Check the account.</li> <li>5. Ensure that the Permit Status = REVOKED.</li> </ol> <p>Scenario 3</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Select an OHA in Suspended or Closed status and go to "Installation" tab.</li> <li>2. Ensure that the "Update" button is not available</li> </ol>	
-	Sum of Verified Emissions - Compliance Status/Entitlements	<p>Scenario 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Search for an OHA account with values at fields YLE &amp; PRD</li> <li>3. Click on "Close" or "Force Close" link of the account</li> <li>4. Go to task list and reject the account closure task.</li> <li>5. Go back to the account and ensure that the fields YLE &amp; PRD have not changed values.</li> <li>6. Repeat the above test with an AR of the account. As NA of the registry reject the task.</li> <li>7. Go back to the account and ensure that the fields YLE &amp; PRD have not changed values.</li> </ol> <p>Scenario 2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Search for an AOHA account with values at field "Expiry Date"</li> <li>3. Click on "Close" link of the account</li> <li>4. Go to task list and reject the account closure task.</li> <li>5. Go back to the account and ensure that the field "Expiry Date" has the correct value</li> <li>6. Repeat the above test with an AR of the account. As NA of the registry reject the task.</li> <li>7. Go back to the account and ensure that the field "Expiry Date" has the correct value</li> </ol> <p>Scenario 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Select an OHA and go to "Compliance" tab</li> <li>2. Ensure that you have enter emissions for year 2013</li> <li>3. At the "Compliance" table check the value at "Cumulative Verified Emissions" field.</li> <li>4. Ensure that you can see correct data</li> <li>5. Tick on the Exclude box for year 2013 and click on "Save" button</li> <li>6. System displays the information message: "Compliance data are being recalculated"</li> <li>7. When the process completed, check again at the "Compliance" table the value at "Cumulative Verified Emissions" field.</li> <li>8. Ensure that you can see correct data</li> <li>9. Repeat the above test for AOHA (year 2013 is excluded by default for AOHA's. To be able to perform the above test should not apply the parameters of "exclusion")</li> </ol> <p>Scenario 2</p> <p>Run the following script to check if entitlements updated correctly:</p> <pre>select ve_cp2 from account_entitlement_extras ae, account a where a.account_id = ae.account_id and a.identifier = :p_account_identifier;</pre>	<p>PASSED</p> <p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
-	Update YLE-PRD Screen - Show warning with js	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Select an OHA account and go to "Installation" tab</li> <li>3. Click on "Update" button</li> <li>4. At the field "Permit Revocation Date" enter a date &gt; than the year at the field "Last Year of Verification"</li> <li>5. Ensure that the system displays the warning message: "Warning: Last year of verification is earlier than the year of Permit Revocation Date" next to the field of PRD</li> <li>6. Click on "Submit" button</li> <li>7. Ensure that the request to update installation information has been submitted</li> </ol>	PASSED
Allocation delivery settings conformation has a useless checkbox	Allocation delivery settings conformation has a useless checkbox	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to MS as NA</li> <li>2. Go to Allocation Phase 3, select Aircraft Operators tab and choose 2014 form the list.</li> <li>3. Tick the allocation that you want and click on "Submit" button</li> <li>4. At the "Approve Transaction Request" pop up, ensure that there isn't a checkbox next to the titles "Free" and "Special Reserve"</li> </ol>	PASSED
Allocations to disabled aircraft operators sometimes appeared as allowed; this is now fixed.	Allocations for disabled Aircraft Operator	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to MS as NA</li> <li>2. Go to Allocation Phase 3, select Aircraft Operators tab and choose 2014 form the list</li> <li>3. Make sure that at check box for least one Aircraft Operator is disabled (grey with question mark icon)</li> <li>4. Click "Free" checkbox</li> <li>5. Ensure that all positions except disabled ones are checked</li> </ol>	PASSED
Fix account block mechanism so that OHA are correctly blocked	Block Accounts Job - Count non excluded years for OHA ignore excluded 2013	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Create a new account with YFE=YLE=2013</li> <li>2. Approve the account creation</li> <li>3. Exclude year 2013 for this account</li> <li>4. Run BlockAccountsTrigger by modifying its next fire time, e.g. via the query: update qrtz_cron_triggers set cron_expression = '0 0/10 * 1/1 * ? *' where trigger_name = 'BlockAccountsTrigger';</li> <li>5. Wait ten minutes.</li> <li>6. Ensure the account is still OPEN</li> </ol>	PASSED
Issued amount for ESD appeared double for the first issuance only; this is now fixed.	CLONE - Double value for ESD Issuance - first issuance time	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Remove the existing ESD TQA via the query in EUCCR: (update account set status = 'REMOVED' where eu_account_type = 'AEA_TOTAL_QUANTITY_ACCOUNT' ; commit;)</li> <li>2. Create a new ESD TQA via ESD account management screens</li> <li>3. Perform an issuance of AEA units, and approve the issuance request.</li> <li>4. Navigate to ESD accounts list; verify that the balance of the ESD TQA is the one that you issued during step [3].</li> </ol>	PASSED
CP1 credits ineligible after 31 March 2015	CP1 credits ineligible after 31 March 2015	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Set system date to a date after 31/3/2015 (OR SET PARAMETER ZZZZZ)</li> <li>2. Locate an account with ICH eligible CER units with OP=AP=1</li> <li>3. Transfer one of these units to JP-100-999 account; the transfer can be proposed</li> <li>4. Transfer one of these units to an ETS account; the transfer cannot be submitted; error message: "80706: The acquiring account is not allowed to hold CP1 units after a specified date"</li> </ol>	PASSED
Cannot search ESD entitlements transactions by account identifier	Cannot search ESD entitlements transactions by account identifier	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to ESD</li> <li>2. Go to ESD Entitlements Transactions page</li> <li>3. Enter account identifier either to "Transferring Account ID" or "Acquiring Account ID" and click search.</li> <li>4. Ensure that you can see correct data</li> </ol>	PASSED
Translation issue	Change of labels in EN	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Propose a transaction reversal; ensure the approval task description is: "The following Reversal Transaction needs approval prior to launching the Transaction workflow"</li> <li>2. Propose a transaction; ensure the approval task description is: "The following Transaction needs approval prior to launching the Transaction workflow."</li> </ol>	PASSED
Correction in EUTL check	Check 7864 for Post Compliance Transfers	For each of the following transaction types: ESD Post Compliance Transfers ESD Delete after OverAllocation	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
	should check Transferring Account	ESD AEA Transfer ESD Entitlement Transferred do the following:  1. Propose a new transaction 2. Update the end_of_validity of the transferring account of the transaction in EUTL to 1/1/1999 3. Approve the transaction request 4. Ensure the transaction is terminated with error code 7864 5. Update the value updated during step [2] to 1/1/9999 6. Repeat the same transaction 7. Ensure the transaction is completed	
Compliance Status figure C is not calculating	Compliance Status figure C is not calculating	1. Connect as ESD-CA and locate an ESD compliance account with zero emissions and zero balance for the active year 2. Execute balance job for the active year 3. Ensure an entry is entered in esd compliance as follows: select * from esd_compliance_history where account_id = (select account_id from account where identifier = <<acc_identifier>>); All values must be null except the balance, which is zero 4. Execute compliance status job for the active year 5. Perform the same query and ensure the compl. status of this account is C.	PASSED
Condition if an installation appears in the allocation list should not contain Expiry Date	Condition if an installation appears in the allocation list should not contain Expiry Date	1. Connect as NA and navigate to Allocation screen. 2. Ensure the rules for an installation/aircraft operator to appear in this screen are as follows:  Account Status NOT CLOSED AND The state of the NAT/NAAT is ACTIVE (not deleted) AND Remaining quantity is greater than 0 AND For Installations: (Year of allocation <= year of Permit Revocation if this exists) AND (Year of allocation <= YLE if this exists) For Aircrafts operators: Year of allocation <= YLE	PASSED
ESD : AR and AAR addition	ESD : AR and AAR addition	Scenario 1 1. Login to ESD registry as an AR of an account 2. Go to "ESD ARs" tab and add a new AR to the account. Submit the task 3. Login as ESD CA and go to task list to approve the task 4. Repeat the above test for "ESD AARs" tab and add a new AAR to the account 5. Ensure that the new AR / AAR has been added to the account  Scenario 2 1. Login to ESD registry as an AAR of an account 2. Go to "ESD ARs" tab 3. Ensure that you cannot see the "Add ESD AR" button  Scenario 3 1. Login to ESD registry as an AR of an account 2. Go to "ESD ARs" tab and select an AR	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>3. Click on replace button and select a new AR. Submit the task</p> <p>4. Login as ESD CA and go to task list to approve the task</p> <p>5. Repeat the above test for "ESD AARs" tab and replace an AAR</p> <p>5. Ensure that the new AR / AAR has been replaced to the account</p> <p>Scenario 4</p> <p>1. Login to ESD registry as an AAR of an account</p> <p>2. Go to "ESD ARs" tab</p> <p>3. Ensure that you cannot see the "Replace" button</p>	
ESD AR user can see details of suspended account as well as suspension reason	ESD AR user can see details of suspended account as well as suspension reason	<p>1. Log in as ESD CA and suspend an account</p> <p>2. As ESD CA ensure that you can see the links "View Details", "Restore" and "Suspension reason"</p> <p>3. Log in as AR/AAR of suspended account and display Account list</p> <p>4. Ensure that you cannot see the links "View Details", "Restore" and "Suspension reason"</p>	PASSED
ESD Compliance Dashboard - Account Identifier should not be a link for SUSPENDED account and user is AR/AAR	ESD Compliance Dashboard - Account Identifier should not be a link for SUSPENDED account and user is AR/AAR	<p>Scenario 1</p> <p>1. Login as ESD CA to ESD registry and find a suspended account or select to suspend an account</p> <p>2. Go to ESD Compliance dashboard</p> <p>3. Ensure that at the suspended account's identifier there is a link</p> <p>4. Click on the link of suspended account and ensure it is active</p> <p>Scenario 2</p> <p>As AR/AAR of the suspended account:</p> <p>1. Login to ESD registry as an ESD AR of the suspended account</p> <p>2. Go to ESD Compliance dashboard</p> <p>3. Ensure that at the suspended account's identifier there is NOT a link.</p> <p>4. Repeat the above test as an AAR of the suspended account</p>	PASSED
ESD Entitlements - Propose transaction from account with NO AAR, AAR is supposed to sign ??	ESD Entitlements - Propose transaction from account with NO AAR, AAR is supposed to sign ??	<p>1. Login as ESD AR and go to ESD Entitlements screen</p> <p>2. Ensure that you can Propose Transaction</p> <p>3. Select an ESD account of the MS and Suspend all ESD AARs of the account</p> <p>4. As ESD AR go again to ESD Entitlements screen</p> <p>5. Ensure that the proposal link is not visible when the user is an AR of the account and the account does not have any enrolled AARs.</p>	PASSED
ESD Entitlements - Transaction Proposal enabled for user who is not AR/CA of account + Red screen when transaction proposed	ESD Entitlements - Transaction Proposal enabled for user who is not AR/CA of account + Red screen when transaction proposed	<p>1. Ensure that in a MS you have the same ESD AR in two accounts (for example BG 2013 and BG 2017)</p> <p>2. Login as the ESD AR and go to ESD Entitlements Screen.</p> <p>3. Ensure that you can see all accounts of the same MS but the "Propose Transaction" link only to the account that you are as ESD AR</p> <p>4. As ESD CA suspend an account of the ESD AR</p> <p>5. Login as the ESD AR and go to ESD Entitlements Screen.</p> <p>6. Ensure that you can not see the "Propose Transaction" link of the suspended account</p> <p>7. Restore the suspended account.</p> <p>8. Ensure that the ESD AR is able to see the "Propose Transaction" link at ESD Entitlements Screen.</p> <p>9. Select to suspend the ESD AR of an account</p> <p>10. Login as the ESD AR and go to ESD Entitlements Screen.</p> <p>11. Ensure that you can not see the "Propose Transaction" link of account that the ESD AR has been suspended</p> <p>12. Restore the suspended ESD AR.</p> <p>13. Ensure that the ESD AR is able to see the "Propose Transaction" link at ESD Entitlements Screen.</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
<p>Corrections in ESD Parameters page</p>	<p>ESD Parameters - there is no way to change EU_PARTY_ACC_IDENTIFIER_FOR_NON_KP_MS value via GUI</p>	<p>Regression incoming CER from KP PHA to ESD</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. I setup EU-296 as (incoming) PHA for MT</li> <li>2. I give 100 limit1 to MT-2014 account for ESD</li> <li>3. I set dates so that we are now between balance date and compliance status date</li> <li>4. I connect as NA to EU and navigate to 296 PHA</li> <li>5. The transaction type "Transfer to ESD" appears</li> <li>6. I enter a KP transfer and approve as another CA</li> <li>7. Transfer is completed and target account balance is increased; Limit1 is decreased.</li> </ol> <p>Please also refer to tab "ESD Parameters regression tests"</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as ESD-CA and navigate to ESD Parameters screen</li> <li>2. Select MS=CY</li> <li>3. Select KP PHA Registry = Bulgaria, identifier = 999</li> <li>4. Click Save</li> <li>5. Ensure it is saved via the query "select * from esd_parameter where esd_member_state = 'CY';"</li> <li>6. Update KP PHA Registry = European Union, identifier = 111</li> <li>7. Click Save</li> <li>8. Ensure it is saved via the same query</li> </ol> <p>Repeat for MT.</p> <p>Repeat for FR.</p>	<p>PASSED</p>
<p>ESD Parameters - user cannot set European Union value as KP Party Holding Account Registry parameter</p>	<p>ESD Parameters - user cannot set European Union value as KP Party Holding Account Registry parameter</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as ESD-CA and navigate to "Modify ESD Parameters"</li> <li>2. Select MS = 'CY' and provide KP PHA Registry = "European Union" and KP PHA identifier = 12</li> <li>3. Click Save</li> <li>4. Execute the query "select * from esd_parameter where esd_member_state = 'CY';" and ensure the provided values are persisted.</li> </ol> <p>Repeat the same steps for FR, MT, GR.</p>	<p>PASSED</p>
<p>ESD Task List for ESD-AR: shows submitted transfer AEA but not submitted transfer entitlement</p>	<p>ESD Task List for ESD-AR: shows submitted transfer AEA but not submitted transfer entitlement</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ensure that ESD-ARs have the permissions : "ERM_ESD_TR_ENT_APPROVE" &amp; "PERM_ESD_AEA_TRANSFER_APPROVE"</li> <li>2. Connect as ESD-AR of an ESD account.</li> <li>3. Go to "Holdings" tab and submit one transfer AEA</li> <li>4. Go to ESD- ESD Entitlements and submit one transfer entitlement</li> <li>5. Go to task list -as the initiator AR- and ensure that you can see and reject the tasks "Approve Transaction Request" for transfer AEA &amp; "Approve ESD Entitlements Transaction Request" for transfer entitlement</li> <li>6. Login as an other ESD AR of the account and go to task list. Ensure that you can only see the tasks.</li> </ol>	<p>PASSED</p>
<p>ESD parameters page gets locked when empty Abatement Factor (and others) is saved</p>	<p>ESD parameters page gets locked when empty Abatement Factor (and others) is saved</p>	<p>Flow #1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1. Log in to ESD as NA</li> <li>1.2. Go to ESD Parameters</li> <li>1.3. Remove value from Abatement Factor field</li> <li>1.4. Click [Save]</li> <li>1.5. Ensure an error message appears forbidding saving with null abatement factor</li> </ol> <p>Flow #2</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1. Log in to ESD as NA</li> </ol>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		2.2. Go to ESD Parameters 2.3. Choose member state which has "Carry-forward AEA limit" and "Transfer AEA limit" values set 2.4. Remove value from "Carry-forward AEA limit" field 2.5. Change value in "Transfer AEA limit" field 2.6. Click [Save] 2.7 Ensure saving is forbidden without a value in "Carry-forward AEA limit" and in "Transfer AEA limit".	
ETS account management: "View suspension reason" should only be visible to roles that have permission PERM_ACC_SUSP_REST	ETS account management: "View suspension reason" should only be visible to roles that have permission PERM_ACC_SUSP_REST	<<all permissions of account search screen should be regressed>>  Scenario 1 1. Login as NA of a registry 2. Ensure that only NA and SD Agent have the role "Suspend or unsuspend account (PERM_ACC_SUSP_REST)" 3. Search for a suspended account or suspend an account and enter Suspension reason. 4. Ensure that NA is able to see and click on the "Suspension reason" link. 5. Repeat the above test for SD Agent. 6. Ensure that SD Agent is able to see and click on the "Suspension reason" link.  Scenario 2 1. Log in as one of the ARs for that account (making sure you do not have any admin privileges) 2. Ensure that you cannot see the "Suspension reason" link. 3. Repeat the above test as AAR of the suspended account 4. Ensure that you cannot see the "Suspension reason" link.	PASSED
EUTL - CP1 credits ineligible after 31 March 2015	EUTL - CP1 credits ineligible after 31 March 2015	1. Set the parameter ets.last.allowed.date.cp1 to a future date; this is in eucr-configuration.properties 2. Set in EUTL database table EUTL_PARAMETERS, parameter name "cp1_ineligible_date" to a past date 3. Connect as NA in ETS and locate an account with CER or ERU in CP1 4. Propose a transfer of CP1 units towards ETS; approve it 5. Ensure that transaction is TERMINATED with response code "7657: CP1 units are no more eligible" 6. Propose a transfer of CP1 units towards Japan. Approve it. Ensure it remains in status PROPOSED (this is normal, expecting for an approval from Japan) 7. Propose a transfer of CP1 units towards another PHA. Approve it. Ensure the check 7657 is not generated.	PASSED
EUTL Public - If VE are missing for an unexcluded year and Compliance Status is C, Emissions should be shown as "Not Reported" and Cumulative Emissions should be "Not Calculated"	EUTL Public - If VE are missing for an unexcluded year and Compliance Status is C, Emissions should be shown as "Not Reported" and Cumulative Emissions should be "Not Calculated"	1. Select an OHA or AOHA without VE and Compliance Status = C. 2. Login to EUTL Public 3. Go to ETS - Operator Holding Accounts and search for the account 4. Click on "Details - Current Period " link. 5. Ensure that you can see at "Verified Emissions " column the value " Not Reported" at the "Total verified emissions*** " column the value "Not Calculated" 6. Press History. 7. Ensure that under the column "Cumulative Verified Emissions" the value "Not Calculated" is displayed  1. Link to EUTL public 2. From ETS - Operator Holding Accounts search for an OHA or AOHA with Compliance Status = C. 3. Go to ETS-Allocation Compliance. Select Registry of OHA/AOHA of step 2 and Second Commitment period. 4. Click on the proper year link 5. Enter the installation identifier of OHA/AOHA from step 2. 6. Ensure the value "Not Calculated " is shown under column "Total verified emissions"	PASSED
Enable retirement from an AAU deposit account	Enable retirement from an AAU deposit account	1. Select a registry with balance at the ETS AAU deposit account. 2. Click on "View Details" link and go to "Holdings" tab	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Entitlement Transfer to Closed Account	Entitlement Transfer to Closed Account	<p>3. Click on "Propose a transaction" button</p> <p>4. Ensure that at the "Transaction selection" screen you can see the "Retirement" link.</p> <p>5. Make sure that the Retirement link is active.</p> <p>Scenario 1</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login to ESD registry and search for an account in status "Closed"</li> <li>2. Go to ESD Entitlements and select to Propose Transaction for a different account than the account with "Closed" status</li> <li>3. At the "Credit Entitlement Transaction" screen select "Transfer" and search for the account in "Closed" status.</li> <li>4. Ensure that the data of "Closed" account does not appear for selection</li> <li>5. Repeat the above test for Transaction type: Carry-over</li> </ol> <p>Scenario 2.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login to ESD registry and search for an account in status "Blocked" or "Open" (for ex. GR 2015)</li> <li>2. Go to ESD Entitlements and select to Propose Transaction for a different account than the account with "Blocked" status (For ex. FR 2013)</li> <li>3. At the "Credit Entitlement Transaction" screen, select "Transfer" to the previous account in "Blocked" or "Open" status.</li> <li>4. Enter a quantity to transfer and click on "Next" button</li> <li>5. System displays the information message: "Your ESD Entitlements transfer proposal has been recorded and assigned the identifier EDxxx. The transaction request with id xxxxx has been submitted for approval."</li> <li>6. Do not approve the task.</li> <li>7. Go to Accounts and search for the Blocked account (GR 2015)</li> <li>8. Close the account and approve the account closure task</li> <li>9. Ensure that the account (GR 2015) is in closed status.</li> <li>10. Go to task list and approve the previous "Approve ESD Entitlements Transaction Request".</li> <li>11. Go to ESD -ESD Entitlement Transaction and search for the request</li> <li>12. Ensure that ESD Entitlements Transfer is in status "5-Terminated" .</li> <li>13. Click on Transaction Id link and go to "Response Codes" tab.</li> <li>14. Ensure that you can see the Response code : "7833 Acquiring account should not be CLOSED"</li> <li>15. Repeat the above test for Transaction type: Carry-over</li> <li>16. Ensure that the ESD Entitlements Carry Over Terminated with response code: "7833 Acquiring account should not be CLOSED"</li> </ol>	PASSED
ITL does not reply back to the registries if the transactions sent are more than 3.000 unit blocks. For this one we should implement an EUCCR check to prevent the initiation of such transaction.	ITL does not reply back to the registries if the transactions sent are more than 3.000 unit blocks. For this one we should implement an EUCCR check to prevent the initiation of such transaction.	<p>Scenario #1: More than ITL limit across one unit type</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Set the configuration parameter <code>itlIntegrationSettings.maxTransactionUnitBlocks = 10</code></li> <li>2. Locate an account with more than 10 unit blocks via the query:  <code>select account_id, unit_type, count(*) , sum(end_ - start_ + 1) quantity</code>  <code>from unit_block</code>  <code>group by account_id, unit_type</code>  <code>order by 3 desc, 1, 2;</code> </li> <li>2. Connect as NA and locate this account</li> <li>3. Propose a transfer of units for a quantity spanning more than 10 unit blocks</li> <li>4. Click on "Submit"</li> <li>5. Sign in via ECAS</li> <li>5. The system presents a message: "Check 80002: The amount requested exceeds the maximum number of blocks (10) accepted by ITL in a single transaction."</li> <li>6. Ensure the message presents quantities whose total quantities sum up to the quantity entered in step [3].</li> </ol> <p>Scenario #2: Equal to ITL limit across many unit types</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Set the configuration parameter <code>itlIntegrationSettings.maxTransactionUnitBlocks = 3</code></li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Implement solution that links the KP account to which ESD accounts transfer KP units to MS, not to Year and MS	Implement solution that links the KP account to which ESD accounts transfer KP units to MS, not to Year and MS	<p>TEST CASES</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Locate an account with 3 unit types (e.g. CER, RMU, ICER)</li> <li>3. Enter a transfer of 1+1+1 units across each of the types</li> <li>4. Ensure the proposal is successfully submitted.</li> <li>5. Ensure the proposal can be approved and completed normally</li> </ol> <p>Scenario #3: Less than ITL limit across many unit types</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Repeat scenario #2 but enter 1+1 units across two unit types</li> <li>2. Ensure the proposal is successfully proposed and completed</li> </ol> <p>Scenario #4: More than ITL limit across many unit types</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Repeat scenario #2 but enter 1+1+1+1 units across four unit types</li> <li>2. Ensure the error message "Check 80002: The amount requested exceeds the maximum number of blocks (3) accepted by ITL in a single transaction." appears after signature, along with valid transaction requests.</li> </ol> <p>Scenario #5: Less than ITL limit across one unit type</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Repeat scenario #1 entering quantity in step 3 less than 10.</li> <li>2. Ensure the request is submitted normally and, after approval, is completed.</li> </ol> <p>NOTICE: All transaction types that go through ITL must be tested.</p> <p>As a rule consider any transaction that:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* is NOT internal (10-xx),</li> <li>* is NOT any Issuance of Allowances,</li> <li>* or is between different account types.</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect to ESD as ESD-CA</li> <li>2. Navigate to Modify ESD parameters</li> <li>3. Select MS='CZ'</li> <li>4. Set values for KP Party Holding Account Registry and KP Party Holding Account Identifier</li> <li>5. Save the values</li> <li>6. Execute the query: select * from esd_parameter where esd_member_state = 'CZ';</li> <li>7. Ensure that for parameters: COMPL_PARTY_ACC_HOST_REG EU_PARTY_ACC_IDENTIFIER_FOR_NON_KP_MS COMPL_PARTY_ACC_IDENTIFIER the value of ESD_YEAR is 9999.</li> <li>8. Ensure that for other parameters the value of ESD_YEAR is not 9999.</li> </ol> <p>Repeat for MT, CY, IT, FR.</p>	PASSED
Incorrect tool tip for excluded Aircraft Operator in Allocation Phase 3 list	Incorrect tool tip for excluded Aircraft Operator in Allocation Phase 3 list	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Go to EU ETS - Allocation Phase 3</li> <li>3. Go to Aircraft Operators tab</li> <li>4. Check the text in tool tip for excluded Aircraft Operator</li> <li>5. Ensure that you can see the text "Allocation disabled because aircraft operator is excluded for year (YYYY)". Where YYYY is the allocation year</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Installation Details empty on Account Opening request	Installation Details empty on Account Opening request	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Request Account Opening for OHA &amp; AOHA</li> <li>2. In the Task List verify that the Installation tab is not empty</li> </ol>	PASSED
Lack of order with displaying "Transfer to year" drop-down list while Transferring AEA units	Lack of order with displaying "Transfer to year" drop-down list while Transferring AEA units	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login to ESD registry as ESD CA</li> <li>2. Propose creating account for one MS, from 2013 up to 2020.</li> <li>3. While approving, pick random order like: 2018, 2014, 2020, 2015, 2017, 2016.. etc..</li> <li>4. From other account with balance propose AEA transfer to MS, open drop-down list: "Transfer to year"</li> <li>5. Make sure the years are ordered correctly</li> </ol>	PASSED
Modify ESD Parameters - fix validation message for the various fields	Modify ESD Parameters - fix validation message for the various fields	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as CA in ESD registry</li> <li>2. Go to ESD- Modify ESD parameters</li> <li>3. At the "Abatement Factor" field enter letters and symbols</li> <li>4. System displays the error message: "the value provided must be numeric."</li> <li>5. Enter more than two fractional digits</li> <li>6. System displays the error message: "Only two fractional digits are allowed in abatement factor"</li> </ol>	PASSED
New Check for Allocations against YLE/PRD	New Check for Allocations against YLE/PRD	<p>Scenario #1: Submit allocation and change YLE from EUCL screen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prepare and upload an allocation XML; upload in EUCL and EUTL</li> <li>2. Tick allocation for an included installation; approve the allocation</li> <li>3. Update via account=&gt;installation screen the YLE to a value earlier than the allocation year of step [2].</li> <li>4. At next job execution: Ensure a transaction request is not generated because it is stopped by EUCL</li> </ol> <p>Scenario #2: Submit allocation and change YLE from EUTL database</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Repeat step 1 of scenario #1</li> <li>2. Repeat step 2 of scenario #1</li> <li>3. Update the YLE in EUTL via the query: update installation set year_of_last_emissions = 2013 where installation_identifier = &lt;&lt;installation_identifier&gt;&gt; and registry_code = 'F';</li> <li>4. Ensure that at the next job invocation, the allocation transaction towards the specific account is generated, by logging in EU Registry.</li> <li>5. Ensure the transaction is TERMINATED with error code 7229.</li> </ol>	PASSED
This is partial implementation of TST-619, which will be completed in the next EUCL release.	replace ESD eligibility icons with text	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ensure that in ESD registry the Current Phase within Compliance Cycle is "Between Balance Calculation and Compliance Status Calculation"</li> <li>2. Login to a registry and search for a Party HA relates to ESD MS</li> <li>3. Click on "View Details" link</li> <li>4. Go to "Holdings" tab.</li> <li>5. Ensure that at the table of the screen the iconic representation like "moon" has been removed and that at the "ESD Eligibility" column you can see the values "Limit 1" and / or "Limit 2" and /or "Limit 1 + "Limit 2".</li> <li>6. Click on "Propose a transaction" button</li> <li>7. At the Transaction selection screen "Transfer of ERU, CER, ICER and tCER to ESD Compliance Account"</li> <li>8. At the Transfer credits to ESD compliance account screen ensure that at the column "Eligible for ESD" you can see the values "Limit 1" and / or "Limit 2" and /or "Limit 1 + "Limit 2".</li> <li>9. Enter a quantity to transfer and click on "Next" button</li> <li>10. Ensure that at the "Transfer Confirmation" pop up you can see the values "Limit 1" and / or "Limit 2" and /or "Limit 1 + "Limit 2".</li> </ol>	PASSED
Problem with actions in Modify ESD Parameter page	Problem with actions in Modify ESD Parameter page	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect to ESD as ESD-CA</li> <li>2. Navigate to "Modify ESD Parameters"</li> <li>3. Click "Save" without changing anything</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>4. Ensure the message "There is no change on your submit request" appears</p> <p>5. Change abatement factor to "1.99" and click "Save"</p> <p>6. Ensure the messages "There exists a pending request for modifying the ESD Parameters, page in view only mode" and "Updated values have been submitted to EUTL for approval" appears at the top of the screen</p> <p>7. After 2 minutes re-visit the page and ensure the messages do not appear any more</p> <p>8. Perform the following query in EUTL and ensure the value "1.99" appears: 'select * from esd_parameters where name like 'ABAT%';</p> <p>9. Set MS = "AT", KP PHA Registry = "Bulgaria", KP PHA Identifier = "999" and click Save.</p> <p>10. Ensure the message "KP Party Holding Account Identifier values have been saved." appears</p> <p>11. Select MS = "AT" and check the other values entered during step [9] appear on the screen.</p> <p>12. Select MS = "AT" and year = 2020 and set Carry-forward limit = 2 and Transfer AEA limit = 2 and click 'Save'.</p> <p>13. Ensure the messages "There exists a pending request for modifying the ESD Parameters, page in view only mode" and "Updated values have been submitted to EUTL for approval" appear.</p> <p>14. After 2 minutes re-visit the page and ensure the messages do not appear any more</p> <p>15. Perform the following query in EUTL and ensure the entered values during step [13] have been stored: select * from esd_parameters where esd_registry='AT';</p> <p>16. Select MS: CY, KP Party Holding Account Registry: European Union, KP Party Holding Account Identifier: 5000280. Click [Save] button. Ensure the messages "KP Party Holding Account Identifier values have been saved" appears</p> <p>17. Select a MS with data in all fields. At the field "KP Party Holding Account Registry" select "--Select a country--" and click on save button. Ensure that the field "KP Party Holding Account Identifier" become empty and then system displays the message: "KP Party Holding Account Identifier values have been saved."</p> <p>18. Select a MS and Set Abatement Factor value to 0.99 Click "Save". The system displays the error message: "The value of Abatement Factor should be greater or equal to: 1.00." Set Abatement Factor value to 1.99 Click "Save". The system displays the message: "Updated values have been submitted to EUTL for approval"</p> <p>&lt;&lt;TO ATTACH LARGE EXCEL WITH 100 TEST CASES&gt;&gt;</p>	
Red Box error while clicking Save button in ESD Parameter Page with no data selected	Red Box error while clicking Save button in ESD Parameter Page with no data selected	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as CA in ESD registry</li> <li>2. Go to ESD- Modify ESD parameters</li> <li>3. Click on "Save" button without selecting or entering a value</li> <li>4. Ensure that system displays the message: "There is no change on your submit request."</li> <li>5. If there is a value at "Abatement Factor" field delete it and click on "Save" button</li> <li>6. Ensure that system displays the message: "Abatement Factor: Validation Error: Value is required."</li> </ol>	PASSED
Refresh button in ESD Compliance Dates page is not working - for ESD SDAgent user	Refresh button in ESD Compliance Dates page is not working - for ESD SDAgent user	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as user with ESD SD Agent role to ESD registry</li> <li>2. Go to ESD Compliance Dates page</li> <li>3. Ensure that Refresh button is available and works properly when clicking on it.</li> </ol>	PASSED
Open/blocked status not-recalculated when excluding accounts.	Open/blocked status not-recalculated when excluding accounts.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Find an OHA with YFE 2013 but no 2013 emissions and check it is blocked</li> <li>2. Go to the Compliance page</li> <li>3. Tick the "Exclude" box for 2013</li> <li>4. Go back to the Account Search and look for the account again.</li> <li>5. Ensure that the status of the account is "Open"</li> <li>6. Un-exclude 2013 and click on "Save" button</li> <li>7. Ensure that the status of the account is "Blocked"</li> </ol>	PASSED
Alignment between Dynamic Compliance Status and Account Status in EU CR	Alignment between Dynamic Compliance Status and Account Status in EU CR	<p>Detailed excel of Test Cases is attached in SDB-2680</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. An account does not have emissions for a year it should =&gt; becomes C =&gt; becomes blocked</li> <li>2. An account has all emissions but less surrenders =&gt; becomes B =&gt; becomes open</li> <li>3. An account has all emissions but equal or more surrenders =&gt; becomes A =&gt; becomes open</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Show Unit Block management screen for ESD and add details	Show Unit Block management screen for ESD and add details	<p>Test exclude-unexlude Test YFE, YLE</p> <p>Scenario #1: Test unit block management page in ESD</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as ESD-CA and navigate to administration=&gt;unit blocks; ensure columns ESD used and ESD eligibility columns are added as rightmost columns.</li> <li>2. Ensure the presented data correspond to the rows returned from the query: select * from unit_block where account_id in (select account_id from account where registry_code=ED');</li> <li>3. Test search functionality by searching for unit types, ranges and other screen fields.</li> <li>4. Test export functionality via the same fields.</li> <li>5. Test sorting functionality by clicking on all columns.</li> <li>6. Click on a unit block record and edit/suspend/restore the record.</li> </ol> <p>Scenario #2: Test unit block management page in IT</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as NA in Italian registry</li> <li>2. Repeat all steps of scenario #1 for Italian registry</li> </ol>	PASSED
Suspended user can see account details and gets unrecoverable error on transaction proposal	Suspended user can see account details and gets unrecoverable error on transaction proposal	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login to ESD as AR of an account. Do not leave the page.</li> <li>2. From an other browser login to ESD as CA and suspend the above AR user in his account</li> <li>3. Go to the browser that you have login as ESD AR and search for the account for which this user was suspended (clicking on "Search" button)</li> <li>4. Ensure that suspended ESD AR cannot see the account at the ESD Compliance Accounts list. After the AR/AAR gets suspended he'll loose access to the particular account almost instantly (which might lead to a 404 error on his next click)</li> </ol>	PASSED
There is no displayed Transaction ID in ESD Task List for Entitlement Transactions	There is no displayed Transaction ID in ESD Task List for Entitlement Transactions	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login to ESD registry as ESD CA or ESD AR and Propose an Entitlement transaction</li> <li>2. Go to task list and search for the "Approve ESD Entitlements Transaction Request" task</li> <li>3. At the "Filter results" table ensure that at the column "Transaction Id" you can see the correct value.</li> </ol>	PASSED
Task - user who approved/rejected a task disappears	Task - user who approved/rejected a task disappears	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in as AR</li> <li>2. Claim and approve a task; note the request Id</li> <li>3. Submit an un-enrolment request as this user</li> <li>4. Connect as NA</li> <li>5. Navigate to Task History</li> <li>6. Navigate to the request with Id as noted in step 2</li> <li>7. Ensure the task claimant on this request remains the user from step 1</li> </ol>	PASSED
Task List - Search & Export - Wrong description	Task List - Search & Export - Wrong description	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a registry</li> <li>2. Go to task list at "Exclusive Task List" and click on "Search &amp; Export" button</li> <li>3. Check the description.</li> <li>4. Ensure that you can see correct data</li> <li>5. Go to "General Task List" tab and click on "Search &amp; Export" button</li> <li>6. Check the description.</li> <li>7. Ensure that you can see correct data</li> <li>8. Go to "History" tab and click on "Search &amp; Export" button</li> <li>9. Check the description.</li> <li>10. Ensure that you can see correct data</li> <li>11. Login as AR or/and as AAR</li> <li>12. Go to Task list and click on "Filter &amp; Export" button</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		13. Check the description. 14. Ensure that you can see correct data 15. Go to "History" tab and click on "Search & Export" button 16. Check the description. 17. Ensure that you can see correct data	
The amendment table should not appear for the NAT Tab of allocation tables phase 3	The amendment table should not appear for the NAT Tab of allocation tables phase 3	1. Login as NA of a registry 2. Go to EU ETS - Allocation Tables Phase 3 3. Go to "National Allocation Table" 4. Ensure that you cannot see the table "Amendments". 5. Go to "National Aviation Allocation Table" 6. Ensure that you can see the table "Amendments" at the end of the screen.	PASSED
Unrecoverable error while trying to do KP transfer to non-existing account	Unrecoverable error while trying to do KP transfer to non-existing account	1. Log in to MS as NA 2. Display PHA account with eligible KP units 3. Propose KP transfer to non-existing account (but with valid account number; you can accomplish this by temporarily changing account identifier of another account to 9999 in EU CR and EU TL, and send the transaction to that account) 4. System displays an error message: 7020: The specified account identification does not exist in the acquiring registry 5. Restore back the change to the account identifier described in step [2]. 6. Propose a transfer to that account 7. Ensure the transfer is properly proposed, approved and respective transaction is completed.	PASSED
View Details link not working	View Details link not working	1. Login as NA to a registry 2. Search for AOHA accounts 3. Click the ">" button to navigate to the last page of the results 4. Click on the "<<" button to go to the previous page 5. Click the "View Details" link of any account on that page 6. Ensure that you can see the details of the AOHA account 7. Repeat the above test for OHAs account	PASSED
Wrong number of "rows found" displayed in NAT an NAAT	Wrong number of "rows found" displayed in NAT an NAAT	1. Log in to a MS as NA 2. Go to Allocation Table Phase 3 3. At National Allocation Table tab check that you can see correct number at "rows found" field 4. Repeat the above test for National Aviation Allocation Table tab 5. Ensure that system displays correct number at "rows found" field	PASSED
NAs cannot complete "Send Enrolment Keys Task"	Three NAs were needed in order to approve/enrol a user and send enrolment keys; this is now fixed and two NAs are needed for such processes.	Scenario A: Add user as AR - NA1 sends keys A1. Connect as NA and locate the URID of a REGISTERED user A2. Navigate to an OPEN OHA and add the user of step [A1] A3. Connect as NA1 and approve the task A4. Ensure that after 1 minute NA1 has a "Send enrolment keys" task for the specific user. A5. Ensure NA1 can claim and approve the task A6. Ensure the registered user of step A1 is now VALIDATED A7. Ensure the user is indeed added on the specific account  Scenario B: Add user as AR - NA sends keys B1. Repeat steps A1-A4. B2. Ensure that after 5 minutes NA1 has a "Send enrolment keys" task for the specific user.	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Revision of the Czech translation	Translation issue	<p>B3. Connect as another NA. Ensure NA can claim and approve the task</p> <p>B4. Ensure the registered user of step A1 is now VALIDATED.</p> <p>B5. Ensure the user is indeed added in the specific account</p> <p>Scenario C: Open account and appoint user</p> <p>C1. Create a new account and appoint as AR one REGISTERED user</p> <p>C2. Approve the account opening as NA</p> <p>C3. As the same NA ensure a task "Send enrolment keys" is created</p> <p>C4. Claim and approve the task</p> <p>C5. Ensure the account is created and the user is in VALIDATED status</p> <p>Repeat the above scenarios for adding AAR.</p> <p>Repeat the above scenarios for replacement of existing AR/AAR with another user who is REGISTERED. Ensure the user is finally VALIDATED and the user indeed replaced the appropriate user on the account.</p>	PASSED
Empty Error after adding closed account to TAL list	When attempting to add a CLOSED account to a TAL, an empty error box appeared; this is now fixed	<p>A. Add CLOSED account to another account's TAL</p> <p>A1. Get Account number of holding account which is CLOSED</p> <p>A2. Go to another OPEN holding account</p> <p>A3. Add closed account into TAL list of holding account</p> <p>A4. Ensure the message "80207: The account EU-100-320-0-80 is closed." appears and the TAL addition cannot be submitted.</p> <p>Repeat for BLOCKED account in step A2.</p> <p>B. Attempt to add non existing account</p> <p>Repeat scenario A but enter a non-existing account</p> <p>Ensure the message "80206: The specified account number EU-100-655454545-0-89 does not exist in the registry." and the TAL addition cannot be submitted.</p> <p>C. Attempt the add account with wrong check digits</p> <p>Repeat scenario A but enter a existing account and wrong check digits</p> <p>Ensure the message "80203: The account number is invalid with respect to its check digits. Check digits cannot be provided for non-ETS accounts."</p> <p>D. Negative scenario - TAL addition works normally for adding OPEN account</p> <p>Repeat scenario A but choose an OPEN account to add.</p> <p>Ensure account is added normally to the TAL.</p>	PASSED
ESD Entitlements Transactions: Transferring ESD Account Year and Acquiring ESD Account Year cleared after search is performed	Search presentation issue in ESD transactions	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log to ESD as CA</li> <li>2. Go to ESD - ESD Entitlements Transactions</li> <li>3. Select values for Transferring ESD Account Year and Acquiring ESD Account Year</li> <li>4. Click "Search" button</li> <li>5. Ensure that you can see correct data at the "ESD Entitlements Transactions" table. At filters "Transferring ESD Account Year" and "Acquiring ESD Account Year" , system displays the pre-selected values</li> </ol>	PASSED
No user names in Representative drop down list when creating account for existing holder	Account opening presentation issue, enriching screen objects	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to MS as NA</li> <li>2. Go to Accounts - Account request</li> <li>3. Choose "Account Holder is already recorded in the registry"</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Incorrect warnings when saving ESD parameters	Incorrect warnings when saving ESD parameters	<p>4. Provide Account Holder ID (NA must NOT be related to this holder)</p> <p>5. Click Next</p> <p>6. At the "Account Opening - Authorised Representative Information" choose the option " Representative is already related to the Account Holder"</p> <p>7. At the field "Representative" open the drop down list.</p> <p>8. Ensure that you can see the URIDs and the names of the Representatives</p> <p>9. Choose Authorised Representatives and go to "Account Opening - Additional Authorised Representative Information"</p> <p>10. Choose the option " Representative is already related to the Account Holder"</p> <p>11. At the field "Representative" open the drop down list.</p> <p>12. Ensure that you can see the URIDs and the names of the Representatives</p> <p>Log in to ESD as CA and go to ESD/Modify ESD parameters</p> <p>Scenario 1</p> <p>1.1 Select any MS and any Year.</p> <p>1.2 Remove value from "Transfer AEA limit" field and click [Save]</p> <p>1.3 System displays the error message: "Transfer AEA limit: Validation Error: Value is required."</p> <p>Scenario 2</p> <p>2.1 Type value 3333.00 in "Abatement Factor" field and click [Save]</p> <p>2.2 System displays the error message: "Abatement factor must be a decimal number with up to 3 digits as integer part and up to 2 digits as fractional part."</p> <p>Scenario 3</p> <p>3.1 Select any MS and any "KP Party Holding Account Registry"</p> <p>3.2 At the "KP Party Holding Account Identifier" try to type a value &gt; of 15 digits.</p> <p>3.3 Ensure that system doesn't allow you to type more than 15 digits.</p> <p>Scenario 4</p> <p>4.1 Select any MS and any Year.</p> <p>4.2 Type 0 in "Carry-forward AEA limit" field and click [Save]</p> <p>4.3 System displays the error message: "Carry-forward AEA limit must be a positive integer up to 7 digits long.</p> <p>4.4 Repeat steps for "Transfer AEA limit"</p> <p>4.5 System displays the error message: "Transfer AEA limit must be a positive integer up to 7 digits long."</p>	PASSED
Contents of Administration menu are not scaled properly under Chrome	Graphical issue, concerning Administration menu under Chrome browser	<p>1. Clear browser cache</p> <p>2. Log in as NA</p> <p>3. Navigate to "Administration" menu</p> <p>4. Try to move the browser window in various positions and sizes</p> <p>5. Ensure the vertical scroll-bar does not appear in the "Administration" menu</p>	PASSED
There is no "Approve ESD Entitlements Transaction Reversal Request" in Task name filter	There was no "Approve ESD Entitlements Transaction Reversal Request" in Task name filter; this is now fixed	<p>1. Log in to ESD as CA</p> <p>2. Make sure there is at least one "Approve ESD Entitlements Transaction Reversal Request" task pending approval</p> <p>3. Go to Task list / Exclusive Task List</p> <p>4. At the field "Task name" open the drop down list and ensure that you can see the option "Approve ESD Entitlements Transaction Reversal Request".</p> <p>5. Select the option "Approve ESD Entitlements Transaction Reversal Request" and click on "Search" button</p> <p>6. Ensure that the system displays correct data</p>	PASSED
No possibility to filter Unit Blocks in ESD by Holding Account Type	Searching of unit blocks is optimised under ESD to	<p>1. Login to ESD as CA.</p> <p>2. Go to Administration - Unit Blocks.</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
	included holding account type.	3. At the Search Criteria go to "Holding account Type" field and open the drop down list 4. Ensure that you can see the options: EU AEA Total Quantity Account ESD Deletion Account ESD Compliance Account 5. Try to filter Unit Blocks by Holding Account Type 6. Ensure that you can see correct data.	
Problem with filtering Unit blocks in ETS-EUCR by Holding Account Type	Searching of unit blocks is optimised under ETS to included holding account type.	1. Login as NA of a registry 2. Go to "Administration" -"Unit Blocks" 3. Click on Search button and check how many results are displayed 4. At the field "Holding account Type" open the drop-down list and select "None". Consult number of results displayed (ensure that the number of rows are < 500) 5. From the above drop down list select KP accounts. Consult number of results displayed for each KP account. 6. Ensure that the sum of rows of all KP accounts is equal to rows of "None"	PASSED
CP1 units are not marked red after "last allowed date"	All CP1 KP units are considered as ineligible after a specified date.	1. Connect as NA. 2. Set the parameter ets.last.allowed.date.cp1 equal to 31/5/2020 3. Locate an account with CP1 CERs. 4. Ensure that the projects of the CERs of step [3] are in no list. 5. Ensure the holdings of account of step [3] all show red in holdings screen; attempt a proposal of transfer of KP units and ensure these are summed in red colour (ineligible). 6. Add some projects of step 3 in Art58(1) Negative list 7. Ensure the holdings of account of step [3] all show red in holdings screen; attempt a proposal of transfer of KP units and ensure these are summed in red colour (ineligible). 8. Remove projects from Art581(1) Negative list and add them in a positive list 9. Ensure the units appear green/eligible in holdings and propose KP transfer screens. 10. Set the parameter ets.last.allowed.date.cp1 is equal to 31/5/2013 11. Ensure the units appear red/ineligible in holdings and propose KP transfer screens.	PASSED
red box when uploading auction tables	Under a specific sequence, when uploading auction tables a red screen error appeared; this is now fixed.	Scenario 1: Upload a valid Auction xml file in EUCR 1.1 Login as CA to EU registry 1.2 Go EU ETS - Auction Tables 1.3 Select a valid Auction xml file (General and / or Aviation Allowance) and click on "Import" button 1.4 At the "Auction table changes confirmation" pop up check the data and click on "Confirm" button. 1.5 System displays the information message: "The auction table has been imported." 1.6 Check the "Details" table and ensure that you can see correct data. 1.7 Repeat the above test for Update and Delete valid Auction xml  Scenario 2 Negative: Click on "Import" button without selecting xml file 2.1 Login as CA to EU registry 2.2 Go EU ETS - Auction Tables 2.3 Click on "Import" button without selected a xml file 2.4 System displays the error message: "A file is required"  Scenario 3 Negative: Cancel the import of an Auction Table 3.1 Login as CA to EU registry	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>TEST CASES</p> <p>3.2 Go EU ETS - Auction Tables</p> <p>3.3 Select a valid Auction xml file (General and / or Aviation Allowance) and click on "Import" button</p> <p>3.4 At the "Auction table changes confirmation" pop up check the data and click on "Cancel" button.</p> <p>3.4 Ensure that the Auction xml file has not been imported</p> <p>3.5 Repeat the above test for Update and Delete xml files</p> <p>Scenario 4 Negative: Attempt to upload an Auction xml file with Invalid content</p> <p>4.1 Login as CA to EU registry</p> <p>4.2 Go EU ETS - Auction Tables</p> <p>4.3 Select an Auction xml file (General and / or Aviation Allowance) with Invalid content and click on "Import" button</p> <p>4.4 System displays the error message: "The content of the XML file is invalid"</p> <p>Scenario 5 Negative: Attempt to upload an Auction xml file with Invalid format</p> <p>5.1 Login as CA to EU registry</p> <p>5.2 Go EU ETS - Auction Tables</p> <p>5.3 Select an Auction xml file (General and / or Aviation Allowance) with Invalid format and click on "Import" button</p> <p>5.4 System displays the error message: "The uploaded file is invalid."</p> <p>Scenario 6 Negative: Attempt to upload an Auction xml file with wrong extension</p> <p>6.1 Login as CA to EU registry</p> <p>6.2 Go EU ETS - Auction Tables</p> <p>6.3 Select an Auction xml file (General and / or Aviation Allowance) with wrong extension and click on "Import" button</p> <p>6.4 System displays the error message: "The uploaded file is not of the appropriate content type (text/xml)."</p> <p>Scenario 7 Negative: Attempt to upload an Auction xml file with wrong first characters in xml file</p> <p>7.1 Login as CA to EU registry</p> <p>7.2 Go EU ETS - Auction Tables</p> <p>7.3 Select an Auction xml file (General and / or Aviation Allowance) with wrong first characters in xml file and click on "Import" button</p> <p>7.4 System displays the error message: "The uploaded file is invalid. Its type does not match its extension."</p>	
Filtering Auction Tables by Auction Platform Name is not entirely working	Optimisation of auction tables search	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as CA in EU registry</li> <li>2. Go to EU ETS - Auction Tables</li> <li>3. At the "Auction Platform" field enter an existed Platform name and click on "Filter" button</li> <li>4. Ensure that you can see correct data</li> <li>5. At the "Auction Platform" field enter a wrong Platform name and click on "Filter" button</li> <li>6. Ensure that the system does not display data</li> <li>7. At the "Auction Platform" field enter a part of an existed Platform name with a * at the end and click on "Filter" button</li> <li>8. Ensure that you can see correct data</li> <li>9. Click on "Filter &amp; Export" button</li> <li>10. Ensure that you can see correct data</li> </ol>	PASSED
Auction Delivery - Search is no clearing filter criteria	Optimisation of auction delivery search	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as CA in EU registry</li> <li>2. Go EU ETS - Auction Delivery</li> <li>3. In Auction Delivery in results table there are displayed records with the years for 2013, 2014, 2015. (Filter by all years)</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>4. Click one of the records and ensure that the radio button is selected</p> <p>5. Click on "Search" button and ensure that the radio button has been deselected.</p> <p>6. Click on "Submit" button without selected a new record</p> <p>7. System displays the error message: "No Entry SelectedPlease select an entry in the auction delivery list".</p> <p>8. Repeat the above test by selecting values to filter "Year " for example select 2015</p> <p>9. Click one of the records and ensure that the radio button is selected</p> <p>10. Click on "Search" button and ensure that the radio button has been deselected, or select an other year and then click on "Search" button</p> <p>11. Click on "Submit" button without selected a new record</p> <p>12. System displays the error message: "No Entry SelectedPlease select an entry in the auction delivery list".</p>	
Typo in Modify ESD Parameters page	Typo in Modify ESD Parameters page; this is now fixed	<p>1. Visit "Modify ESD Parameters" page</p> <p>2. Select CY</p> <p>3. Verify that the text is corrected as "KP Party Holding Account Identifier (incoming)"</p>	PASSED
Red Box error while searching records in JI Project page	Red Box error while searching records in JI Project page; this is now fixed	<p>1. Navigate to JI Projects</p> <p>2. Perform Search by Track and Unit Type</p> <p>3. Verify that the search is performed without errors.</p> <p>4. With the results verify that the data for Unit Type is shown as "ERU from AAU" instead of "ERU_FROM_AAU" and "ERU from RMU" instead of "ERU_FROM_RMU".</p> <p>5. With the results verify that the data for Track are displayed properly, i.e. "Track 1" instead of "Track_1", and so on.</p>	PASSED
Surrender of Allowances - Period to be changed to Phase	Screen change in surrender allowance screen	<p>From any OHA or AOHA that has some available Allowances:</p> <p>1. Go to Holdings tab</p> <p>2. Click Propose Transaction</p> <p>3. Select Surrender of allowances</p> <p>Expected result:</p> <p>In the surrender of allowances screen, in the compliance information section the 3rd figure on the left column should be labelled: "Carry-Over from previous phase"</p>	PASSED
Allow Emissions for year Y when YLE = Y	Compliance issue, for allowing emissions submission for current year	<p>TEST CASE 1</p> <p>1. Update Installation, change PRD and YLE to a date in current year Y</p> <p>2. Approve the Request</p> <p>3. Verify that the link Propose (emissions) is available for current year.</p> <p>4. Propose Emissions for current Y.</p> <p>5. Verify that EUTL approved them</p> <p>TEST CASE 2</p> <p>1. Update Installation, change PRD and YLE to a date in current year Y</p> <p>2. Approve the Request</p> <p>3. Submit a request for Account Closure for the account</p> <p>4. Verify that the link Propose (emissions) is available for current year.</p> <p>5. Propose Emissions for current Y.</p> <p>6. Verify that EUTL approved them</p> <p>TEST CASE 3</p> <p>1. Locate an installation without a YLE.</p> <p>2. Verify that the link Propose (emissions) is not available for current year.</p> <p>TEST CASE 4</p> <p>1. Locate an installation with YLE = any future year up to 2020.</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
When there is a pending request for Account Closure, the system should not allow new requests of Installation Information update	When there is a pending request for Account Closure, the system should not allow new requests of Installation Information update; this is now enforced	<p>2. Verify that the link Propose (emissions) is not available for current year.</p> <p>Repeat all scenarios for AOHA</p> <p>1. Login as NA of a registry            2. Select an OHA in Open (without balance) or Blocked status            3. Click on "View Details" link and go to "Installation" tab            4. Ensure that the button "Update" is active            5. Click on "Close" or " Force Close" button.            6. Ensure that the "Account Closure" task has been created at the task list            7. Click on "View Details" link and go to "Installation" tab            8. Ensure that you cannot see the "Update" button            9. Repeat the above test for AOHA and "Aircraft Operator" tab</p>	PASSED
CP1 Eligibility in transaction details page	CP1 Eligibility is added in transaction details page	<p>Test Case</p> <p>1. Change CP1 Eligibility parameter (eucr-configuration) to expire after current date            2. Perform a transaction of CP1 CERs units than belong to a White list            3. Transactions page &gt; Locate the performed transaction and check on Summary tab that units are displayed as eligible.</p> <p>Test Case 2</p> <p>1. Change CP1 Eligibility parameter (eucr-configuration) to expire BEFORE current date            2. Perform a transaction of CP1 CERs units than belong to a White list            3. Transactions page &gt; Locate the performed transaction and check on Summary tab that units are displayed as ineligible.</p>	PASSED
Account Claim > Cannot Approve task	Account claim request could not be approved under certain conditions; this is now fixed	<p>Scenario A: Release and claim account</p> <p>A1. Connect as NA, locate an OHA and release it            A2. Claim the account and assign another account holder and representatives            A3. Submit the task            A4. Connect as another NA and approve the task            A5. Ensure the task appears in history list and in list of account requests mentioning the included account holder and representatives.</p> <p>Scenario B (regression test): Release and reject claim</p> <p>Repeat steps A1-A3</p> <p>B2. Connect as another NA and reject the claim request            B3. Ensure the account still belongs to the original account holder</p>	PASSED
Approved "Allocation Delivery Settings" request displays all allocations not only approved one.	Column sorting on "Approve Allocation Settings Delivery" task is disabled to avoid presentation of wrong data.	<p>Scenario A: Task details approval task hides sorting symbols</p> <p>A1. Navigate to NA's tasklist and locate a "Approve Allocation Settings Delivery" task            A2. View the details of this task            A3. Ensure the column heading do not show sorting symbols</p> <p>Ensure that both tasks pertaining to installations and to aircraft operators behave as described.</p> <p>Scenario B: Allocation screen uses sorting symbols</p> <p>B1. Navigate to EUETS=&gt;Allocation Phase 3.            B2. Ensure that sorting via clicking column headers works normally for both installations and aircrafts, by clicking on the respective tabs.</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
<p>Eligibility Flag does not reflect CP1 eligibility in all views</p>	<p>In some screens, units considered ineligible as per CP1 end date are erroneously displayed as eligible. This is now fixed.</p>	<p>Scenario A: Test CP1 date affects eligibility (screens #067, #076, #077, #062)                      A1. Set ets.last.allowed.date.cp1 to 1/1/2023                      A2. Locate a PHA with CP1 CER units                      A3. Add these CER units in General Positive List                      A4. Ensure the units are shown as eligible in the account's holdings screen .                      A5. Propose a KP transfer and ensure the units are shown as eligible                      A6. Ensure these units can be transferred to an OHA and approve the transaction request as another NA.                      A7. Ensure the units are shown as eligible in Cancellation proposal screen and its confirmation; approve the transaction request as another NA.                      A8. Ensure the units are shown as eligible in Cancellation Against Deletion proposal screen and its confirmation; approve the transaction request as another NA.                      A9. Set ets.last.allowed.date.cp1 to 1/1/2013                      A10. Repeat steps 4-8 but ensure units are shown as ineligible because they are past CP1 end date.                      A11. Lookup all completed transactions and ensure their transaction PDF show eligible/ineligible units as this is shown in the transaction details screen; ensure the eligible/ineligible flags in the transaction details screen are correct.</p> <p>Scenario B: Test CP1 date affects eligibility in exchange screen (screen #522)                      B1. Repeat the steps A1-A5 but choose an OHA with 100 entitlements.                      B2. Ensure 10 eligible units can be exchanged.                      B3. Ensure any ineligible unit cannot be exchanged.</p> <p>Scenario C: Test unit block search screen (screen #110)                      C1. Connect as NA and navigate to unit block search screen                      C2. Set ets.last.allowed.date.cp1 to 1/1/2023                      C3. Locate a unit block of type CER which is in no list                      C4. Ensure it is shown as ineligible                      C5. Add the unit block to General Positive List                      C6. Ensure it is shown as eligible                      C7. Set ets.last.allowed.date.cp1 to 1/1/2013                      C8. Ensure it is shown as ineligible</p> <p>Scenario D: Test 3000 unit blocks check screen (screen #063)                      D1. Set itlIntegrationSettings.maxTransactionUnitBlocks to 0 (so that all ITL-routed transactions are stopped)                      D2. Set ets.last.allowed.date.cp1 to 1/1/2023 (so that all CP1 units are eligible)                      D3. Attempt a transaction from PT PHA to GB PHA of CP1 CERs                      D4. Ensure the transaction is stopped via Check 80002 and alternative transactions are presented; the unit blocks of this CER are shown as eligible                      D5. Set ets.last.allowed.date.cp1 to 1/1/2013 (so that all CP1 units are ineligible)                      D6. Repeat steps D3-D6; ensure the proposed transactions show the CER unit blocks as ineligible.</p> <p>Scenario E: Regression tests (screen #152)                      For regression, repeat the tests of SDB-2672 (EUCR-1500).</p>	<p>PASSED</p>
<p>Change of error message</p>	<p>Addition of translation for all registries</p>	<p>Ensure the error message of error check 7175 is as proposed.</p>	<p>PASSED</p>
<p>[SI - SLOVENIA] Registry administrators could not view details of AO account</p>	<p>Addition of Slovenian translation</p>	<p>1. As NA login to SI registry                      2. Change the UI Language to SLOVENIAN                      3. Search for AOHA accounts</p>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
System doesn't reject CO2 only emission upload when opt-ins are enabled	System should demand explicit values (zeros are acceptable) for CO2, N2O and PFC for all year of Phase 3.	<p>4. Open the details of any AOHA from the results</p> <p>5. The page should be displayed normally</p> <p>Set up system configuration for all registries opt-in PFC and opt-in N2O starting with 2013, as follows:</p> <pre># GHG Gases Opt-in defaults registryConfig.ALL.OPT_IN_N2O = true registryConfig.ALL.OPT_IN_N2O_YEAR = 2013 registryConfig.ALL.OPT_IN_PFC = true registryConfig.ALL.OPT_IN_PFC_YEAR = 2013</pre> <p>Perform the following tests for any year of Phase 3.</p> <p>-----</p> <p>A1. Ensure XML containing all three gases uploads correctly via EUETS=&gt; Emissions Upload (refer to XML 1)</p> <p>A2. Ensure emissions screen demands all gases</p> <p>B1. Ensure XML containing no gases does not upload via EUETS=&gt; Emissions Upload (refer to XML 2)</p> <p>B2. Ensure emissions screen cannot accept empty gases fields</p> <p>C1. Ensure XML omitting values for any of the three gases does not upload via EUETS=&gt; Emissions Upload (refer to XML 3)</p> <p>C2. Ensure emissions screen does not accept anything less than the three gases.</p> <p>D. Ensure an account with some null emissions value is updated correctly</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate an account with emissions CO2=5, PFC=null, N20=null</li> <li>2. Edit the emissions of the account</li> <li>3. Ensure that a positive or zero value is demanded for all three gases.</li> <li>4. Ensure the cumulative emissions quantity is calculated adding the values of CO2, PFC, N2O.</li> </ol> <p>Ensure that emissions figures are always positive integer or zero.</p> <p>Strings are not accepted.</p> <p>Decimals are not accepted.</p> <p>Negative numbers are not accepted.</p> <p>List of XML files:</p> <p>-----</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Legitimate XML file</li> </ol> <p>-----</p> <pre>&lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?&gt; &lt;ns1:emissions registry="AT" xmlns:ns1="urn:europa:ec:clima:ets:1.0" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="urn:europa:ec:clima:ets:1.0 emissions.xsd "&gt; &lt;ns1:installation identifier="XXXXXX"&gt; &lt;ns1:stationaryEmissions verified="true" year="2014"&gt; &lt;ns1:CO2&gt;1&lt;/ns1:CO2&gt; &lt;ns1:N2O&gt;1&lt;/ns1:N2O&gt;</pre>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>TEST CASES</p> <pre>&lt;ns1:PFC&gt;1&lt;/ns1:PFC&gt; &lt;/ns1:stationaryEmissions&gt; &lt;/ns1:installation&gt; &lt;/ns1:emissions&gt;</pre> <p>2. XML file with missing values</p> <p>-----</p> <pre>&lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?&gt; &lt;ns1:emissions registry="AT" xmlns:ns1="urn:europa.ec:clima:ets:1.0" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="urn:europa.ec:clima:ets:1.0 emissions.xsd "&gt; &lt;ns1:installation identifier="XXXXXX"&gt; &lt;ns1:stationaryEmissions verified="true" year="2014"&gt; &lt;ns1:CO2&gt;&lt;/ns1:CO2&gt; &lt;ns1:N2O&gt;&lt;/ns1:N2O&gt; &lt;ns1:PFC&gt;&lt;/ns1:PFC&gt; &lt;/ns1:stationaryEmissions&gt; &lt;/ns1:installation&gt; &lt;/ns1:emissions&gt;</pre> <p>3. XML file with missing mandatory elements</p> <p>-----</p> <pre>&lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?&gt; &lt;ns1:emissions registry="AT" xmlns:ns1="urn:europa.ec:clima:ets:1.0" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="urn:europa.ec:clima:ets:1.0 emissions.xsd "&gt; &lt;ns1:installation identifier="XXXXXX"&gt; &lt;ns1:stationaryEmissions verified="true" year="2014"&gt; &lt;ns1:CO2&gt;1&lt;/ns1:CO2&gt; &lt;ns1:N2O&gt;1&lt;/ns1:N2O&gt; &lt;/ns1:stationaryEmissions&gt; &lt;/ns1:installation&gt; &lt;/ns1:emissions&gt;</pre>	
<p>Entitlement values are not calculated correctly in EU CR</p>	<p>Entitlement values of accounts should be recalculated at emission verification and at exclusion/unexclusion of account.</p>	<p>Preliminary step:</p> <p>Upload the following ICE XML for an installation:</p> <pre>&lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?&gt; &lt;entitlements registryCode="&lt;&lt;registry&gt;" xmlns="urn:europa.ec:clima:ets:1.0"&gt; &lt;installation identifier="&lt;&lt;installation_id&gt;"&gt; &lt;action&gt;A&lt;/action&gt; &lt;flag&gt;2&lt;/flag&gt; &lt;ice&gt;5&lt;/ice&gt; &lt;/installation&gt; &lt;/entitlements&gt;</pre> <p>A. Ensure ICE value is recalculated for all DCS by uploading emissions and excluding/unexcluding years</p>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>A1. Exclude all years for an installation, so that DCS=BLANK                      A2. Upload a new ICE XML with a large ICE value and ensure this appears in the installation's entitlement value</p> <p>B1. Unexclude a year and enter emissions and equal surrenders.                      B2. Ensure DCS=A                      B3. Update emissions to 1                      B4. Ensure entitlements are re-calculated to the max of 4.5% of VE and the value provided in the ICE XML</p> <p>C1. Update emissions to a larger value                      C2. Ensure DCS=B.                      C3. Ensure entitlement value is recalculated to 4,5% of the VE value</p> <p>D1. Via the database delete all emissions of this installation and update the COMPLIANCE_STATUS of this installation for CP2 to VE=0 and cumulative surrenders = 0.                      D2. Un-exclude two years to force recalculation of DCS.                      D3. Ensure DCS=C                      D4. Provide emissions for one of the excluded years                      D5. Ensure the entitlement is recalculated.</p> <p>E1. Repeat steps D1-D5 via uploading VE XML with APPROVED flag                      E2. Ensure entitlement is recalculated</p> <p>F1. Repeat steps D1-D5 via uploading VE XML with NOT APPROVED flag                      F2. Approve the emissions                      F3. Ensure entitlement is recalculated</p> <p>General check:                      Ensure that in all calculations, VE corresponding to excluded years are not considered in calculated ICE values.</p>	
<p>Initially blocked AOHA account doesn't get unblocked when its DCS becomes A</p>	<p>AOHA account status should be updated when Dynamic Compliance Status gets to A, B, C or BLANK, according to a defined set of rules.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. AOHA which is OPEN, has not been compliant and gets DCS=BLANK should become OPEN.</li> <li>2. AOHA which is OPEN, has been compliant and gets DCS=BLANK should become OPEN.</li> <li>3. AOHA which is BLOCKED, has not been compliant and gets DCS=BLANK should become BLOCKED.</li> <li>4. AOHA which is BLOCKED, has been compliant and gets DCS=BLANK should become OPEN.</li> <li>5. AOHA which is BLOCKED, has not been compliant and gets DCS=OPEN should become OPEN.</li> <li>6. AOHA which is BLOCKED, has been compliant and gets DCS=A should become OPEN.</li> <li>7. AOHA which is OPEN, has not been compliant and gets DCS=A should become OPEN.</li> <li>8. AOHA which is OPEN, has been compliant and gets DCS=A should become OPEN.</li> <li>9. AOHA which is OPEN, has not been compliant and gets DCS=B should become BLOCKED.</li> <li>10. AOHA which is OPEN, has been compliant and gets DCS=B should become OPEN.</li> <li>11. AOHA which is BLOCKED, has not been compliant and gets DCS=B should become BLOCKED.</li> <li>12. AOHA which is BLOCKED, has been compliant and gets DCS=B should become OPEN.</li> <li>13. AOHA which gets DCS = C should become BLOCKED.</li> </ol>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Task list: I un-claim one task -> many tasks get unclaimed	Due to a bug, unclaiming one task resulted in unclaiming multiple tasks; this is now fixed.	<p>A. Unclaim only the checked tasks</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in as NA</li> <li>2. Go to Exclusive tasklist</li> <li>3. Claim 10 tasks</li> <li>4. Click one task and click "Unclaim"</li> <li>5. Only the clicked task becomes unclaimed; the other 9 remain claimed.</li> </ol> <p>B. Regression - Unclaim between two users</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as a user (A) that has tasks visible in his task-list</li> <li>2. Claim any number of tasks (more than 1)</li> <li>3. Connect as another user (B) that also has tasks visible in his task-list</li> <li>4. Claim any number of tasks (more than 1)</li> <li>5. As NA user propose the un-enrolment of user (A) (no need to Approve it)</li> <li>6. Ensure the tasks previously claimed by user (A) are now unclaimed</li> <li>7. Ensure the tasks previously claimed by user (B) remain claimed</li> </ol> <p>C. Regression - Task history of un-enrolled user is unaffected</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. As an NA that has tasks visible in his task-list</li> <li>2. Claim and approve a task</li> <li>3. Verify that the approved task in the task-history shows the user as claimant</li> <li>4. Connect as another NA user and propose the un-enrolment of the NA of step 1 (no need to Approve it)</li> <li>5. Ensure that the tasklist history still presents the same information as shown in step 3.</li> </ol>	PASSED
Transaction View - Request details wrong info for reversals	Reversals did not present correctly the corresponding actors; this is now fixed.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login to EUJR as NA of a Registry</li> <li>2. Go to "Transactions" and search for Allocation Allowances transaction (or create a new one)</li> <li>3. Click on "Transaction Id" link</li> <li>4. Click on "Reverse" button and enter your ECAS Signature</li> <li>5. Login as an other NA of the registry and go to Task List</li> <li>6. Approve the Transaction Request and enter your ECAS Signature</li> <li>7. Login as CA and go to Task List</li> <li>8. Approve the Transaction Request and enter your ECAS Signature</li> <li>9. Login as NA and go to the "Transactions"</li> <li>10. Search for the reversal transaction and Click on "Transaction Id" link</li> <li>11. Click on "Request Details" tab</li> <li>12. Ensure that you can see correct data.</li> </ol>	PASSED
CLONE - SMS of credit entitlements transaction capitalization	The SMS of credit entitlements transaction is modified.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Propose an ESD Entitlement transaction</li> <li>2. Ensure the SMS states "Confirm the ESD Credit Entitlements transaction proposal..."</li> </ol> <p>Note that this can be tested via technical means, by checking the ECAS log for the exact SMS message generated.</p>	PASSED
Red error encountered when clicking on transaction	Certain old transactions which did not have some attributes produced an error screen when clicked; this is now fixed.	<p>Scenario 1: Manually modify the transferring account of a transaction</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as NA and navigate to Accounts=&gt;Transactions screen</li> <li>2. Locate a transaction identifier</li> <li>3. Update the transaction details in the database as follows: update transactions set tra_account_id = 9999, tra_acc_identifier_full = 'ZZZZZ' where transaction_identifier = &lt;&lt;located_transaction_identifier&gt;&gt;;</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
<p>YFE should be able to override existing VE years, if VE=0</p>	<p>It should be able to set YFE to a year higher than those for provided emissions, if the provided emissions for the lower years are zero.</p>	<p>TEST CASES</p> <p>4. Log-out and re-connect to the same screen.                      5. Locate the transaction and click on its identifier                      6. Ensure the transaction details screen appears correctly.</p> <p>Note: Clicking on the imaginary transferring account hyperlink will lead to the 404-Invalid screen of EUETS.</p> <p>Scenario A: YFE can be set to a larger year having zero emissions</p> <p>1. Login as NA1                      2. Find OHA with YFE=2013                      3. Make sure the VE for 2013=0                      4. Go to "Installation" tab of the account and update First Year of Verification = 2014                      5. As NA2 approve the "Update of Installation Information" task                      6. Check that the account has been updated.                      Repeat for AOHA</p> <p>Scenario B: YFE can be set to a larger year having zero emissions, with some excluded years</p> <p>1. Login as NA1                      2. Find OHA with YFE=2013                      3. From the Compliance tab mark year 2013 as excluded.                      4. Set VE emissions for 2014=0                      5. Login as NA2 and approve the emissions update                      8. As NA1 go to "Installation" tab of the account and update First Year of Verification = 2015                      9. As NA2 approve the "Update of Installation Information" task                      6. Check that the account has been updated.                      Repeat for AOHA</p> <p>Scenario C (regression): YFE cannot be set to a larger year when having non-zero emissions</p> <p>1. Login as NA1                      2. Find OHA with YFE=2013                      3. Make sure the VE for 2013&gt;0                      4. Go to "Installation" tab of the account and update First Year of Verification = 2014                      5. The error "There are Verified Emissions introduced in years prior to the proposed Year of First Emissions." appears.                      Repeat for AOHA</p> <p>Scenario D (regression): YFE can be set to a larger year when having null emissions</p> <p>1. Login as NA1                      2. Find OHA with YFE=2013                      3. Make sure the VE for 2013 are not set                      4. Go to "Installation" tab of the account and update First Year of Verification = 2014                      5. As NA2 approve the "Update of Installation Information" task ("Update of Aircraft Operator Information" in case of AOHA)                      6. Check that the account has been updated.                      Repeat for AOHA</p>	<p>PASSED</p>
<p>User appears twice in the AR list</p>	<p>Under a series of actions, users attached on accounts appeared twice</p>	<p>Scenario A: Add AR to two accounts concurrently</p> <p>1. Locate an account (ACC1) and a user (USER1) who is not connected to the account. Ensure the corresponding account holder has at least one more account (ACC2).                      The accounts to which an account's holder is connected to are returned via the following query:</p>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
	<p>in the account screen. This is now fixed.</p>	<p>select identifier from account where account_holder_id = (select account_holder_id from account where identifier = &lt;&lt;account_identifier&gt;&gt;);</p> <p>2. Ensure the user is not connected to any account of this account holder; run this query and ensure it returns no results:</p> <pre>select * from account_holder_representative where URID = '&lt;&lt;URID&gt;&gt;' and account_holder_id = (select account_holder_id from account where identifier = &lt;&lt;account_identifier&gt;&gt;)</pre> <p>3. Propose to add USER1 to ACC1 (user is not yet connected to the account holder). Do not approve it yet.</p> <p>4. Propose to add USER1 to ACC2 (user is now connected to the account holder). Do not approve it yet.</p> <p>5. Reject the request of step 3.</p> <p>6. Repeat step 3 and approve request for USER1.</p> <p>7. Approve the request of step 4.</p> <p>8. Ensure USER1 appears only once in ACC1 and ACC2 in EUCR (Accounts-&gt;View Details-&gt;Authorised Representatives) and EUTL (Account Mgt-&gt;Details).</p> <p>Scenario B: Replace AR from two accounts concurrently Repeat scenario A but replace an AR with another AR who is not yet connected to the account holder.</p> <p>Scenario C: Add AR in three accounts concurrently Repeat scenario A but use three accounts. Reject the addition request of two account and repeat it. Ensure the added AR appears once in each of the three accounts.</p> <p>Scenario D: Repeat scenario A and combine with a concurrent user details update Repeat scenario A but combine with a request for personal details update of the AR to be added. Ensure the AR appears once in each of the two accounts.</p> <p>Scenario E: Create a new account for existing AH adding a new AR not already connected to AH Ensure the new AR appears only once in the account.</p> <p>Scenario F: Create two new accounts for existing AH adding a new AR not already connected to AH Ensure the new AR appears only once in each account.</p>	
<p>Emissions entered for year 2014 are rejected by EUTL</p>	<p>Submission of emissions to EUTL needed a certain configuration; this is no longer needed, as EUTL gets the current year automatically.</p>	<p>Scenario A: Ensure EUTL accepts emissions even when database setting is equal to a year in the past</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Update in EUTL database the parameter param_value3 with a year in the past UPDATE system_parameter SET param_value3 = 2014 WHERE system_parameter_id = 1;</li> <li>As NA1 go to OHA account with no YLE and no emissions for 2014</li> <li>Go to "Compliance" tab and enter emissions for year 2014 (Approve Emissions task is generated)</li> <li>As NA2 approve task "Approve Emissions"</li> </ol>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
<p>Task claimed by NA can be claimed by AR/AAR</p>	<p>It was possible for an AR/AAR to claim a task already claimed by an NA; this is now fixed.</p>	<p>TEST CASES</p> <p>5. Check the OHA in EUCL (account-&gt;compliance screen) and confirm that the emissions have been updated</p> <p>6. Check the OHA in EUTL (account mgt-&gt;installation) and confirm that the emissions have been updated</p> <p>7. Check EUTL log and confirm that there is no error "FINE: Check7119 [Correlation ID: xxxxx]: The verified emission year [2014] for installation [yyyyyy] must be before the current year [2014] since no year of last emissions has been provided for the installation."</p> <p>Repeat for AOHA.</p> <p>Create a task for testing:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as AAR</li> <li>2. Go to an OHA account with configured ARs and AARs, in the holdings tab</li> <li>3. Click propose a transaction</li> <li>4. Choose deletion of allowances</li> <li>5. Enter a quantity to delete and click next</li> <li>6. Click confirm</li> <li>7. Complete the signature procedure</li> </ol> <p>Scenario 1. Claimant is AAR; NA and AR attempt to claim the task</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as AAR and claim the "Approve transaction request" task but do NOT proceed to approve it.</li> <li>2. Login as AR and try to claim the task. You should get "Claim task item error: One or more task items cannot be claimed, because they are not in unclaimed status."</li> <li>3. As AR try to unclaim the task. You should get "Unclaim task item error: One or more task items cannot be unclaimed, because the claimant is not the currently connected user."</li> <li>4. Login as NA and try to claim the task. You should get "Claim task item error: One or more task items cannot be claimed, because they are not in unclaimed status."</li> <li>5. As NA try to unclaim the task. You should get "Unclaim task item error: One or more task items cannot be unclaimed, because the claimant is not the currently connected user."</li> </ol> <p>Scenario 2. Claimant is AR; NA and AAR attempt to claim the task</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as AAR and unclaim the task</li> <li>2. Login as AR and claim the task but do not proceed to approve it</li> <li>3. Login as AAR and try to claim the task. You should get "Claim task item error: One or more task items cannot be claimed, because they are not in unclaimed status."</li> <li>4. As AAR try to unclaim the task. You should get "Unclaim task item error: One or more task items cannot be unclaimed, because the claimant is not the currently connected user."</li> <li>5. Login as NA and try to claim the task. You should get "Claim task item error: One or more task items cannot be claimed, because they are not in unclaimed status."</li> <li>6. As NA try to unclaim the task. You should get "Unclaim task item error: One or more task items cannot be unclaimed, because the claimant is not the currently connected user."</li> </ol> <p>Scenario 3. Claimant is NA1; AR, AAR and NA2 attempt to claim the task</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as AR and unclaim the task</li> <li>2. Login as NA1 and claim the task but do not proceed to approve it</li> <li>3. Login as AAR and try to claim the task. You should get "Claim task item error: One or more task items cannot be claimed, because they are not in unclaimed status."</li> <li>4. As AAR try to unclaim the task. You should get "Unclaim task item error: One or more task items cannot be unclaimed, because the claimant is not the currently connected user."</li> <li>5. Login as AR and try to claim the task. You should get "Claim task item error: One or more task items cannot be claimed, because they are not in unclaimed status."</li> </ol>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>6. As AR try to unclaim the task. You should get "Unclaim task item error: One or more task items cannot be unclaimed, because the claimant is not the currently connected user."</p> <p>7. Login as an other NA and try to claim the task. You should get "Claim task item error: One or more task items cannot be claimed, because they are not in unclaimed status."</p> <p>8. As an other NA try to unclaim the task. You should get "Unclaim task item error: One or more task items cannot be unclaimed, because the claimant is not the currently connected user."</p> <p>9. Login as NA1 and unclaim the task. Ensure the task can be unclaimed</p> <p>Scenario 4. Claimant is NA; Verifier attempts to claim the task</p> <p>1. Login as NA and claim an "Approve emissions" task but do not proceed to approve it</p> <p>2. Login as Verifier and try to claim the task. You should get "Claim task item error: One or more task items cannot be claimed, because they are not in unclaimed status."</p> <p>3. As Verifier try to unclaim the task. You should get "Unclaim task item error: One or more task items cannot be unclaimed, because the claimant is not the currently connected user."</p> <p>Scenario 5. Claimant is Verifier; NA attempts to claim the task</p> <p>1. Login as Verifier and claim an "Approve emissions" task but do not proceed to approve it</p> <p>2. Login as NA and try to claim the task. You should get "Claim task item error: One or more task items cannot be claimed, because they are not in unclaimed status."</p> <p>3. As NA try to unclaim the task. You should get "Unclaim task item error: One or more task items cannot be unclaimed, because the claimant is not the currently connected user."</p>	
<p>Condition if an installation appears in the allocation list should not contain Expiry Date</p>	<p>Installations appearing in the "Allocation" screen should appear irrespectively of the value of Expiry Date.</p>	<p>A. Ensure setting PerExpDate to a past or future date does not affect appearance of the respective account in the allocation screen</p> <p>A1. Connect as NA and navigate to EUETS =&gt; Allocation Phase 3 screen.</p> <p>A2. Choose year = 2014 and locate an installation whose record appears on screen.</p> <p>A3. Update PerExpDdate = 1/1/2013 and approve the change</p> <p>A4. Ensure the installation appears in the allocation screen for year = 2014</p> <p>A5. Update PerExpDdate = 1/1/2014 and approve the change</p> <p>A6. Ensure the installation appears in the allocation screen for year = 2014</p> <p>A7. Update PerExpDdate = 1/1/2015 and approve the change</p> <p>A8. Ensure the installation appears in the allocation screen for year = 2014</p> <p>B. Ensure closing an account hides it from the allocation screen</p> <p>B1. Repeat steps A1 and A2</p> <p>B2. Update the account status to 'CLOSED'</p> <p>B3. Ensure the installation does not appear in the allocation screen</p> <p>B4. Update the account status to 'OPEN'</p> <p>B5. Ensure the installation appears in the allocation screen</p> <p>B6. Update the account status to 'BLOCKED'</p> <p>B7. Ensure the installation appears in the allocation screen</p> <p>Repeat scenario for aircraft operator</p> <p>C. Ensure allocated installations do not appear in the allocation screen</p> <p>C1. Repeat steps A1 and A2</p>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>TEST CASES</p> <p>C2. Allocate to this installation</p> <p>C3. Ensure after allocation the specific entry does not appear in the allocation screen</p> <p>Repeat scenario for aircraft operator</p> <p>D. Ensure setting PerRevDate = Y hides the installation when allocating to any year &gt; Y</p> <p>D1. Locate an installation with entries for year 2013, 2014, 2015, 2016</p> <p>D2. Set PerRevDate = 2013 and approve the change</p> <p>D3. Ensure the installation appears for allocation year 2013</p> <p>D4. Ensure the installation does not appear for years 2014, 2015, 2016</p>	
<p>Check 80211 - Upload NAT fails for some cases when Return of Excess allocation exist in another year</p>	<p>It was impossible to increase NAT if a "Return for Excess Allocation" existed for the installation for any year; this is now changed. NAT increases are now allowed for years later than the "Return of Excess Allocation"</p>	<p>REA = Return of Excess Allocation</p> <p>Scenario A: Allocation for future years after REA is allowed</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Upload NAT</li> <li>2. Allocate 2015 with values for 2015, 2016, 2017</li> <li>3. Upload new NAT with less value for 2015</li> <li>4. Return exc.alloc for 2015</li> <li>5. Upload new NAT with higher values for 2016 and 2017</li> <li>6. Ensure NAT upload succeeds</li> <li>7. Allocate next years for this installation (2016 and 2017)</li> <li>8. Ensure allocation for 2016 and 2017 succeeds</li> </ol> <p>Scenario B (negative): NAT upload fails for year of REA</p> <p>Execute steps 1 to 4 of scenario A.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Upload new NAT with higher values for 2015</li> <li>3. Ensure NAT upload fails with error code: "80211: The installation 102 has returned allocation. It is not permitted to increase any of allocation, transitional allocation, reserve for year 2015"</li> </ol> <p>Scenario C (regression): Allocation succeeds for installation without REA</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Upload NAT with values for 2015, 2016, 2017 for an installation without REA</li> <li>2. Allocate for 2015, 2016, 2017</li> <li>3. Ensure the allocation completes correctly.</li> </ol> <p>Repeat for aircraft operator (note: aircraft operators do not have REA).</p>	<p>PASSED</p>
<p>Auction Delivery -&gt; Search -&gt; Null Pointer Exception</p>	<p>Issues with auction delivery screen are now fixed.</p>	<p>Scenario A: Check search criteria</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login to EU Registry as CA</li> <li>2. Go to EU ETS - Auction Delivery</li> <li>3. Make a search</li> <li>4. Ensure that you can see correct data</li> <li>5. Click on "Search and Export" button</li> <li>6. Ensure that you can see correct data</li> </ol> <p>Note1: The search criteria must contain any one and any combination of the filters below:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Auction delivery account ID</li> <li>- Numeric search returns a correct results</li> </ul>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>TEST CASES</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Non-numeric characters return an error (validation error appears)</li> <li>- Numeric characters plus non-numeric characters return an error (validation error appears)</li> <li>- Wildcards are not supported for this field (validation error appears)</li> <li>- Negative or decimal numeric values return an validation error</li> </ul> <p>* Year (2012-2020 years are possible entries)</p> <p>* Allowance (General/Aviation are possible entries)</p> <p>Scenario B: Check "Show past deliveries"</p> <p>B1. Repeat Scenario A without checking the checkbox "Show past deliveries"</p> <p>B2. Ensure the results do not contain records where Volume of Auction = Auctioned Volume</p> <p>B3. Repeat Scenario A after checking the checkbox "Show past deliveries"</p> <p>B2. Ensure the results contain records where Volume of Auction = Auctioned Volume</p> <p>Note2: The checkbox "Show past deliveries" should be named "Show completed deliveries"</p> <p>Note3: Note the following bug:</p> <p>C1. Search via delivery date and set "delivery date from" = "delivery date to" = "10/05/2014" where this date is a date of an existing record, the search will return nothing.</p> <p>C2. Search via delivery date and set delivery date from = "10/05/2014"; set delivery date to = "11/05/2014"; the search will return the appropriate results pertaining to 10/05/2014.</p>	
<p>Transaction delays are present where they should not be</p>	<p>Transfer from Trading account towards TAL which were approved on weekends are executed on next working day Start Of Business.</p>	<p>Set the parameter registryConfig.ALL.WORKING_HOURS_START = 08:00</p> <p>Scenario A: Approve a transfer from TRADING-&gt;TAL on weekday</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate an OPEN trading account with allowances</li> <li>2. Propose a transfer towards a TAL account</li> <li>3. Approve the transfer on weekday</li> <li>4. Ensure the transaction execution date is immediate</li> </ol> <p>Scenario B: Approve a transfer from TRADING-&gt;TAL on weekend</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate an OPEN trading account with allowances</li> <li>2. Propose a transfer towards a TAL account</li> <li>3. Approve the transfer on Sunday</li> <li>4. Ensure the transaction execution date is on the next working day at 08:00</li> </ol>	<p>PASSED</p>
<p>Clean-up job for stuck returns of excess allocation</p>	<p>Returns of Excess Allocation which are not properly approved via ECAS are cleared-down automatically.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Propose a return for excess allocation and do not approve it</li> <li>2. Wait at least 35 minutes</li> <li>3. Ensure no pending returns of excess allocations exists. The following query should return no results:</li> </ol> <pre>SELECT tr.request_id, tr.transaction_type FROM transaction_request tr JOIN request_state rs ON rs.request_state_id = tr.request_state_id WHERE transaction_type IN ('ReturnOfExcessAllocation')</pre>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Account Statements - Wrong Information	Correction in the generation of account statements.	<p>AND state = 'SUBMITTED_NOT_YET_APPROVED'                      AND tr.datetime &lt; SYSDATE - 35 / (24 * 60)</p> <p>Scenario 1: Generate account statement                      1. Login to a registry as NA                      2. Click accounts then click search                      3. Click "View Details" of account "A"                      4. Go to "Account statement" tab                      5. Enter start and end dates and hit Refresh.                      6. Note the results                      7. Click transactions, then search                      8. Click on the hyperlink of a different account "B"                      9. Go to "Account Statements" tab                      10. Enter the same start and end dates as in step 5 and hit Refresh.                      11. Confirm that the results are not the same.</p> <p>Scenario 2 (regression): Generate account statement with wrong dates                      1. Login to a registry as NA                      2. Click accounts then click search                      3. Click "View Details" of account "A"                      4. Go to "Account statement" tab                      5. Enter start and end dates that are more than 30 days apart and click Refresh.                      6. Confirm that there is error "The selected period should not be longer than a month."                      7. Enter start and end dates more than 3 years in the past                      8. Confirm that there is error "Cannot select a date more than 3 years back."</p> <p>Scenario 3: Generate account statement in PDF and CSV                      1. Login to a registry as NA                      2. Click accounts then click search                      3. Click "View Details" of account "A"                      4. Go to "Account statement" tab                      5. Enter start and end dates and click Refresh.                      6. Click "Account Statement PDF"                      7. Confirm that a pdf file is created with the account statement data.                      8. Click "Account Statement CSV"                      9. Confirm that a csv file is created with the account statement data</p>	PASSED
SEF XML exported from Union Registry has 'NA' instead of 'NO' for table 5a	SEF XML exported from Union Registry has 'NA' instead of 'NO' for table 5a; this is now fixed.	<p>1. Export a SEF report for any registry/year.                      2. Ensure the following five instances of UnitQty element have the value "NA".                      &lt;Table5a numbering="5a" description="Summary information on additions and subtractions"&gt;                      &lt;SubTotal&gt;                      &lt;Additions&gt;                      &lt;UnitQty type="RMU"&gt;NA&lt;/UnitQty&gt;                      &lt;UnitQty type="ICER"&gt;NA&lt;/UnitQty&gt;                      &lt;UnitQty type="ICER"&gt;NA&lt;/UnitQty&gt;                      &lt;/Additions&gt;</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Initially blocked AOHA account doesn't get unblocked when its DCS becomes A	AOHA attaining DCS equal to A are now automatically set to OPEN.	<p>TEST CASES</p> <pre>&lt;Subtractions&gt; &lt;UnitQty type="ICER"&gt;NA&lt;/UnitQty&gt; &lt;UnitQty type="ICER"&gt;NA&lt;/UnitQty&gt; &lt;/Subtractions&gt; &lt;/SubTotal&gt;</pre> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. AOHA which is OPEN, has not been compliant and gets DCS=BLANK should become OPEN.</li> <li>2. AOHA which is OPEN, has been compliant and gets DCS=BLANK should become OPEN.</li> <li>3. AOHA which is BLOCKED, has not been compliant and gets DCS=BLANK should become BLOCKED.</li> <li>4. AOHA which is BLOCKED, has been compliant and gets DCS=BLANK should become OPEN.</li> <li>5. AOHA which is BLOCKED, has not been compliant and gets DCS=OPEN should become OPEN.</li> <li>6. AOHA which is BLOCKED, has been compliant and gets DCS=A should become OPEN.</li> <li>7. AOHA which is OPEN, has not been compliant and gets DCS=A should become OPEN.</li> <li>8. AOHA which is OPEN, has been compliant and gets DCS=A should become OPEN.</li> <li>9. AOHA which is OPEN, has not been compliant and gets DCS=B should become BLOCKED.</li> <li>10. AOHA which is OPEN, has been compliant and gets DCS=B should become OPEN.</li> <li>11. AOHA which is BLOCKED, has not been compliant and gets DCS=B should become BLOCKED.</li> <li>12. AOHA which is BLOCKED, has been compliant and gets DCS=B should become OPEN.</li> <li>13. AOHA which gets DCS = C should become BLOCKED.</li> </ol>	PASSED
Entitlement values are not calculated correctly in EU CR	Available entitlement values are re-calculated at emission upload and at exclusion/unexclusion of years.	<p>Preliminary step:</p> <p>Upload the following ICE XML for an installation:</p> <pre>&lt;?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?&gt; &lt;entitlements registryCode="FI" xmlns="urn:eu:europa:ec:clima:ets:1.0"&gt; &lt;installation identifier="101"&gt; &lt;action&gt;A&lt;/action&gt; &lt;flag&gt;2&lt;/flag&gt; &lt;ice&gt;5&lt;/ice&gt; &lt;/installation&gt; &lt;/entitlements&gt;</pre> <ol style="list-style-type: none"> <li>A. Ensure ICE value is recalculated for all DCS by uploading emissions and excluding/unexcluding years <ol style="list-style-type: none"> <li>A1. Exclude all years for an installation, so that DCS=BLANK</li> <li>A2. Upload a new ICE XML with a large ICE value and ensure this appears in the installation's entitlement value</li> </ol> </li> <li>B1. Unexclude a year and enter emissions and equal surrenders.</li> <li>B2. Ensure DCS=A</li> <li>B3. Update emissions to 1</li> <li>B4. Ensure entitlements are re-calculated to the max of 4.5% of VE and the value provided in the ICE XML</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>C1. Update emissions to a larger value</li> <li>C2. Ensure DCS=B.</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
one parameter for ECAS signature	All authorisation mechanisms of EUCR are harmonised so as to use or bypass ECAS via a single parameter.	<p>TEST CASES</p> <p>C3. Ensure entitlement value is recalculated to 4,5% of the VE value</p> <p>D1. Via the database delete all emissions of this installation and update the COMPLIANCE_STATUS of this installation for CP2 to VE=0 and cumulative surrenders = 0.</p> <p>D2. Un-exclude two years to force recalculation of DCS.</p> <p>D3. Ensure DCS=C</p> <p>D4. Provide emissions for one of the excluded years</p> <p>D5. Ensure the entitlement is recalculated.</p> <p>E1. Repeat steps D1-D5 via uploading VE XML with APPROVED flag</p> <p>E2. Ensure entitlement is recalculated</p> <p>F1. Repeat steps D1-D5 via uploading VE XML with NOT APPROVED flag</p> <p>F2. Approve the emissions</p> <p>F3. Ensure entitlement is recalculated</p> <p>General check: Ensure that in all calculations, VE corresponding to excluded years are not considered in calculated ICE values.</p> <p>Before performing the following scenarios, set registryConfig.ALL.ECAS_SIGNATURE_ENABLED in eucr-configuration.properties to true</p> <p>Scenario No. 1 Signature during pre-allocation</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as CA into registry EU</li> <li>2. On the left side menu click "EU ETS"</li> <li>3. Choose "Pre-Allocations"</li> <li>4. Choose "Credit of Allocation Account prior to allocations" and fill in the "Quantity of Allowances to transfer"</li> <li>5. Click on "Submit"</li> <li>6. The ECAS signature page appears</li> </ol> <p>Scenario No. 2 Trusted Account Addition</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA1</li> <li>2. Go to Accounts</li> <li>3. Choose an OHA</li> <li>4. On the "Trusted Accounts" tab click "Add"</li> <li>5. Enter an account and a description and click "Save"</li> <li>6. Click Confirm</li> <li>7. The ECAS Signature Page appears.</li> </ol> <p>Repeat for AOHA</p> <p>Scenario No. 3 Trusted Account addition approval</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA2</li> <li>2. On the left side menu click "Task List"</li> <li>3. Click on the tab "General Task List"</li> <li>4. Select on field "Task Name:" the choice "Addition of account to Trusted Account List"</li> <li>5. Click on "Search"</li> <li>6. Check on the request initiated by NA1 and click "Claim"</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>7. Click on the name of the request                      8. At the bottom of the page click on the Request id hyperlink                      9. Click on "Approve"                      10. The system asks for confirmation, click 'Confirm'                      11. The ECAS signature page appears</p> <p>Scenario No. 4 Trusted Account Deletion                      1. Login As NA1                      2. On the left side menu click "Accounts"                      3. Click on "Search".                      4. Click on "View Details" of an OHA account.                      5. Click on tab "Trusted Accounts"                      6. click "Delete" on an account with status "Trusted"                      7. Click on "Confirm"                      8. The ECAS signature page appears.                      Repeat for AOHA</p> <p>Scenario No. 5 Trusted Account deletion approval                      1. Login as NA2                      2. On the left side menu click "Task List"                      3. Click on the tab "General Task List"                      4. Select on field "Task Name:" the choice "Deletion of account to Trusted Account List"                      5. Click on "Search"                      6. Check on the request initiated by NA1 and click "Claim"                      7. Click on the name of the request                      8. At the bottom of the page click on the Request id hyperlink                      9. Click on "Approve"                      10. The system asks for confirmation, click 'Confirm'                      11. The ECAS signature page appears</p> <p>Scenario No.6 Role Update                      1. Login as NA1                      2. On the left side menu click "Administration"                      3. Choose "Users"                      4. Click on "Search"                      5. Click on a User's "URID"                      6. On "Administration Roles" tab click "Edit"                      7. Select roles and click on "Next"                      8. Click on "Submit"                      9. The ECAS signature page appears.</p> <p>Scenario No. 7 Role Update approval                      1. Login as NA2                      2. On the left side menu click "Task List"</p>	

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>3. Click on the tab "General Task List"</p> <p>4. Select on field "Task Name:" the choice "Administration Roles Update"</p> <p>5. Click on "Search"</p> <p>6. Check on the request initiated by NA1 and click "Claim"</p> <p>7. Click on the name of the request</p> <p>8. At the bottom of the page click on the Request id hyperlink</p> <p>9. Click on "Approve"</p> <p>10. The system asks for confirmation, click 'Confirm'</p> <p>11. The ECAS signature page appears</p> <p>Scenario No. 8 Roles Permissions Changes</p> <p>1. Login as NA1</p> <p>2. On the left side menu click "Administration"</p> <p>3. Choose "Roles and Permissions"</p> <p>4. Check the permissions you want to add or remove.</p> <p>5. At the end of the page click on "Next"</p> <p>6. Click on "Save"</p> <p>7. The ECAS signature page appears</p> <p>Scenario No. 9 Approve Roles/Permissions Changes</p> <p>12. Login as NA2</p> <p>13. On the left side menu click "Task List"</p> <p>14. Click on the tab "General Task List"</p> <p>15. Select on field "Task Name:" the choice "Approve Roles/Permissions Changes"</p> <p>16. Click on "Search"</p> <p>17. Check on the request initiated by NA1 and click "Claim"</p> <p>18. Click on the name of the request</p> <p>19. At the bottom of the page click on the Request id hyperlink</p> <p>20. Click on "Approve"</p> <p>21. The system asks for confirmation, click 'Confirm'</p> <p>22. The ECAS signature page appears</p> <p>Scenario No.10 ESD ARs/ ESD AARs Suspend</p> <p>1. Login as NA1</p> <p>2. Open registry ESD</p> <p>3. On the left side menu click ESD</p> <p>4. Click accounts</p> <p>5. Click "View details" on an account</p> <p>6. Click on the "ESD ARs" tab</p> <p>7. Click on 'Suspend' for a specific AR or AAR</p> <p>8. The system asks for confirmation, click 'Confirm'</p> <p>9. The ECAS signature page appears</p> <p>Repeat for AAR from the "ESD AARs" tab</p>	

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>Scenario No.11 ESD ARs/ ESD AARs Restore</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA1</li> <li>2. Open registry ESD</li> <li>3. On the left side menu click ESD</li> <li>4. Click accounts</li> <li>5. Click "View details" on an account</li> <li>6. Click on the "ESD ARs" tab</li> <li>7. Click on 'Restore' for a specific AR or AAR</li> <li>8. The system asks for confirmation, click 'Confirm'</li> <li>9. The ECAS signature page appears</li> </ol> <p>Repeat for AAR from the "ESD AARs" tab</p> <p>Scenario No.12 Propose transaction</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA1</li> <li>2. From Accounts click "View Details" on an OHA</li> <li>3. Go to the "Holdings" tab</li> <li>4. Click "Propose a transaction"</li> <li>5. Choose Deletion of Allowances</li> <li>6. Enter a quantity and click "Next"</li> <li>7. Click Confirm</li> <li>8. The ECAS signature page appears</li> </ol> <p>Repeat for AOHA</p> <p>Set registryConfig.ALL.ECAS_SIGNATURE_ENABLED in eucr-configuration.properties to false and repeat all scenarios. Confirm that the ECAS signature page does not appear.</p>	
ESD SDAGENT have no access to Unit Blocks menu item	ESD SDAGENT have no access to Unit Blocks menu item; this is now fixed.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as an ESD SD Agent</li> <li>2. Go to "Administration" - " Unit Blocks"</li> <li>3. Verify that you have access to Unit Blocks menu</li> <li>4. Ensure that the buttons "Add", "Delete" and "Suspend/Restore" at the button of the "Unit Block Search Result" table are not visible</li> </ol>	PASSED
Task list date range filter return zero results	When searching for tasks, date ranges did not filter correctly; this is now fixed.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login to EUCCR as NA of a Registry and go to Task List</li> <li>2. Enter a date range for example 01/10/2014 and 31/12/2014 in the Start Date "From" and "To" fields to "Exclusive Task List", "General Task List" and "History" tabs</li> <li>3. Click on Search Button</li> <li>4. Ensure that you can see correct data</li> <li>5. Click on "Search and Export" button and verify that you can see correct data</li> <li>6. Repeat the above test as AR, AAR and CA</li> </ol>	PASSED
Task list: I un-claim one task -> many tasks get unclaimed	Unclaiming one task triggered the unclaim of all tasks of the specific role; this is now fixed.	<p>A. Unclaim only the checked tasks</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in as NA</li> <li>2. Go to Exclusive tasklist</li> <li>3. Claim 10 tasks</li> <li>4. Click one task and click "Unclaim"</li> <li>5. Only the clicked task becomes unclaimed; the other 9 remain claimed.</li> </ol> <p>B. Regression - Unclaim between two users</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>TEST CASES</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as a user (A) that has tasks visible in his task-list</li> <li>2. Claim any number of tasks (more than 1)</li> <li>3. Connect as another user (B) that also has tasks visible in his task-list</li> <li>4. Claim any number of tasks (more than 1)</li> <li>5. As NA user propose the un-enrolment of user (A) (no need to Approve it)</li> <li>6. Ensure the tasks previously claimed by user (A) are now unclaimed</li> <li>7. Ensure the tasks previously claimed by user (B) remain claimed</li> </ol> <p>C. Regression - Task history of un-enrolled user is unaffected</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. As an NA that has tasks visible in his task-list</li> <li>2. Claim and approve a task</li> <li>3. Verify that the approved task in the task-history shows the user as claimant</li> <li>4. Connect as another NA user and propose the un-enrolment of the NA of step 1 (no need to Approve it)</li> <li>5. Ensure that the tasklist history still presents the same information as shown in step 3.</li> </ol>	
<p>ESD - ENTITLEMENTS Transaction View - Request details wrong info for reversals</p>	<p>Reversals of ESD entitlement transactions did not present correctly the actors; this is now fixed.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as ESD-CA</li> <li>2. Navigate to ESD-&gt;ESD Entitlements Transactions</li> <li>3. Search for entitlements reversals transactions and locate one which has been proposed by an ESD-AR (so that three users are involved for its approval in total)</li> <li>4. Click on a COMPLETED reversal and navigate to the tab "Request Details"</li> <li>5. Ensure three distinct users appear as actors of the reversal.</li> </ol>	<p>PASSED</p>
<p>Allocation process - wrong summary information</p>	<p>The summary at the top of the allocation approval screen is corrected and enriched.</p>	<p>Scenario A. Check adding allocations</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login as NA of a Registry</li> <li>2. Go to "Allocation Phase 3"</li> <li>3. Select a year and tick three tick boxes of allocations of type "FREE"</li> <li>4. Submit the task</li> <li>5. Login as an other NA and go to "Task list"</li> <li>6. Search for the "Approve Allocation Settings Delivery" task, claim it and click on the "Request" link</li> <li>7. Verify that at the confirmation page the three ticked boxes are green and their total appears at the top:</li> </ol> <p>Total of allocations to be delivered:                  &lt;&lt;total of free&gt;&gt; (&lt;&lt;total of free&gt;&gt; free, 0 transitional, 0 from the NER)</p> <p>Total of allocations to be removed:                  0 (0 free, 0 transitional, 0 from the NER)</p> <p>Repeat adding Transitional and NER allocation types and ensure that their subtotal appears.</p> <p>Confirm the allocation job executes and creates the approved allocations.</p> <p>Scenario B. Check removing allocations</p> <p>Execute Scenario A and approve the allocation</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Before execution of the job go to "Allocation Phase 3" and un-tick two checkboxes of type "FREE"</li> <li>3. Submit the task</li> <li>4. Login as an other NA and go to "Task list"</li> <li>5. Search for the "Approve Allocation Settings Delivery" task, claim it and click on the "Request" link</li> <li>6. Verify that at the confirmation page the two un-ticked boxes are red and their total appears at the top:</li> </ol> <p>Total of allocations to be delivered:                  0 (0 free, 0 transitional, 0 from the NER)</p>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>Total of allocations to be removed:                      &lt;&lt;total of unticked checkboxes&gt;&gt; (&lt;&lt;total of unticked checkboxes&gt;&gt; free, 0 transitional, 0 from the NER)                      Repeat un-ticking transitional and NER and ensure their subtotal appears.                      Confirm the allocation job executes and creates the approved allocations.</p> <p>Scenario C. Check adding and removing allocation                      Execute Scenario B and approve the allocation but tick some tick boxes and un-tick some other tick boxes.                      2. Submit the task                      3. Login as an other NA and go to "Task list"                      4. Search for the "Approve Allocation Settings Delivery" task, claim it and click on the "Request" link                      5. Verify that at the confirmation page the un-ticked boxes are red and the ticked boxes appear green and their totals appears correctly at the top of the screen.                      Repeat for all types of allocation.                      Confirm the allocation job executes and creates the approved allocations.</p>	
<p>Glitch in Holdings screen of Party Holding Account</p>	<p>The holdings "Total;" is not aligned to the "Balance" column; this is now fixed.</p>	<p>1. Connect as NA and navigate to a Party Holding Account, "Holdings" tab.                      2. Ensure that the "Total" figure is aligned to the "Balance" column.                      Repeat with all other account types.</p>	<p>PASSED</p>
<p>Under a certain sequence of actions, an AR does appear correctly in an account</p>	<p>AR not displayed in OHA account</p>	<p>1. Locate USER1 and AccountHolder to which this user is NOT related                      2. Submit AccountRequest_1 and use USER1 as AR (fill in the data manually)                      3. Submit AccountRequest_2 and use USER1 as AR (choose the user from the list)                      4. Reject AccountRequest_1                      5. Approve AccountRequest_2                      6. USER1 will not be displayed as AR for new account</p> <p>Description</p> <p>There is a user that is not related to account holder. For this account holder two account requests are submitted that will have this user as AR. When first request is rejected and second approved - this user will not be displayed as AR for new account (however the user will see it in his account list and will be able to act as AR).</p> <p>Attachments</p>	<p>PASSED</p>
<p>Change of message on NAT upload after return of excess allocation</p>	<p>Change in Documentation and message: Unable to modify NAT after REA</p>	<p>The error produced by the system: "80211: The installation 102 has returned allocation. It is not permitted to increase any of allocation, transitional allocation, reserve for year 2015"                      Is correct and refers to any returned allocation, pending or completed.                      The description of check 80211 in the documentation is wrong and will be corrected to the following text:                      "If there exists -pending- transaction of type "Return of Excess Allocation", it is not allowed to increase any values of allocation, transitional, reserve"                      Let us know if you prefer a different approach.</p>	<p>PASSED</p>
<p>An update of YFE should be allowed if emissions exist, and they are zero</p>	<p>YFE cannot override existing VE years, if VE=0</p>	<p>It should be able to set YFE to a year higher than those for provided emissions, if the provided emissions for the lower years are zero.                      Installation update requests are rejected by EUTL with "7173 Check if change of YFE of an Installation is valid (*new)"</p>	<p>PASSED</p>
<p>Label change</p>	<p>Not renamed label for Past Deliveries</p>	<p>Open EUCCR with MS=EU                      Go to Auction Delivery menu and consult the label next to the checkbox.                      It should be "Show completed deliveries"</p>	<p>PASSED</p>
<p>Ineligible units of incoming transaction (either CP1 or Blacklisted) show as eligible in transaction details.</p>	<p>1. Request CP1 units form ITL                      2. Verify if in incoming transaction details units</p>	<p>Scenario 1: Test incoming transaction from Japan -&gt; KP account in CP1 and in ICH General Negative list                      1. Perform a transaction from Japan -&gt; KP account, whose units are in CP1 and in ICH General Negative list                      2. Ensure the transaction completes and the units appear as ineligible in Transaction Details tab                      3. Ensure the units appear as "CP1 Expired Unit" in Administration-&gt;Unit Blocks screen, column Reason, when searching via acquiring account identifier</p>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
	<p>are marked as ineligible</p> <p>If CP1 units are received from ITL CDM account in Summary tab of such Transaction details units are marked as eligible whereas. In subsequent transactions of these units, they are properly marked as ineligible so it seem to pertain only to the first transaction which transfers the units to registry.</p>	<p>4. Ensure the units appear as "CP1 Expired Unit" when being exported via the Export CSV functionality of the Administration -&gt;Unit Blocks screen.</p> <p>Scenario 2: Test incoming transaction from Japan -&gt; KP account in CP1 and in ICH General Positive list</p> <p>1. Repeat scenario 1 but with units in ICH General Positive list.</p> <p>Scenario 3: Test incoming transaction from Japan -&gt; KP account in CP2 and in ICH General Negative list</p> <p>1. Repeat scenario 1 but with units in CP2 and in ICH General Negative list.</p> <p>2. In this case the unit blocks should be marked in the screen and in the exported CSV as "Ineligible, General Negative List", columns Flag - Reason.</p> <p>Scenario 4: Test incoming transaction from Japan -&gt; KP account in CP2 and in ICH General Positive list</p> <p>1. Repeat scenario 1 but with units in CP2 and in ICH General Positive list.</p> <p>2. Ensure the transaction completes and the units appear as eligible in Transaction Details and as "Eligible, General Positive List" in Unit Blocks screen, columns Flag - Reason and in the exported CSV.</p>	
<p>KP Public Reports Page - Last update is in 12h clock without am/pm</p>	<p>When updating the last modified date of the KP public reports to a time after pm (i.e. 18:30) the time is displayed using a 12h clock format without am/pm indication so 18:30 is displayed as 06:30.</p> <p>To fix this, we need to change the display format to 24h clock.</p>	<p>1) Update the "Last Update" of the KP public reports to any date and a time in "AM"</p> <p>2) Visit the KP public Reports page and verify that the last update at the bottom of the page shows the correct date and time.</p> <p>3) Update the "Last Update" of the KP public reports to any date and a time in "PM"</p> <p>4) Visit the KP public Reports page and verify that the last update at the bottom of the page shows the correct date and time.</p>	<p>PASSED</p>
<p>CLONE - Problem with incoming transactions details</p>	<p>When clicking transaction details, for example CDM31006 or CH19830, the webpage with red error code appears and the details can't be seen. The error applies to all transactions (External Transfer Kyoto Unit) from other Kyoto registries.</p>	<p>A) Test Scenario:</p> <p>1. Locate a transaction of type 03-00 (External Transfer Kyoto Unit) in the database.</p> <p>2. Update ACQ_ACCOUNT_IDENTIFIER to null</p> <p>3. Commit.</p> <p>4. Navigate to "Transactions".</p> <p>2. Search for the same transaction you updated in (1)</p> <p>3. Click on transaction ID.</p> <p>4. No error should be thrown.</p> <p>B) Repeat (A) but this time update the column TR_ACCOUNT_IDENTIFIER to null in step (2)</p> <p>C) Repeat (A) but this time update both ACQ_ACCOUNT_IDENTIFIER &amp; TR_ACCOUNT_IDENTIFIER to null in step (2)</p> <p>Regression Test:</p> <p>In ESD registry ensure that ESD transaction details include:</p>	<p>PASSED</p>

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Mistake in error message	<p>The following error message should read:  error.message.check.7119  = 7119: Verified emissions must be entered for a year equal to or after the year of first emissions, and either before the current year (if no year of last emissions has been set) or up to the year of last emissions.  instead of  error.message.check.7119  = 7119: Verified emissions must be equal or after the year of first emissions, and either before the current year (if no year of last emissions has been set) or up to the year of last emissions.</p>	<p>TEST CASES  - Transferring MS  - Acquiring MS  - Transferring Year  - Acquiring Year</p> <p>Ensure the message is corrected as specified.</p>	PASSED
Mistake in error message	<p>Error message 7662 should read:  error.message.check.7662  = 7662: Return of Excess Allocation transaction is allowed only if Allocation amount is less than the already Allocated amount minus any Returned amount.  instead of  error.message.check.7662  = 7662: Return of Excess Allocation transaction is allowed only if Allocation amount is less than the already Allocated amount</p>	<p>Ensure the message is corrected as specified.</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION minus any Returned amount.	TEST CASES	SAT Status
Transaction ID link in "Completed Transactions" points to wrong transaction; this is now fixed	Transaction ID link in "Completed Transactions" points to wrong transaction		PASSED
"Rejection details" link is not re-enabled after closing "Rejection Information" window; this is now fixed	"Rejection details" link is not re-enabled after closing "Rejection Information" window	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to registry</li> <li>2. Go to the "List of Account requests" and search for rejected requests</li> <li>3. Click on "Rejection details"</li> <li>4. Close "Rejection Information" window</li> <li>5. Ensure the "Rejection Details" hyperlink clicked in step [3] is still enabled.</li> </ol>	PASSED
Confirmation buttons for Task assignment stay disabled; this is now fixed	Confirmation buttons for Task assignment stay disabled	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to registry as NA</li> <li>2. Go to Task list and search for tasks</li> <li>3. Select the task and click [Assign] button</li> <li>4. Select the user and click [Save]</li> <li>5. Click [Confirm] or [Cancel] or [Close pop up window]</li> <li>6. Ensure all buttons are enabled and repeat steps 3-5</li> </ol>	PASSED
"Return to search" in Transaction details doesn't work under FF; this is now fixed	"Return to search" in Transaction details doesn't work under FF	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to registry using FF</li> <li>2. Go to Transactions, search for transactions</li> <li>3. Click on a transaction identifier and display transaction details</li> <li>3. Click on "Return to search"</li> <li>4. Ensure the screen presented is the screen of step [2]</li> </ol>	PASSED
Unrecoverable error in Conversion of AAU screen when following a certain sequence of actions; this is now fixed	Unrecoverable error in Conversion of AAU screen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to registry</li> <li>2. Go to account that holds AAU (e.g. BG-100-5009554-0-88 in TEST environment)</li> <li>3. Propose "Conversion of AAU or RMU to ERU" transaction</li> <li>4. Change commitment period to First commitment period; ensure holdings appear normally and no runtime error occurs.</li> <li>5. Change commitment period to Second commitment period; ensure holdings appear normally and no runtime error occurs.</li> </ol>	PASSED
Error on creating account statement; this is now fixed	NullPointerException on creating account statement	<p>*Scenario 1: Ensure missing dates do not crash the system*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to any registry</li> <li>2. Open account details and go to "Account Statements" tab</li> <li>3. Without specifying start and end date click on [Account Statement PDF]; ensure the error message "Start date should be set" appears.</li> <li>4. Repeat the same for button [Account Statement CSV]; ensure the error message "Start date should be set" appears.</li> <li>5. Repeat steps 3-4 by providing start date; ensure the error message "End date should be set" appears.</li> </ol> <p>*Scenario 2 (regression): Ensure that by providing start and end dates the system operates normally*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate an account's latest transaction in CER units.</li> <li>2. Repeat scenario 1 for the account of step [2]; provide start and end dates as before and after the transaction's execution date, respectively.</li> </ol> <p>2. Ensure the system presents modified balances for CER units on screen, PDF and CSV account statement formats.</p> <p>Repeat for general and aviation allowances. Do not test AAU units because of issue ETS-8773 which is not fixed.</p>	PASSED
Installation link in "Allocation Phase 3" page points to wrong installation; this is now fixed	Installation link in "Allocation Phase 3" page points to wrong installation	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in EU CR</li> <li>2. Go to "Allocation Phase 3" or "Allocation Tables Phase 3"</li> <li>3. Click on the Installation ID link for any installation.</li> <li>4. Ensure the next screen is the account pertaining to the clicked installation (click to Installation tab and ensure the shown Installation Id is the one clicked in step 3)</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Unrecoverable error in Task list; this is now fixed	Unrecoverable error in Task list	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log into any EUCR registry e.g. BG</li> <li>2. Go to Task list</li> <li>3. Enter 'aaa' into Account Identifier field and press Enter</li> <li>4. Ensure an orange pop-up box appears at the top of the screen with the error message "ERROR CODE:10100 The account number must contain 1 to 15 digits."</li> </ol>	PASSED
Wrong default action in Task list; this is now fixed	Wrong default action in Task list	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log into any EUCR registry e.g. BG</li> <li>2. Go to Task list</li> <li>3. Enter '123' into Account Identifier field and press Enter</li> <li>4. Ensure a tasklist search is performed and not an export of data.</li> </ol>	PASSED
Validation error is not displayed in ESD Compliance screen; this is now fixed	Validation error is not displayed in ESD Compliance screen	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to ESD</li> <li>2. Go to "ESD Compliance Dashboard" search page</li> <li>3. From HTML level modify "Member State" and "Year" fields to use invalid values e.g. X and 201 respectively</li> <li>4. Click [Search] button</li> <li>5. Ensure the error message "The value entered for Member State is not a valid Member State The value entered for Year is not a valid Year" appears at the top of the screen</li> </ol>	PASSED
Message added for validation rule 7869	EUCR-2162 Add message for Check 7869	<p>This is a technical issue.</p> <p>Ensure that in messages.properties the code 7869 corresponds to the message "Exchanged Units are not eligible for ESD".</p>	PASSED
Correction in ESD Entitlements transaction type validation	ClassCastException when validating ESD Entitlements Transaction Type	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to ESD</li> <li>2. Go to "ESD Entitlements Transaction" search page</li> <li>3. From HTML level modify "ESD Entitlements Transaction Type" search field to use ESD_ENTTRANSFER value</li> <li>4. Click [Search] button</li> <li>5. Ensure the error message "The value entered for ESD Entitlements Transaction Type is not a valid" appears in an orange box.</li> </ol>	PASSED
Return to Search (account details) link disappears after double click; this is now fixed	Return to Search (account details) link disappears after double click	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Go to EUCR</li> <li>2. Go to Accounts-&gt;Accounts screen and perform a search which returns some accounts</li> <li>3. Click on an "account details" hyperlink and navigate to an account's details</li> <li>4. Double click on "Return to Search" link</li> <li>5. Ensure the next screen is the originating search screen of step [2].</li> </ol>	PASSED
Validation error when creating new ESD account; this is now fixed	Validation error on using URID filter when creating new ESD account	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to ESD as ESDCA</li> <li>2. Click on [Account request]</li> <li>3. Select type, MS and year</li> <li>4. Click [Add] button to add new AR</li> <li>5. Enter valid URID in URID filter and click [Apply Filter(s)] button</li> <li>6. Ensure the corresponding AR was located in the results list.</li> <li>7. Select ARs and additional ARs for this account creation request and submit the request</li> <li>8. Approve the request as another ESDCA</li> <li>9. Navigate to ESD-&gt;Accounts and ensure the new ESD compliance accounts exists and has the ARs/AARs specified in steps 4 and 7.</li> </ol> <p>*Technical explanation:*</p> <p>After implementing TST-896 / EUCR-2072 URID filter cannot be used anymore when creating new ESD account. This is probably related to error in implemented validation pattern which is Validator.Urid=~{A-Z}{2}d{12}\$ (there should be double escape before d{12}). In this situation using proper URID for search such as ED818239191418 leads to an error: "The value entered for URID is not a valid URID"</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
KP2 requirement: Ensure exchanged units retain exchanged property when split	Ensure exchanged units retain exchanged property when split	<p>Scenario 1: When manually split, exchanged units retain exchanged property</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate an exchanged unit by searching Administration-&gt;Unit Blocks screen by an IC account identifier. &lt;&lt;Normally all unit blocks held by this account should have value 'No (exchanged)' in ESD Eligibility column &gt;&gt;</li> <li>2. Click "edit" and split the unit block.</li> <li>3. Locate the split unit blocks by searching Administration-&gt;Unit Blocks screen by an IC account identifier.</li> <li>4. Ensure the split unit blocks retain "No (exchanged)" value by checking the "ESD Eligibility" column.</li> </ol> <p>*Scenario 2: Split unit blocks by loading ICH list and ensure exchanged property is preserved*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as CA in EU registry</li> <li>2. Navigate to ICH Lists and upload an ICH Application Procedure Positive List, mentioning half a unit block which is exchanged (exchanged unit block details can be located as described in Scenario 1).</li> <li>3. Use the Administration-&gt;Unit Blocks screen to locate the specific unit block and ensure its value "No (exchanged)" for "ESD Eligibility" column; also, the other half of the split unit block should also have as value "No (exchanged)".</li> </ol> <p>*Scenario 3: Transfer a part of an exchanged unit block*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate an exchanged unit block in an IC Account.</li> <li>2. Transfer a sub-set of the unit block in another PHA.</li> <li>3. Ensure that both part of the unit block are exchanged by visiting the first and the second PHA screen and checking the "ESD Eligibility" column of both accounts.</li> </ol> <p>*Note*: A method in order to prioritize larger unit blocks to be picked by a transaction is to set the smaller unit blocks to reconciliation mode, e.g. update unit_block set blocked_by_recon = 999 where ID in (IDs of smaller unit blocks); After the end of the test, reinstate the unit blocks by update unit_block set blocked_by_recon = null where ID in (IDs of smaller unit blocks);</p>	PASSED
Implementation of KP2-DA67-REQ-12	[KP2-DA67-REQ-12] Allow external transfers from NaHA	<p>Scenario 1: Ensure transfer from NaHA completes successfully</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Repeat scenario EUCR-2161 but use NaHA as transferring account and KP account as acquiring account.</li> <li>2. Ensure the transaction completes successfully and the units are transferred to acquiring account.</li> </ol> <p>Repeat with OHA as acquiring account, using CP2 units (because CP1 units cannot enter ETS accounts).</p>	PASSED
Implementation of KP2-DA67-REQ-8	[KP2-DA67-REQ-8] Allow external transfers of AAUs from MS KP accounts to EU KP accounts	<p>Scenario 1: Ensure external transfers of AAUs from MS KP accounts to EU KP accounts are allowed.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Repeat scenario EUCR-2161 but use as transferring account a KP account hosted by a member-state and as acquiring account KP account hosted by EU.</li> <li>2. Ensure the transaction completes normally and the units are transferred to the acquiring account.</li> </ol>	PASSED
Implementation of KP2-DA67-REQ-9	[KP2-DA67-REQ-9] Allow external transfers from AAU Deposit account -> EU KP account	<p>Scenario 1: Ensure transfer from AAU Deposit account -&gt; KP account completes successfully.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Repeat scenario of EUCR-2161 but use AAU Deposit account as transferring and a KP account hosted in EU Registry</li> <li>2. Ensure the transaction completes and the units are transferred to the destination account.</li> </ol>	PASSED
Implementation of KP2-DA67-REQ-4	[KP2-DA67-REQ-4] Exchanged units are ineligible for ETS	<p>Scenario 1: Ensure exchanged units cannot enter ETS accounts</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate a PHA account with exchanged units.</li> <li>2. Choose to transfer the specific units and choose an OHA as destination account</li> <li>3. Ensure the error core &lt;&lt;80706: The acquiring account is not allowed to hold CP1 units after a specified date&gt;&gt; appears and the transaction is not permitted.</li> </ol> <p>Repeat for CER, ERU units.</p> <p>Note: This issue is checked indirectly; CER/ERU units cannot enter ETS accounts not only because they are exchanged, but because they are CP1. Nevertheless, the business rule is enforced.</p> <p>CER or ERU units of CP2 are not envisaged to exist beyond IC accounts, so this scenario is not tested.</p> <p>Scenario 2 (regression): Ensure exchanged units can enter KP accounts</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
Implementation of KP2-DA67-REQ-7	[KP2-DA67-REQ-7]: Precedence of ESD eligibility	<p>Repeat scenario 1 but choose a KP account as destination account. Ensure the transaction completes normally.</p> <p>Scenario 1: Ensure "Exchanged" flag precedes ESD eligibility flagging</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Navigate to a KP PHA holdings screen</li> <li>2. Locate a 'No (exchanged)' unit block</li> <li>3. Add this unit block to General Positive list by the following actions:</li> <li>4. Connect as ESD-CA in ESD Registry and navigate to ESD-&gt;ESD Eligibility Lists</li> <li>5. Add the Project, Country, Unit Type to General Positive List</li> <li>6. Return to the KP PHA holdings screen of step 1 and ensure the unit block is still marked as "No (exchanged)"</li> <li>7. Navigate to Administration -&gt; Unit Blocks and locate this unit block and ensure it is marked as "No (exchanged)"</li> </ol> <p>Repeat for CER, ERU Repeat for General Positive List, General Negative List.</p> <p>*Scenario 2 (regression): Ensure non-exchanged units show correct ESD eligibility flags*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Navigate to a KP PHA holdings screen</li> <li>2. Locate a unit block which has &lt;&lt;null&gt;&gt; value in ESD Eligibility column</li> <li>3. Add the unit block in General Positive list as described in steps 1.4-1.5</li> <li>4. Return to the KP PHA holdings screen of step 1 and ensure the unit block is marked as Limit1.</li> <li>5. Navigate to Administration -&gt; Unit Blocks and locate this unit block and ensure it is marked as Limit1.</li> <li>6. Remove the unit block from General Positive list.</li> <li>7. Repeat steps 4 and 5 and ensure the unit block is no longer marked as Limit1.</li> </ol> <p>Repeat for CER, ERU Repeat for General Positive List, General Negative List.</p>	PASSED
Implementation of KP2-DA67-REQ-6	[KP2-DA67-REQ-6]: Exchanged units re-entering ETS remain exchanged	<p>Scenario 1: Transfer exchanged units from IC account to KP account</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate IC account(general)</li> <li>2. Transfer exchanged units to a KP account</li> <li>3. Ensure the transaction completes normally</li> </ol> <p>Repeat for a destination of PHA and person HA. Repeat for IC account (aviation) Repeat for CER, ERU units. Repeat only for CP1 units; CP2 units will not be transferred out of IC account (general/aviation) in the near future.</p> <p>*Scenario 2: Transfer exchanged units from PHA to Japan*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate exchanged units to a PHA</li> <li>2. Transfer exchanged units to an account in Japan</li> <li>3. Ensure the transaction ends in "Proposed" state (a Japanese registry is needed for further advance)</li> </ol> <p>*Scenario 3 (regression scenario of existing functionality): Ensure transfer exchanged units from Japan to ETS fails*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transfer CP1 exchanged units from Japan to an ETS account; exchanged unit blocks can be found in EUTL by the query: select * from exchanged_unit_block;</li> <li>2. Ensure the transaction is terminated with code 7657</li> </ol> <p>*Scenario 4: Ensure transfer exchanged units from Japan to PHA completes*</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transfer exchanged units from Japan to a PHA</li> <li>2. Ensure the transaction is completed</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		3. Navigate to the holdings of the PHA and ensure the transacted units are denoted with "NO (exchanged)" in the ESD Eligibility column. Repeat for CER, ERU units. Repeat for a subset of a transferred unit block; (e.g. if the unit block was 1-100, transfer back to PHA units 20-30). Repeat steps 1-2 for a personal holding account.	
Implementation of KP2-DA67-REQ-5, REQ-11 and REQ-10	[KP2-DA67-REQ-5] [REQ-11] [REQ-10]: Exchanged units are ineligible for ESD	<p>Scenario 1: Ensure exchanged units cannot be transferred to ESD</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate a PHA with exchanged units and not any non-exchanged units</li> <li>2. Navigate to its account holdings</li> <li>3. Ensure the exchanged units are flagged with ESD eligibility-&gt; "No (exchanged)"</li> <li>4. Ensure the transaction type "Transfer to ESD" is not available OR this transaction type is available and when clicked, the exchanged units are not able to be chosen for ESD transfer</li> </ol> Repeat for CER, ERU units. <p>Scenario 2 (regression): Ensure non-exchanged units can be transferred to ESD</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate a PHA with non-exchanged units.</li> <li>2. Navigate to its account holdings</li> <li>3. Ensure the transaction type "Transfer to ESD" is available.</li> <li>4. Propose a "Transfer to ESD" and choose non-exchanged units.</li> <li>5. Ensure the "Transfer to ESD" transaction completes normally.</li> </ol> Repeat for CER, ERU units <p>Scenario 3: Ensure exchanged units cannot be transferred to ESD even if chosen along with non-exchanged units</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate a PHA with exchanged and non-exchanged units</li> <li>2. Navigate to its account holdings; ensure the exchanged and non-exchanged units are in different lines in the account holdings screen and are denoted as follows.                          -- Non-exchanged have in column ESD Eligibility: "Limit1", "Limit2", "Limit1+Limit2" or null                          -- Exchanged units have in column ESD Eligibility: "No (Exchanged)"</li> <li>3. Ensure the transaction type "Transfer to ESD" is available; initiate a "Transfer to ESD" transaction. Ensure that only the non-exchanged units appear in the unit selection screen; the exchanged units appearing in step [2] of this scenario do not appear in the unit selection screen.</li> <li>4. Choose non-exchanged units; ensure exchanged units cannot be selected; click "Next".</li> </ol> Repeat for CER, ERU units. Repeat for 1 unit being exchanged only.	PASSED
Implementation of KP2-DA67-REQ-1, REQ-2 and REQ-3	[KP2-DA67-REQ-1] & [REQ-2] & [REQ-3]: Allow transfers out of IC account (General/Aviation)	<p>Scenario 1: Ensure external transfer from IC account (general/aviation) is possible</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Connect as a user assigned as AR to an IC account (general) in Account Search screen.</li> <li>2. Search for IC account (general) and navigate to account holdings and propose an external transfer towards a PHA.</li> <li>3. Choose CP1 CER units.</li> <li>4. Approve the transaction as AAR assigned on the account.</li> <li>5. Ensure the transfer completes and the units are transferred to the destination account.</li> <li>6. Navigate to the destination PHA and ensure the transferred units in column "ESD Eligibility" state "No (exchanged)".</li> </ol> Repeat for ERU units. Repeat for IC account (aviation). Repeat with NA user assigned as AR on the account; the transaction must be approved by another NA assigned to the account. <p>Note that it is not in the scope of ETS 6.7.1 to transfer CP2 units out of IC account (general/aviation). Therefore this is not tested.</p>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
When proposing a transfer, only 10 unit types-commitment period combinations appeared; this is now fixed	Only 10 unit types displayed on transfer proposal screen	TEST CASES 1. Locate a KP account with unit_types/original period/applicable period combinations counting more than 10. 2. Navigate to its account holdings and propose a KP transfer 3. Ensure all possible combinations of unittypes/original period/applicable period appear, and they are more than 10 4. Propose a transfer to another KP account 5. Submit and approve the transfer 6. Ensure the transfer completes successfully	PASSED
Uploading an ESD eligibility list now ignores exchanged units	ESD limit marking of exchanged KP units that returned to ETS	*Scenario 1: ESD Limit XML upload omits the exchanged units.* 1. Locate the IC Accounts and select in EU CR the corresponding units blocks. This is achieved via the following query:  <pre>select ub.* from account acc, unit_block ub where acc.ACCOUNT_ID = ub.ACCOUNT_ID and identifier = 10000344 and registry_code = 'EU' order by 2;</pre> 2. Ensure column IS_EXCHANGED is set to 1, since all units in IC Accounts are exchanged. 3. Update manually these blocks so that they belong to no ESD list. This can be accomplished by setting ESD_ELIG1 and ESD_ELIG2 of the unit blocks of step 1 to null. 4. Delete from table EU CR.esd_sg_list and from EU TL.Esd_List_Project the record(s) pertaining to the specific project and country. Upload an ESD limits XML for LIMIT1 (ESD General List) referencing the project, unit type and country used in step 1. 5. Ensure that the units of step 1.1 were not marked as belonging to the limit of the XML, so their column ESD_ELIG1 is null. Repeat for ESD_ELIG2 and (ESD Special List).  *Scenario 2: ESD Limit entry via EU CR screen omits exchanged units.* 1. Locate a project, country and unit type contained in the IC Account, for example: project=1, country=RO, unit_type=CER 2. Ensure this set of values does not exist in ESD General list. 3. Add it in ESD General list via ESD->View ESD Eligibility Lists-> Insert 4. Wait until the change is propagated to EU TL. 5. Ensure the exchanged units are not marked in Limit1 but non-exchanged units are marked; this can be accomplished via the query of step 1.1. 6. Update the project value from 1 to 2; ensure the unit blocks pertaining to project=1, country=RO, unit_type=CER are now unmarked in EU TL. 7. Update the project value from 2 back to 1. 8. Delete the list value <<project=1, country=RO, unit_type=CER>> via ESD->View ESD Eligibility Lists->Search->Delete 9. Ensure all the units in EU TL which were marked by <<project=1, country=RO, unit_type=CER>> are now un-marked. Repeat for ESD_ELIG2 and (ESD Special List). Note: The notation "step 1.3" refers to scenario 1 step 3.	PASSED
There is no possibility to choose a project when sending KP units to ESD; this is now fixed	There is no possibility to choose a project when sending KP units to ESD	1. Connect as NA and locate a PHA with units in Limit1, for a member-state with enough entitlement in ESD account of current year. 2. Navigate to account holdings and propose a transaction of type "transfer to ESD compliance account" 3. Ensure the next screen "Transfer credits to ESD compliance account" contains a Project ID. 4. Choose one project from the drop-down list and submit the transaction request. 5. Approve the transaction request as another NA 6. Ensure the transaction completes and the transaction blocks of the completed transaction contain only units of the project chosen in step [4].	PASSED
Proposed transfer to ESD increases displayed balance for exchanged units; this is now fixed	Proposed transfer to ESD increases displayed	1. Connect as NA and navigate to a PHA which contains some exchanged units and which has limit 1 in ESD for the current year. 2. Propose a transfer to ESD and enter a quantity to transfer. 3. After proposal, return to account holdings	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
The message pertaining to rule 80000 was wrong; this is now fixed	Wrong label substituted instead "Aviation Allowance"	<p>4. Ensure in account holdings screen only the "Reserved for Transaction" column has been increased for the rows pertaining to the quantities reserved in step [2].</p> <p>5. Cancel the transaction request and ensure the account holdings return to the same quantities as in step [2].</p> <p>Since the error check for rule 80000 is the same throughout the application and since auction deliveries may not exist in the test system, the following scenario can test this functionality:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Login ETS as NA</li> <li>2. Search for AOHA and select one with aviation allowances</li> <li>3. Navigate to account holdings and propose a transfer or allowances</li> <li>4. Propose a transfer to an account in TAL</li> <li>5. Enter more aviation allowances than available and click "submit"</li> <li>6. Ensure the following error message appears: "80000: The amount &lt;&lt;qty entered&gt;&gt; of Aviation Allowance is not available in the account: &lt;&lt;account identifier&gt;&gt;"</li> </ol>	PASSED
Uploading an ESD eligibility list now ignores exchanged units	ESD limit marking of exchanged KP units that returned to ETS	<p>Scenario 1: ESD Limit XML upload omits the exchanged units.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate the IC Accounts and select in EUTL the corresponding units blocks, pertaining to a specific project, country and unit type. This is achieved via the following query: select ub.* from account acc, account_holding ah, unit_block ub, unit_type_code utc where acc.ACCOUNT_ID = ah.ACCOUNT_ID and ah.BLOCK_ID = ub.BLOCK_ID and account_identifier = &lt;&lt;acct_identifier&gt;&gt; and registry_code = 'EU' and ub.UNIT_TYPE_CODE = utc.UNIT_TYPE_CODE and ub.unit_type_code = &lt;&lt;unit_type&gt;&gt; and originating_country_code = &lt;&lt;country&gt;&gt; and project_id = &lt;&lt;project&gt;&gt; order by 2;</li> <li>2. Ensure column IS_EXCHANGED is set to 1, since all units in IC Accounts are exchanged.</li> <li>3. Update manually these blocks so that they belong to no ESD list. This can be accomplished by setting ESD_ELIG1 and ESD_ELIG2 of the unit blocks of step 1 to null.</li> <li>4. Upload an ESD limits XML for LIMIT1 (ESD General List) referencing the project, unit type and country used in step 1.</li> <li>5. Ensure that the units of step 1.1 were not marked as belonging to the limit of the XML, so their column ESD_ELIG1 is null.</li> </ol> <p>Repeat for ESD_ELIG2 and (ESD Special List).</p> <p>Scenario 2: ESD Limit entry via EUCL screen omits exchanged units.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Locate a project, country and unit type contained in the IC Account, for example: project=1, country=RO, unit_type=CER</li> <li>2. Ensure this set of values does not exist in ESD General list.</li> <li>3. Add it in ESD General list via ESD-&gt;View ESD Eligibility Lists-&gt; Insert</li> <li>4. Wait until the change is propagated to EUTL.</li> <li>5. Ensure the exchanged units are not marked in Limit1 but non-exchanged units are marked; this can be accomplished via the query of step 1.1.</li> <li>6. Update the project value from 1 to 2; ensure the unit blocks pertaining to project=1, country=RO, unit_type=CER are now unmarked in EUTL.</li> <li>7. Update the project value from 2 back to 1.</li> <li>8. Delete the list value &lt;&lt;project=1, country=RO, unit_type=CER&gt;&gt; via ESD-&gt;View ESD Eligibility Lists-&gt;Search-&gt;Delete</li> <li>9. Ensure all the units in EUTL which were marked by &lt;&lt;project=1, country=RO, unit_type=CER&gt;&gt; are now un-marked.</li> </ol> <p>Repeat for ESD_ELIG2 and (ESD Special List).</p> <p>Note: The notation "step 1.3" refers to scenario 1 step 3.</p>	PASSED
Using Internet Explorer to access the site, for certain downloads an unrecoverable error is generated.	Unrecoverable error on downloads in Internet Explorer.	<p>Scenario A: Functionality tests using Internet Explorer.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Log in to Registry using Internet Explorer (checked on IE 9.0.8112) .</li> <li>2. Navigate to Accounts -&gt; Transactions -&gt; Search and locate a transaction -&gt; Click on the transaction Identifier -&gt; Click on "Transaction PDF". Ensure no error is generated</li> </ol>	PASSED

FEATURE	DESCRIPTION	TEST CASES	SAT Status
		<p>and the PDF file appears correctly.</p> <p>3. Navigate to Accounts -&gt; Accounts -&gt; Search and locate an account -&gt; Click on "Account Statements" -&gt; Enter Start Date and End Date and click on "Account Statement PDF" -&gt; Ensure no error is generated and the PDF file appears correctly.</p> <p>4. Click on Administration -&gt; View ICH Lists -&gt; Click on Export XML and Export CSV; ensure no error is generated and the XML/CSV files appear correctly.</p> <p>5. Click on EU ETS-&gt; Entitlements -&gt; Click on Search -&gt; Click on Export XML and Export CSV; ensure no error is generated and the XML/CSV files appear correctly.</p> <p>Scenario B: Regression tests using Firefox. Repeat the tests of Scenario A using Firefox.</p> <p>Scenario C: Regression tests using Chrome. Repeat the tests of Scenario A using Chrome.</p>	

**22.2.4.3 Annex H: test results EU – 07 March 2016****1 Introduction**

The tests were conducted on 22nd to 23rd February 2016. The environments used were ITL REG, EUTL and CSEUR ACC.

**1.1 Overview**

This is the test report for the 'EU custom Annex'. LV and LT are the registries used in this test.

This test follows the test plan produced by the UNFCCC and distributed in advance to all test participants

To set up the ITL REGISTRY environment for this testing, CGI App Support uploaded the provided government accounts, set the registries test limits and created the projects

**1.2 References**

Reference	Identifier	Title
01	DES	Technical Specifications for Data Exchange, version 2.0.1 draft 5 17 August 2015
02	Test Plan	EC Custom Annex H - Feb 2016 - Detailed Test Plan - v0.1

**2 Test Configuration****2.1 Registries**

Following registries are used

ZZ	XX	YY	QQ	RR
LV	LT	--NA--	--NA--	--NA--

**2.2 Additional Results**

At the end of each scenario the relevant ITL logs were captured.

A WebEx session is used for communication during the testing. This will be captured at the end of each day.

**3 TEST RESULTS**

Ref	Description	Pass/Fail Time	Notes
1.1	Successful AAU issuance in CP1	PASS	
1.2	Successful RMU issuance, LULUCF activity 1 in CP1	PASS	
1.3	Reconciliation	PASS	
2.1	Successful AAU conversion	PASS	
2.2	Successful RMU conversion	PASS	
3.1	Successful voluntary cancellation of CP1 AAUs	PASS	
3.2	Successful mandatory cancellation of CP1 AAUs	NA	Not performed because the EC indicated that this type of transaction and account are not enabled in their current software version
3.3	Cancellation to fulfil net source cancellation notification in CP1	PASS	
3.4	Cancellation to fulfil non-compliance cancellation notification in CP1	PASS	
3.5	Reconciliation	PASS	
4.1	External transfer attempt of CP1 units	PASS	
4.2	Receive CP1 and CP2 CERs, tCERs, ICERs and other units	PASS	We had an issue with the data set up in ITL; hence transactions were not successful initially. We have sorted out the issue and set the data correctly. Post this change transactions were successful
4.3	Reconciliation	NA	Skipped reconciliation, because the test 4.1 'External transfer' had to take one hour to complete.

Ref	Description	Pass/Fail	Notes
5.1	Retirement of AAUs, ERUs, CERs, and ICERs	PASS	
5.2	Reconciliation	PASS	
1.1bis	Successful AAU issuance in CP2	PASS	
1.2bis	Successful RMU issuance, LULUCF activity 1 in CP2	PASS	
3.1bis	Successful voluntary cancellation of CP2 AAUs	PASS	
3.2bis	Successful mandatory cancellation of CP2 AAUs	NA	Not Performed
3.5bis	Reconciliation	PASS	
4.1bis	External transfer of CP2 units	PASS	
5.1bis	Successful retirement of CP2 AAUs	PASS	
5.3bis	Unsuccessful attempt for Retirement of CP2 CERs	PASS	It took several attempts to get it to work as expected (unsuccessful transaction). The key was to re-enable the check in ITL REG and to restart the apps server
5.3ter	Successful Retirement of CP2 CERs	PASS	
5.2bis	Reconciliation	PASS	

**22.3 Zusatzinformationen zu den Trends der Treibhausgase**

Hier finden sie die detaillierten Tabellen zur Trenddiskussion der Kapitel 0.2 und 2.

Tabelle 520: Emissionsentwicklung in Deutschland, nach Treibhausgas und Quellgruppe

THG Emissionen/Senken, CO <sub>2</sub> -äquivalent (Gg)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Netto-CO <sub>2</sub> -Emissionen/ -Einbindungen	1.017.974	982.607	933.762	924.366	904.907	903.302	923.473	894.803	886.503	857.909	859.579	875.326	893.154	892.397	875.261
CO <sub>2</sub> -Emissionen (ohne LULUCF)	1.050.959	1.013.077	964.945	955.392	939.099	938.047	958.267	930.667	922.676	895.245	899.204	915.554	899.073	900.303	886.289
CH <sub>4</sub>	118.443	112.861	109.426	109.968	106.123	103.932	101.319	97.111	91.913	91.322	87.059	83.445	79.583	76.235	71.240
N <sub>2</sub> O	65.239	62.824	63.835	61.067	61.946	61.291	62.559	59.693	46.802	43.364	43.385	44.770	43.965	43.600	45.749
HFC	5.756	5.283	5.510	7.708	8.170	8.379	7.718	8.343	8.946	9.108	8.050	9.144	9.816	9.123	9.427
PFC	3.060	2.655	2.407	2.256	1.919	2.086	2.041	1.653	1.782	1.485	956	870	946	1.016	977
SF <sub>6</sub>	4.428	4.746	5.238	5.974	6.249	6.467	6.162	6.109	5.889	4.290	4.072	3.752	3.087	3.034	3.244
NF <sub>3</sub>	7	7	7	7	7	5	7	8	8	7	9	8	12	19	23
<i>Gesamt-Emissionen / -Einbindungen inkl. LULUCF</i>	<i>1.214.906</i>	<i>1.170.982</i>	<i>1.120.185</i>	<i>1.111.346</i>	<i>1.089.322</i>	<i>1.085.463</i>	<i>1.103.279</i>	<i>1.067.721</i>	<i>1.041.842</i>	<i>1.007.485</i>	<i>1.003.112</i>	<i>1.017.314</i>	<i>1.030.563</i>	<i>1.025.425</i>	<i>1.005.921</i>
<i>Gesamt-Emissionen ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF</i>	<i>1.247.892</i>	<i>1.201.452</i>	<i>1.151.368</i>	<i>1.142.373</i>	<i>1.123.514</i>	<i>1.120.208</i>	<i>1.138.073</i>	<i>1.103.585</i>	<i>1.078.014</i>	<i>1.044.821</i>	<i>1.042.736</i>	<i>1.057.542</i>	<i>1.036.481</i>	<i>1.033.330</i>	<i>1.016.949</i>

THG Emissionen/Senken, CO <sub>2</sub> -äquivalent (Gg)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Netto-CO <sub>2</sub> -Emissionen/ -Einbindungen	852.187	863.332	837.241	832.811	768.706	814.220	795.085	800.812	819.721	776.170
CO <sub>2</sub> -Emissionen (ohne LULUCF)	865.912	877.378	850.750	853.194	788.377	832.220	812.440	816.990	835.746	792.859
CH <sub>4</sub>	68.028	64.124	61.921	60.995	58.806	57.991	56.916	57.612	56.978	55.617
N <sub>2</sub> O	43.735	43.452	45.383	45.869	45.087	37.103	38.451	37.640	38.205	38.885
HFC	9.664	9.887	9.988	10.170	10.724	10.281	10.530	10.730	10.763	10.902
PFC	837	668	587	566	406	345	279	242	258	234
SF <sub>6</sub>	3.320	3.242	3.181	2.971	2.924	3.047	3.163	3.155	3.261	3.396
NF <sub>3</sub>	34	28	12	30	29	61	61	35	16	20
<i>Gesamt-Emissionen / -Einbindungen inkl. LULUCF</i>	<i>977.805</i>	<i>984.733</i>	<i>958.313</i>	<i>953.412</i>	<i>886.682</i>	<i>923.049</i>	<i>904.485</i>	<i>910.226</i>	<i>929.203</i>	<i>885.226</i>
<i>Gesamt-Emissionen ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF</i>	<i>991.530</i>	<i>998.779</i>	<i>971.822</i>	<i>973.795</i>	<i>906.353</i>	<i>941.049</i>	<i>921.840</i>	<i>926.404</i>	<i>945.227</i>	<i>901.914</i>

THG Emissionen/Senken, nach Quell- und Senkengruppen, CO <sub>2</sub> -äquivalent (Gg)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
1. Energie	1.035.684	999.090	950.610	941.560	919.273	917.311	938.327	907.305	897.601	873.168	869.840	889.954	873.600	869.004	852.095
2. Industrieprozesse	96.493	92.605	92.650	93.697	99.303	97.496	95.714	95.983	82.180	74.145	77.133	73.850	72.536	76.375	78.360
3. Landwirtschaft	77.698	70.378	68.140	67.335	65.954	67.368	67.367	66.463	66.444	67.250	66.967	66.535	64.447	63.525	63.462
4. Landnutzung, -sänderung & Forstwirtschaft	-31.279	-28.772	-29.458	-29.328	-32.500	-33.060	-33.105	-34.184	-34.496	-35.662	-37.952	-38.571	-4.273	-6.260	-9.403
CO <sub>2</sub>	-32.985	-30.470	-31.183	-31.026	-34.193	-34.745	-34.794	-35.864	-36.173	-37.336	-39.625	-40.228	-5.919	-7.906	-11.029
N <sub>2</sub> O & CH <sub>4</sub>	1.706	1.699	1.725	1.698	1.692	1.686	1.689	1.680	1.676	1.674	1.673	1.657	1.646	1.645	1.626
5. Abfall	36.311	37.680	38.243	38.082	37.291	36.347	34.976	32.154	30.113	28.584	27.123	25.547	24.252	22.781	21.407

THG Emissionen/Senken, nach Quell- und Senkengruppen, CO <sub>2</sub> -äquivalent (Gg)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1. Energie	831.685	841.251	815.072	819.658	761.731	801.420	781.217	787.897	806.408	762.338
2. Industrieprozesse	75.301	75.514	76.545	72.765	65.088	61.966	62.074	61.092	61.010	60.989
3. Landwirtschaft	62.920	62.024	61.446	63.776	63.105	62.309	63.936	63.498	64.650	66.070
4. Landnutzung, -sänderung & Forstwirtschaft	-12.110	-12.419	-11.873	-18.734	-18.007	-16.323	-15.667	-14.475	-14.317	-14.977
CO <sub>2</sub>	-13.725	-14.046	-13.509	-20.383	-19.671	-18.000	-17.355	-16.178	-16.025	-16.689
N <sub>2</sub> O & CH <sub>4</sub>	1.614	1.627	1.636	1.649	1.665	1.677	1.688	1.703	1.707	1.712
5. Abfall	20.011	18.363	17.124	15.948	14.765	13.677	12.924	12.213	11.452	10.805

Tabelle 521: Anteile an der Emissionsentwicklung in Deutschland, nach Treibhausgas und Quellgruppe

THG Emissionen/Senken, Anteile Treibhausgase ohne CO <sub>2</sub> aus LULUCF (%)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionen (ohne LULUCF)</b>	84,22	84,32	83,81	83,63	83,59	83,74	84,20	84,33	85,59	85,68	86,24	86,57	86,74	87,13	87,15	87,33	87,85	87,54	87,62	86,98	88,44	88,13	88,19	88,42	87,91
<b>CH<sub>4</sub></b>	9,49	9,39	9,50	9,63	9,45	9,28	8,90	8,80	8,53	8,74	8,35	7,89	7,68	7,38	7,01	6,86	6,42	6,37	6,26	6,49	6,16	6,17	6,22	6,03	6,17
<b>N<sub>2</sub>O</b>	5,23	5,23	5,54	5,35	5,51	5,47	5,50	5,41	4,34	4,15	4,16	4,23	4,24	4,22	4,50	4,41	4,35	4,67	4,71	4,97	3,94	4,17	4,06	4,04	4,31
<b>HFC</b>	0,46	0,44	0,48	0,67	0,73	0,75	0,68	0,76	0,83	0,87	0,77	0,86	0,95	0,88	0,93	0,97	0,99	1,03	1,04	1,18	1,09	1,14	1,16	1,14	1,21
<b>PFC</b>	0,25	0,22	0,21	0,20	0,17	0,19	0,18	0,15	0,17	0,14	0,09	0,08	0,09	0,10	0,10	0,08	0,07	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
<b>SF<sub>6</sub></b>	0,35	0,40	0,45	0,52	0,56	0,58	0,54	0,55	0,55	0,41	0,39	0,35	0,30	0,29	0,32	0,33	0,32	0,33	0,31	0,32	0,32	0,34	0,34	0,35	0,38
<b>NF<sub>3</sub></b>	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0006	0,0007	0,0007	0,0006	0,0009	0,0007	0,0012	0,0019	0,0022	0,0035	0,0028	0,0012	0,0030	0,0032	0,0065	0,0066	0,0038	0,0017	0,0022
<b>Summe</b>	<b>100,0</b>																								
<b>THG Emissionen/Senken, Anteile Quell- &amp; Senkengruppen ohne CO<sub>2</sub> aus LULUCF (%)</b>																									
<b>1. Energie</b>	82,99	83,16	82,56	82,42	81,82	81,89	82,45	82,21	83,26	83,57	83,42	84,15	84,29	84,10	83,79	83,88	84,23	83,87	84,17	84,04	85,16	84,75	85,05	85,31	84,52
<b>2. Industrieprozesse</b>	7,73	7,71	8,05	8,20	8,84	8,70	8,41	8,70	7,62	7,10	7,40	6,98	7,00	7,39	7,71	7,59	7,56	7,88	7,47	7,18	6,58	6,73	6,59	6,45	6,76
<b>4. Landwirtschaft</b>	6,23	5,86	5,92	5,89	5,87	6,01	5,92	6,02	6,16	6,44	6,42	6,29	6,22	6,15	6,24	6,35	6,21	6,32	6,55	6,96	6,62	6,94	6,85	6,84	7,33
<b>4. Landnutzung, - sänderung &amp; Forstwirtschaft (N<sub>2</sub>O)</b>	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19
<b>5. Abfall</b>	2,91	3,14	3,32	3,33	3,32	3,24	3,07	2,91	2,79	2,74	2,60	2,42	2,34	2,20	2,11	2,02	1,84	1,76	1,64	1,63	1,45	1,40	1,32	1,21	1,20
<b>Summe</b>	<b>100,0</b>																								

Tabelle 522: Emissionen von direkten und indirekten Treibhausgasen und SO<sub>2</sub> in Deutschland seit 1990

Emissionsentwicklung (Gg)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Netto-CO <sub>2</sub> -Emissionen/ -Einbindungen	1.017.974	982.607	933.762	924.366	904.907	903.302	923.473	894.803	886.503	857.909	859.579	875.326	893.154	892.397	875.261
CO <sub>2</sub> -Emissionen (ohne LULUCF)	1.050.959	1.013.077	964.945	955.392	939.099	938.047	958.267	930.667	922.676	895.245	899.204	915.554	899.073	900.303	886.289
CH <sub>4</sub>	4.738	4.514	4.377	4.399	4.245	4.157	4.053	3.884	3.677	3.653	3.482	3.338	3.183	3.049	2.850
N <sub>2</sub> O	219	211	214	205	208	206	210	200	157	146	146	150	148	146	154
HFC (CO <sub>2</sub> -äquivalent)	5.756	5.283	5.510	7.708	8.170	8.379	7.718	8.343	8.946	9.108	8.050	9.144	9.816	9.123	9.427
PFC (CO <sub>2</sub> -äquivalent)	3.060	2.655	2.407	2.256	1.919	2.086	2.041	1.653	1.782	1.485	956	870	946	1.016	977
SF <sub>6</sub> (CO <sub>2</sub> -äquivalent)	4.428	4.746	5.238	5.974	6.249	6.467	6.162	6.109	5.889	4.290	4.072	3.752	3.087	3.034	3.244
NF <sub>3</sub> (CO <sub>2</sub> -äquivalent)	7	7	7	7	7	5	7	8	8	7	9	8	12	19	23
NO <sub>x</sub>	2.885	2.642	2.496	2.388	2.200	2.166	2.094	2.028	2.005	1.980	1.927	1.849	1.771	1.715	1.649
SO <sub>2</sub>	5.312	3.927	3.200	2.849	2.379	1.707	1.445	1.209	974	796	646	626	563	536	497
NM VOC	3.389	2.903	2.669	2.517	2.106	2.025	1.957	1.931	1.889	1.745	1.599	1.496	1.427	1.358	1.366
CO	12.579	10.347	8.963	8.160	6.809	6.438	5.986	5.850	5.407	5.063	4.792	4.615	4.341	4.160	3.924
Emissionsentwicklung (Gg)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014					
Netto-CO <sub>2</sub> -Emissionen/ -Einbindungen	852.187	863.332	837.241	832.811	768.706	814.220	795.085	800.812	819.721	776.170					
CO <sub>2</sub> -Emissionen (ohne LULUCF)	865.912	877.378	850.750	853.194	788.377	832.220	812.440	816.990	835.746	792.859					
CH <sub>4</sub>	2.721	2.565	2.477	2.440	2.352	2.320	2.277	2.304	2.279	2.225					
N <sub>2</sub> O	147	146	152	154	151	125	129	126	128	130					
HFC (CO <sub>2</sub> -äquivalent)	9.664	9.887	9.988	10.170	10.724	10.281	10.530	10.730	10.763	10.902					
PFC (CO <sub>2</sub> -äquivalent)	837	668	587	566	406	345	279	242	258	234					
SF <sub>6</sub> (CO <sub>2</sub> -äquivalent)	3.320	3.242	3.181	2.971	2.924	3.047	3.163	3.155	3.261	3.396					
NF <sub>3</sub> (CO <sub>2</sub> -äquivalent)	34	28	12	30	29	61	61	35	16	20					
NO <sub>x</sub>	1.573	1.557	1.486	1.412	1.312	1.337	1.316	1.274	1.271	1.223					
SO <sub>2</sub>	474	476	460	460	411	432	428	413	410	387					
NM VOC	1.337	1.323	1.265	1.213	1.126	1.235	1.165	1.133	1.110	1.041					
CO	3.718	3.651	3.561	3.492	3.086	3.528	3.447	3.090	3.115	2.959					

Tabelle 523: Veränderungen der Emissionen direkter und indirekter Treibhausgase und SO<sub>2</sub> in Deutschland seit 1990

<b>Emissions Trends Changes compared to base year (%)</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Net CO <sub>2</sub> emissions/removals	0,0	-3,5	-8,3	-9,2	-11,1	-11,3	-9,3	-12,1	-12,9	-15,7	-15,6	-14,0	-12,3	-12,3	-14,0	-16,3	-15,2	-17,8	-18,2	-24,5	-20,0	-21,9	-21,3	-19,5	-23,8
CO <sub>2</sub> emissions (without LULUCF)	0,0	-3,6	-8,2	-9,1	-10,6	-10,7	-8,8	-11,4	-12,2	-14,8	-14,4	-12,9	-14,5	-14,3	-15,7	-17,6	-16,5	-19,1	-18,8	-25,0	-20,8	-22,7	-22,3	-20,5	-24,6
CH <sub>4</sub>	0,0	-4,7	-7,6	-7,2	-10,4	-12,3	-14,5	-18,0	-22,4	-22,9	-26,5	-29,5	-32,8	-35,6	-39,9	-42,6	-45,9	-47,7	-48,5	-50,4	-51,0	-51,9	-51,4	-51,9	-53,0
N <sub>2</sub> O	0,0	-3,7	-2,2	-6,4	-5,0	-6,1	-4,1	-8,5	-28,3	-33,5	-33,5	-31,4	-32,6	-33,2	-29,9	-33,0	-33,4	-30,4	-29,7	-30,9	-43,1	-41,1	-42,3	-41,4	-40,4
HFC							-7,9	-0,4	+6,8	+8,7	-3,9	+9,1	+17,1	+8,9	+12,5	+15,3	+18,0	+19,2	+21,4	+28,0	+22,7	+25,7	+28,0	+28,4	+30,1
PFC							-2,1	-20,7	-14,6	-28,8	-54,1	-58,3	-54,7	-51,3	-53,1	-59,9	-68,0	-71,8	-72,9	-80,5	-83,4	-86,6	-88,4	-87,6	-88,8
SF <sub>6</sub>							-4,7	-5,5	-8,9	-33,7	-37,0	-42,0	-52,3	-53,1	-49,8	-48,7	-49,9	-50,8	-54,1	-54,8	-52,9	-51,1	-51,2	-49,6	-47,5
NF <sub>3</sub>							+36,5	+48,4	+43,4	+26,4	+68,6	+47,8	+131,0	+266,3	+331,3	+552,0	+426,3	+127,3	+459,5	+449,8	+1061,4	+1057,1	+565,6	+203,0	+283,4
<b>Total Emissions/Removals with LULUCF</b>	0,0	-3,9	-8,1	-8,8	-10,6	-10,9	-9,5	-12,4	-14,5	-17,3	-17,7	-16,5	-15,4	-15,9	-17,5	-19,8	-19,2	-21,4	-21,8	-27,2	-24,3	-25,8	-25,3	-23,7	-27,4
<b>Total Emissions without CO<sub>2</sub> from LULUCF</b>	0,0	-4,0	-8,0	-8,7	-10,2	-10,5	-9,1	-11,8	-13,9	-16,5	-16,7	-15,5	-17,2	-17,4	-18,7	-20,8	-20,2	-22,4	-22,2	-27,6	-24,8	-26,3	-26,0	-24,5	-27,9
NO <sub>x</sub>	0,0	-8,4	-13,5	-17,2	-23,7	-24,9	-27,4	-29,7	-30,5	-31,4	-33,2	-35,9	-38,6	-40,5	-42,9	-45,5	-46,0	-48,5	-51,0	-54,5	-53,7	-54,4	-55,8	-55,9	-57,6
SO <sub>2</sub>	0,0	-26,1	-39,8	-46,4	-55,2	-67,9	-72,8	-77,2	-81,7	-85,0	-87,8	-88,2	-89,4	-89,9	-90,6	-91,1	-91,0	-91,3	-91,3	-92,3	-91,9	-91,9	-92,2	-92,3	-92,7
NMVOG	0,0	-14,3	-21,2	-25,7	-37,9	-40,2	-42,3	-43,0	-44,2	-48,5	-52,8	-55,8	-57,9	-59,9	-59,7	-60,5	-60,9	-62,7	-64,2	-66,8	-63,6	-65,6	-66,6	-67,2	-69,3
CO	0,0	-17,7	-28,7	-35,1	-45,9	-48,8	-52,4	-53,5	-57,0	-59,7	-61,9	-63,3	-65,5	-66,9	-68,8	-70,4	-71,0	-71,7	-72,2	-75,5	-72,0	-72,6	-75,4	-75,2	-76,5

Tabelle 524: Veränderungen der Emissionen direkter und indirekter Treibhausgase und SO<sub>2</sub> in Deutschland, seit dem jeweils letzten Jahr

<b>Emissions Trends Changes compared to previous year (%)</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
Net CO <sub>2</sub> emissions/removals	0,0	-3,5	-5,0	-1,0	-2,1	-0,2	+2,2	-3,1	-0,9	-3,2	+0,2	+1,8	+2,0	-0,1	-1,9	-2,6	+1,3	-3,0	-0,5	-7,7	+5,9	-2,4	+0,7	+2,4	-5,3
CO <sub>2</sub> emissions (without LULUCF)	0,0	-3,6	-4,8	-1,0	-1,7	-0,1	+2,2	-2,9	-0,9	-3,0	+0,4	+1,8	-1,8	+0,1	-1,6	-2,3	+1,3	-3,0	+0,3	-7,6	+5,6	-2,4	+0,6	+2,3	-5,1
CH <sub>4</sub>	0,0	-4,7	-3,0	+0,5	-3,5	-2,1	-2,5	-4,2	-5,4	-0,6	-4,7	-4,2	-4,6	-4,2	-6,6	-4,5	-5,7	-3,4	-1,5	-3,6	-1,4	-1,9	+1,2	-1,1	-2,4
N <sub>2</sub> O	0,0	-3,7	+1,6	-4,3	+1,4	-1,1	+2,1	-4,6	-21,6	-7,3	+0,0	+3,2	-1,8	-0,8	+4,9	-4,4	-0,6	+4,4	+1,1	-1,7	-17,7	+3,6	-2,1	+1,5	+1,8
HFC	0,0	-8,2	+4,3	+39,9	+6,0	+2,6	-7,9	+8,1	+7,2	+1,8	-11,6	+13,6	+7,3	-7,1	+3,3	+2,5	+2,3	+1,0	+1,8	+5,4	-4,1	+2,4	+1,9	+0,3	+1,3
PFC	0,0	-13,3	-9,3	-6,3	-15,0	+8,7	-2,1	-19,0	+7,8	-16,7	-35,6	-9,1	+8,7	+7,4	-3,8	-14,4	-20,1	-12,1	-3,6	-28,3	-14,9	-19,4	-13,0	+6,6	-9,3
SF <sub>6</sub>	0,0	+7,2	+10,4	+14,0	+4,6	+3,5	-4,7	-0,9	-3,6	-27,2	-5,1	-7,9	-17,7	-1,7	+6,9	+2,4	-2,4	-1,9	-6,6	-1,6	+4,2	+3,8	-0,3	+3,4	+4,1
NF <sub>3</sub>	0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-23,1	+36,5	+8,7	-3,4	-11,9	+33,4	-12,3	+56,2	+58,6	+17,7	+51,2	-19,3	-56,8	+146,2	-1,7	+111,2	-0,4	-42,5	-54,5	+26,5
<b>Total Emissions/Removals with LULUCF</b>	<b>0,0</b>	<b>-3,6</b>	<b>-4,3</b>	<b>-0,8</b>	<b>-2,0</b>	<b>-0,4</b>	<b>+1,6</b>	<b>-3,2</b>	<b>-2,4</b>	<b>-3,3</b>	<b>-0,4</b>	<b>+1,4</b>	<b>+1,3</b>	<b>-0,5</b>	<b>-1,9</b>	<b>-2,8</b>	<b>+0,7</b>	<b>-2,7</b>	<b>-0,5</b>	<b>-7,0</b>	<b>+4,1</b>	<b>-2,0</b>	<b>+0,6</b>	<b>+2,1</b>	<b>-4,7</b>
<b>Total Emissions without CO<sub>2</sub> from LULUCF</b>	<b>0,0</b>	<b>-3,7</b>	<b>-4,2</b>	<b>-0,8</b>	<b>-1,7</b>	<b>-0,3</b>	<b>+1,6</b>	<b>-3,0</b>	<b>-2,3</b>	<b>-3,1</b>	<b>-0,2</b>	<b>+1,4</b>	<b>-2,0</b>	<b>-0,3</b>	<b>-1,6</b>	<b>-2,5</b>	<b>+0,7</b>	<b>-2,7</b>	<b>+0,2</b>	<b>-6,9</b>	<b>+3,8</b>	<b>-2,0</b>	<b>+0,5</b>	<b>+2,0</b>	<b>-4,6</b>
NO <sub>x</sub>	0,0	-8,4	-5,6	-4,3	-7,9	-1,6	-3,3	-3,1	-1,2	-1,2	-2,7	-4,0	-4,2	-3,1	-3,9	-4,6	-1,0	-4,6	-4,9	-7,1	+1,9	-1,6	-3,1	-0,2	-3,8
SO <sub>2</sub>	0,0	-26,1	-18,5	-11,0	-16,5	-28,3	-15,4	-16,3	-19,4	-18,2	-18,9	-3,0	-10,0	-4,9	-7,2	-4,7	+0,6	-3,4	+0,1	-10,6	+5,1	-1,0	-3,6	-0,5	-5,7
NMVOG	0,0	-14,3	-8,1	-5,7	-16,3	-3,8	-3,4	-1,3	-2,1	-7,6	-8,4	-6,4	-4,6	-4,8	+0,6	-2,1	-1,1	-4,4	-4,1	-7,1	+9,7	-5,7	-2,7	-2,1	-6,2
CO	0,0	-17,7	-13,4	-9,0	-16,6	-5,4	-7,0	-2,3	-7,6	-6,4	-5,4	-3,7	-5,9	-4,2	-5,7	-5,2	-1,8	-2,5	-1,9	-11,6	+14,3	-2,3	-10,3	+0,8	-5,0

Tabelle 525: Veränderungen der Emissionen in Deutschland nach Quellgruppen, seit 1990 / seit dem jeweils letzten Jahr

Emissionsentwicklung gegenüber 1990, Veränderung in %	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>1. Energie</b>	0,0%	-3,5%	-8,2%	-9,1%	-11,2%	-11,4%	-9,4%	-12,4%	-13,3%	-15,7%	-16,0%	-14,1%	-15,6%	-16,1%	-17,7%	-19,7%	-18,8%	-21,3%	-20,9%	-26,5%	-22,6%	-24,6%	-23,9%	-22,1%	-26,4%
<b>2. Industrieprozesse</b>	0,0%	-7,6%	-7,5%	-6,5%	-0,9%	-2,7%	-4,5%	-4,2%	-18,0%	-26,0%	-23,0%	-26,3%	-27,6%	-23,8%	-21,8%	-24,8%	-24,6%	-23,6%	-27,4%	-35,0%	-38,1%	-38,0%	-39,0%	-39,1%	-39,1%
<b>3. Landwirtschaft</b>	0,0%	-9,4%	-12,3%	-13,3%	-15,1%	-13,3%	-13,3%	-14,5%	-14,5%	-13,4%	-13,8%	-14,4%	-17,1%	-18,2%	-18,3%	-19,0%	-20,2%	-20,9%	-17,9%	-18,8%	-19,8%	-17,7%	-18,3%	-16,8%	-15,0%
<b>4. Landnutzung, -sänderung &amp; Forstwirtschaft (N<sub>2</sub>O &amp; CH<sub>4</sub>)</b>	0,0%	-0,4%	1,1%	-0,5%	-0,8%	-1,2%	-1,0%	-1,5%	-1,7%	-1,9%	-2,0%	-2,9%	-3,5%	-3,6%	-4,7%	-5,4%	-4,6%	-4,1%	-3,3%	-2,4%	-1,7%	-1,1%	-0,2%	0,1%	0,4%
<b>5. Abfall</b>	0,0%	3,8%	5,3%	4,9%	2,7%	0,1%	-3,7%	-11,4%	-17,1%	-21,3%	-25,3%	-29,6%	-33,2%	-37,3%	-41,0%	-44,9%	-49,4%	-52,8%	-56,1%	-59,3%	-62,3%	-64,4%	-66,4%	-68,5%	-70,2%
Emissionsentwicklung, gegenüber dem jeweils letzten Jahr, Veränderung in %	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>1. Energie</b>	0,0%	-3,5%	-4,9%	-1,0%	-2,4%	-0,2%	2,3%	-3,3%	-1,1%	-2,7%	-0,4%	2,3%	-1,8%	-0,5%	-1,9%	-2,4%	1,2%	-3,1%	0,6%	-7,1%	5,2%	-2,5%	0,9%	2,3%	-5,5%
<b>2. Industrieprozesse</b>	0,0%	-4,0%	0,0%	1,1%	6,0%	-1,8%	-1,8%	0,3%	-14,4%	-9,8%	4,0%	-4,3%	-1,8%	5,3%	2,6%	-3,9%	0,3%	1,4%	-4,9%	-10,6%	-4,8%	0,2%	-1,6%	-0,1%	0,0%
<b>3. Landwirtschaft</b>	0,0%	-9,4%	-3,2%	-1,2%	-2,1%	2,1%	0,0%	-1,3%	0,0%	1,2%	-0,4%	-0,6%	-3,1%	-1,4%	-0,1%	-0,9%	-1,4%	-0,9%	3,8%	-1,1%	-1,3%	2,6%	-0,7%	1,8%	2,2%
<b>4. Landnutzung, -sänderung &amp; Forstwirtschaft (N<sub>2</sub>O &amp; CH<sub>4</sub>)</b>	0,0%	-0,4%	1,5%	-1,6%	-0,3%	-0,4%	0,2%	-0,5%	-0,3%	-0,1%	-0,1%	-0,9%	-0,7%	-0,1%	-1,2%	-0,7%	0,8%	0,5%	0,8%	1,0%	0,7%	0,7%	0,9%	0,3%	0,3%
<b>5. Abfall</b>	0,0%	3,8%	1,5%	-0,4%	-2,1%	-2,5%	-3,8%	-8,1%	-6,3%	-5,1%	-5,1%	-5,8%	-5,1%	-6,1%	-6,0%	-6,5%	-8,2%	-6,8%	-6,9%	-7,4%	-7,4%	-5,5%	-5,5%	-6,2%	-5,7%

## 22.4 Rückrechnungen: detaillierte Betrachtung auf Grundlage von CRF Table 8

The following tables provide a numeric overview of the recalculated emission estimates for 1990 and 2013 as provided in CRF Table 8 of the current CRF submission. For explanatory information on the revisions carried out against submission 2015 please refer to chapter 10.1 - Erklärung und Rechtfertigung der Rückrechnungen and the respective sectoral chapters included in this report.

### 22.4.1 Overview 1990

Tabelle 526: Detailed numeric overview of re-estimated CO<sub>2</sub> emissions 1990

CO <sub>2</sub>	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total national emissions and removals</b>	<b>1.016.519,77</b>	<b>1.017.973,58</b>	<b>1.453,81</b>	<b>0,143</b>	<b>0,138</b>	<b>0,143</b>
<b>1. Energy</b>	<b>989.930,25</b>	<b>989.769,47</b>	<b>-160,78</b>	<b>-0,016</b>	<b>-0,015</b>	<b>-0,016</b>
A. Fuel combustion activities	985.866,64	985.704,89	-161,75	-0,016	-0,015	-0,016
1. Energy Industries	423.905,59	423.905,78	0,18	0,000	0,000	0,000
2. Manufacturing industries and construction	185.117,04	185.088,53	-28,51	-0,015	-0,003	-0,003
3. Transport	161.953,93	161.882,41	-71,51	-0,044	-0,007	-0,007
4. Other sectors	203.098,18	203.030,67	-67,51	-0,033	-0,006	-0,007
5. Other	11.791,90	11.797,50	5,60	0,047	0,001	0,001
B. Fugitive emissions from fuels	4.063,61	4.064,58	0,98	0,024	0,000	0,000
1. Solid fuels	1.832,80	1.832,80	0,00	0,000	0,000	0,000
2. Oil and natural gas	2.230,80	2.231,78	0,98	0,044	0,000	0,000
C. CO <sub>2</sub> Transport and storage	NA	NO				
<b>2. Industrial processes and product use</b>	<b>59.198,29</b>	<b>59.285,15</b>	<b>86,86</b>	<b>0,147</b>	<b>0,008</b>	<b>0,009</b>
A. Mineral industry	22.780,12	22.780,12	0,00	0,000	0,000	0,000
B. Chemical industry	8.021,46	8.109,38	87,92	1,096	0,008	0,009
C. Metal industry	25.073,48	25.073,48	0,00	0,000	0,000	0,000
D. Non-energy products from fuels and solvent use	3.323,23	3.322,16	-1,06	-0,032	0,000	0,000
<b>3. Agriculture</b>	<b>1.756,47</b>	<b>1.904,39</b>	<b>147,92</b>	<b>8,421</b>	<b>0,014</b>	<b>0,015</b>
G. Liming	1.276,87	1.424,79	147,92	11,585	0,014	0,015
<b>4. Land use, land-use change and forestry (net)<sup>(4)</sup></b>	<b>-34.365,24</b>	<b>-32.985,43</b>	<b>1.379,81</b>	<b>-4,015</b>		<b>0,136</b>
A. Forest land	-74.537,16	-75.539,23	-1.002,07	1,344		-0,098
B. Cropland	15.474,54	12.469,90	-3.004,64	-19,417		-0,295
C. Grassland	20.882,06	25.538,08	4.656,02	22,297		0,457
D. Wetlands	2.626,47	4.064,27	1.437,81	54,743		0,141
E. Settlements	2.548,86	1.811,90	-736,96	-28,913		-0,072
G. Harvested wood products	-1.360,00	-1.330,35	29,65	-2,180		0,003
<b>5. Waste</b>	<b>NE,NA,NO</b>	<b>NO,NA,NE</b>				
<b>6. Other (as specified in summary 1.A)</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				
<b>Memo items:</b>						
International bunkers	18.275,11	18.364,98	89,87	0,492	0,009	0,009
Aviation	11.870,10	11.959,63	89,54	0,754	0,009	0,009
Navigation	6.405,01	6.405,35	0,34	0,005	0,000	0,000
<b>Multilateral operations</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				
CO <sub>2</sub> emissions from biomass	21.793,87	21.793,87	0,00	0,000	0,000	0,000
CO <sub>2</sub> captured	NA,NO	NO,NA				
Long-term storage of C in waste disposal sites	NO	NA				
Indirect CO <sub>2</sub>	NE,NA,NO	NA,NO				

Tabelle 527: Detailed numeric overview of re-estimated CH<sub>4</sub> emissions 1990

CH <sub>4</sub>	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total national emissions and removals</b>	<b>119.742,24</b>	<b>118.442,68</b>	<b>-1.299,55</b>	<b>-1,085</b>	<b>-1,105</b>	<b>-1,097</b>
<b>1. Energy</b>	<b>40.493,46</b>	<b>39.173,75</b>	<b>-1.319,71</b>	<b>-3,259</b>	<b>-1,123</b>	<b>-1,114</b>
A. Fuel combustion activities	5.270,07	5.269,71	-0,36	-0,007	0,000	0,000
1. Energy Industries	280,21	280,21	0,00	0,000	0,000	0,000
2. Manufacturing industries and construction	249,95	249,90	-0,05	-0,019	0,000	0,000
3. Transport	1.329,36	1.329,46	0,11	0,008	0,000	0,000
4. Other sectors	3.131,12	3.130,70	-0,42	-0,013	0,000	0,000
5. Other	279,43	279,43	0,00	0,001	0,000	0,000
B. Fugitive emissions from fuels	35.223,39	33.904,04	-1.319,36	-3,746	-1,122	-1,114
1. Solid fuels	25.553,44	25.553,44	0,00	0,000	0,000	0,000
2. Oil and natural gas	9.669,96	8.350,60	-1.319,36	-13,644	-1,122	-1,114
C. CO <sub>2</sub> Transport and storage						
<b>2. Industrial processes and product use</b>	<b>342,99</b>	<b>342,88</b>	<b>-0,11</b>	<b>-0,032</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
A. Mineral industry						
B. Chemical industry	333,80	333,69	-0,11	-0,033	0,000	0,000
C. Metal industry	4,67	4,67	0,00	0,000	0,000	0,000
G. Other product manufacture and use	4,53	4,53	0,00	0,000	0,000	0,000
<b>3. Agriculture</b>	<b>42.725,66</b>	<b>42.725,10</b>	<b>-0,55</b>	<b>-0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
A. Enteric fermentation	34.651,92	34.651,92	0,00	0,000	0,000	0,000
B. Manure management	8.073,45	8.072,91	-0,54	-0,007	0,000	0,000
J. Other	0,28	0,27	-0,01	-3,220	0,000	0,000
<b>4. Land use, land-use change and forestry (net)<sup>(4)</sup></b>	<b>854,81</b>	<b>875,64</b>	<b>20,83</b>	<b>2,436</b>		<b>0,018</b>
A. Forest land	51,92	20,08	-31,85	-61,335		-0,027
B. Cropland	263,15	195,96	-67,19	-25,533		-0,057
C. Grassland	489,53	593,83	104,29	21,304		0,088
D. Wetlands	11,59	41,76	30,18	260,438		0,025
E. Settlements	NO	NO				
F. Other land	NO	NO				
G. Harvested wood products						
H. Other	38,62	24,02	-14,61	-37,816		-0,012
<b>5. Waste</b>	<b>35.325,31</b>	<b>35.325,31</b>	<b>0,00</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>6. Other (as specified in summary 1.A)</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				
<b>Memo items:</b>						
<b>International bunkers</b>	<b>3,18</b>	<b>3,20</b>	<b>0,02</b>	<b>0,747</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
Aviation	1,13	1,13	0,00	0,364	0,000	0,000
Navigation	2,05	2,07	0,02	0,958	0,000	0,000
<b>Multilateral operations</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				

Tabelle 528: Detailed numeric overview of re-estimated N<sub>2</sub>O emissions 1990

N <sub>2</sub> O	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
				excl. LULUCF	incl. LULUCF	
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			[%]		
<b>Total national emissions and removals</b>	<b>65.825,26</b>	<b>65.239,05</b>	<b>-586,21</b>	<b>-0,891</b>	<b>-0,910</b>	<b>-0,899</b>
<b>1. Energy</b>	<b>6.741,07</b>	<b>6.740,58</b>	<b>-0,49</b>	<b>-0,007</b>	<b>-0,001</b>	<b>-0,001</b>
A. Fuel combustion activities	6.740,01	6.739,52	-0,49	-0,007	-0,001	-0,001
1. Energy Industries	3.167,08	3.167,08	0,00	0,000	0,000	0,000
2. Manufacturing industries and construction	1.342,54	1.342,47	-0,07	-0,005	0,000	0,000
3. Transport	1.193,33	1.192,61	-0,71	-0,060	-0,001	-0,001
4. Other sectors	975,75	976,05	0,30	0,030	0,000	0,000
5. Other	61,31	61,31	0,00	-0,001	0,000	0,000
<b>2. Industrial processes and product use</b>	<b>23.586,99</b>	<b>23.586,98</b>	<b>0,00</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>3. Agriculture</b>	<b>33.407,31</b>	<b>33.068,80</b>	<b>-338,51</b>	<b>-1,013</b>	<b>-0,526</b>	<b>-0,519</b>
B. Manure management	5.114,30	5.085,40	-28,90	-0,565	-0,045	-0,044
D. Agricultural soils <sup>(3)</sup>	28.292,89	27.983,28	-309,62	-1,094	-0,481	-0,475
<b>4. Land use, land-use change and forestry (net)<sup>(4)</sup></b>	<b>979,02</b>	<b>830,43</b>	<b>-148,60</b>	<b>-15,178</b>		<b>-0,228</b>
A. Forest land	410,24	231,45	-178,79	-43,581		-0,274
B. Cropland	268,09	254,95	-13,14	-4,901		-0,020
C. Grassland	1,48	1,50	0,02	1,473		0,000
D. Wetlands	10,45	21,55	11,10	106,145		0,017
E. Settlements	71,78	73,66	1,88	2,620		0,003
H. Other	105,90	138,77	32,87	31,038		0,050
<b>5. Waste</b>	<b>1.084,05</b>	<b>985,72</b>	<b>-98,34</b>	<b>-9,071</b>	<b>-0,153</b>	<b>-0,151</b>
D. Waste water treatment and discharge	1.068,09	969,75	-98,34	-9,207	-0,153	-0,151
<b>6. Other (as specified in summary 1.A)</b>	<b>26,82</b>	<b>26,54</b>	<b>-0,28</b>	<b>-1,028</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Memo items:</b>						
<b>International bunkers</b>	<b>192,85</b>	<b>194,04</b>	<b>1,18</b>	<b>0,612</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>
Aviation	111,25	112,09	0,84	0,758	0,001	0,001
Navigation	81,61	81,94	0,34	0,414	0,001	0,001
<b>Multilateral operations</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				
<b>Indirect N<sub>2</sub>O</b>	<b>IE,NE,NA,NO</b>	<b>NA,NO,IE</b>				

Tabelle 529: Detailed numeric overview of re-estimated HFC emissions 1990

HFCs	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
				excl. LULUCF	incl. LULUCF	
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	<b>50,32</b>	<b>50,32</b>	<b>0,00</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

Tabelle 530: Detailed numeric overview of re-estimated PFC emissions 1990

PFCs	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
				excl. LULUCF	incl. LULUCF	
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	<b>3060,23</b>	<b>3060,23</b>	<b>0,00</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

Tabelle 531: Detailed numeric overview of re-estimated SF<sub>6</sub> emissions 1990

SF <sub>6</sub>	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
				excl. LULUCF	incl. LULUCF	
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	<b>4.428,00</b>	<b>4.343,64</b>	<b>-84,36</b>	<b>-1,905</b>	<b>-1,942</b>	<b>-1,942</b>
2.E.1. Integrated circuit or semiconductor	84,36	NO	-84,36	-100,000	-1,942	-1,942

Tabelle 532: Detailed numeric overview of re-estimated unspecified mix emissions 1990

Unspecified mix of HFCs and PFCs	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	<b>5.703,88</b>	<b>5.705,72</b>	<b>1,84</b>	<b>0,032</b>	<b>0,042</b>	<b>0,042</b>
2.H. Other	136,80	138,64	1,84	1,347	0,042	0,042

Tabelle 533: Detailed numeric overview of re-estimated NF<sub>3</sub> emissions 1990

NF <sub>3</sub>	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	<b>6,88</b>	<b>6,88</b>	<b>0,00</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>

## 22.4.2 Overview 2013

Tabelle 534: Detailed numeric overview of re-estimated CO<sub>2</sub> emissions 2013

CO <sub>2</sub>	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total national emissions and removals</b>	<b>823.124,67</b>	<b>819.721,03</b>	<b>-3.403,64</b>	<b>-0,414</b>	<b>-0,407</b>	<b>-0,415</b>
<b>1. Energy</b>	<b>792.594,08</b>	<b>788.121,25</b>	<b>-4.472,83</b>	<b>-0,564</b>	<b>-0,535</b>	<b>-0,546</b>
A. Fuel combustion activities	789.610,20	785.127,10	-4.483,10	-0,568	-0,536	-0,547
1. Energy Industries	356.646,17	361.966,18	5.320,01	1,492	0,637	0,649
2. Manufacturing industries and construction	125.189,82	121.377,00	-3.812,82	-3,046	-0,456	-0,465
3. Transport	157.634,06	157.586,50	-47,56	-0,030	-0,006	-0,006
4. Other sectors	149.100,95	143.120,10	-5.980,85	-4,011	-0,716	-0,730
5. Other	1.039,20	1.077,33	38,13	3,669	0,005	0,005
B. Fugitive emissions from fuels	2.983,88	2.994,15	10,27	0,344	0,001	0,001
1. Solid fuels	706,97	706,97	0,00	0,000	0,000	0,000
2. Oil and natural gas	2.276,92	2.287,19	10,27	0,451	0,001	0,001
C. CO <sub>2</sub> Transport and storage	NA	NE,NO				
<b>2. Industrial processes and product use</b>	<b>45.359,64</b>	<b>44.972,81</b>	<b>-386,83</b>	<b>-0,853</b>	<b>-0,046</b>	<b>-0,047</b>
A. Mineral industry	18.512,67	18.500,75	-11,91	-0,064	-0,001	-0,001
B. Chemical industry	9.201,44	8.170,96	-1.030,48	-11,199	-0,123	-0,126
C. Metal industry	15.024,28	15.733,81	709,53	4,723	0,085	0,087
D. Non-energy products from fuels and solvent use	2.621,26	2.567,29	-53,96	-2,059	-0,006	-0,007
<b>3. Agriculture</b>	<b>2.651,51</b>	<b>2.651,54</b>	<b>0,03</b>	<b>0,001</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
G. Liming	1.956,47	1.956,50	0,03	0,001	0,000	0,000
J. Other	IE,NO	NO,NA				
<b>4. Land use, land-use change and forestry (net)<sup>(4)</sup></b>	<b>-17.480,56</b>	<b>-16.024,57</b>	<b>1.455,99</b>	<b>-8,329</b>		<b>0,178</b>
A. Forest land	-56.832,24	-58.101,40	-1.269,16	2,233		-0,155
B. Cropland	13.671,37	14.303,30	631,94	4,622		0,077
C. Grassland	22.237,57	22.250,52	12,95	0,058		0,002
D. Wetlands	2.452,97	3.961,71	1.508,73	61,506		0,184
E. Settlements	3.577,77	3.127,01	-450,76	-12,599		-0,055
G. Harvested wood products	-2.588,00	-1.565,71	1.022,29	-39,501		0,125
<b>5. Waste</b>	<b>NE,NA,NO</b>	<b>NO,NA,NE</b>				
<b>6. Other (as specified in summary 1.A)</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				
<b>Memo items:</b>						
<b>International bunkers</b>	<b>32.032,66</b>	<b>31.921,80</b>	<b>-110,86</b>	<b>-0,346</b>	<b>-0,013</b>	<b>-0,014</b>
Aviation	25.413,02	25.293,20	-119,82	-0,471	-0,014	-0,015
Navigation	6.619,64	6.628,60	8,96	0,135	0,001	0,001
<b>Multilateral operations</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				
<b>CO<sub>2</sub> emissions from biomass</b>	<b>96.944,13</b>	<b>98.745,33</b>	<b>1.801,20</b>	<b>1,858</b>	<b>0,216</b>	<b>0,220</b>
<b>CO<sub>2</sub> captured</b>	<b>NA,NO</b>	<b>NO,NA</b>				
<b>Long-term storage of C in waste disposal sites</b>	<b>NO</b>	<b>NA</b>				
<b>Indirect CO<sub>2</sub></b>	<b>NE,NA,NO</b>	<b>NA,NO</b>				

Tabelle 535: Detailed numeric overview of re-estimated CH<sub>4</sub> emissions 2013

CH <sub>4</sub>	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total national emissions and removals</b>	<b>59.475,04</b>	<b>56.978,03</b>	<b>-2.497,02</b>	<b>-4,198</b>	<b>-4,450</b>	<b>-4,382</b>
<b>1. Energy</b>	<b>15.293,12</b>	<b>12.760,90</b>	<b>-2.532,22</b>	<b>-16,558</b>	<b>-4,513</b>	<b>-4,444</b>
A. Fuel combustion activities	4.046,58	4.078,74	32,16	0,795	0,057	0,056
1. Energy Industries	2.257,02	2.511,10	254,08	11,257	0,453	0,446
2. Manufacturing industries and construction	265,37	263,82	-1,55	-0,585	-0,003	-0,003
3. Transport	156,87	156,49	-0,38	-0,240	-0,001	-0,001
4. Other sectors	1.365,89	1.145,85	-220,05	-16,110	-0,392	-0,386
5. Other	1,42	1,48	0,05	3,721	0,000	0,000
B. Fugitive emissions from fuels	11.246,54	8.682,16	-2.564,38	-22,801	-4,570	-4,501
1. Solid fuels	3.580,16	3.580,16	0,00	0,000	0,000	0,000
2. Oil and natural gas	7.666,38	5.102,01	-2.564,38	-33,450	-4,570	-4,501
<b>2. Industrial processes and product use</b>	<b>505,22</b>	<b>504,83</b>	<b>-0,39</b>	<b>-0,077</b>	<b>-0,001</b>	<b>-0,001</b>
A. Mineral industry						
B. Chemical industry	463,96	463,57	-0,39	-0,084	-0,001	-0,001
<b>3. Agriculture</b>	<b>32.171,76</b>	<b>32.214,93</b>	<b>43,17</b>	<b>0,134</b>	<b>0,077</b>	<b>0,076</b>
A. Enteric fermentation	24.712,83	24.710,63	-2,20	-0,009	-0,004	-0,004
B. Manure management	6.343,55	6.254,30	-89,25	-1,407	-0,159	-0,157
J. Other	1.115,38	1.250,00	134,62	12,069	0,240	0,236
<b>4. Land use, land-use change and forestry (net)<sup>(4)</sup></b>	<b>846,25</b>	<b>866,00</b>	<b>19,75</b>	<b>2,333</b>		<b>0,035</b>
A. Forest land	46,43	17,61	-28,82	-62,064		-0,051
B. Cropland	231,08	245,69	14,61	6,324		0,026
C. Grassland	517,61	519,77	2,16	0,417		0,004
D. Wetlands	12,27	42,95	30,67	249,981		0,054
H. Other	38,87	39,98	1,12	2,872		0,002
<b>5. Waste</b>	<b>10.658,70</b>	<b>10.631,37</b>	<b>-27,33</b>	<b>-0,256</b>	<b>-0,049</b>	<b>-0,048</b>
A. Solid waste disposal	9.850,00	9.850,00	0,00	0,000	0,000	0,000
B. Biological treatment of solid waste	737,59	711,87	-25,73	-3,488	-0,046	-0,045
D. Waste water treatment and discharge	65,24	65,24	0,00	0,000	0,000	0,000
E. Other	5,86	4,26	-1,60	-27,352	-0,003	-0,003
<b>6. Other (as specified in summary 1.A)</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				
<b>Memo items:</b>						
<b>International bunkers</b>	<b>4,50</b>	<b>4,55</b>	<b>0,05</b>	<b>1,080</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
Aviation	2,39	2,41	0,01	0,514	0,000	0,000
Navigation	2,11	2,15	0,04	1,722	0,000	0,000
<b>Multilateral operations</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				

Tabelle 536: Detailed numeric overview of re-estimated N<sub>2</sub>O emissions 2013

N <sub>2</sub> O	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total national emissions and removals</b>	<b>38.102,66</b>	<b>38.204,87</b>	<b>102,20</b>	<b>0,268</b>	<b>0,274</b>	<b>0,268</b>
<b>1. Energy</b>	<b>5.552,02</b>	<b>5.526,11</b>	<b>-25,90</b>	<b>-0,467</b>	<b>-0,069</b>	<b>-0,068</b>
A. Fuel combustion activities	5.551,85	5.525,94	-25,90	-0,467	-0,069	-0,068
1. Energy Industries	2.751,06	2.781,18	30,12	1,095	0,081	0,079
2. Manufacturing industries and construction	793,50	774,49	-19,01	-2,396	-0,051	-0,050
3. Transport	1.480,62	1.474,55	-6,06	-0,409	-0,016	-0,016
4. Other sectors	523,05	492,02	-31,02	-5,931	-0,083	-0,081
5. Other	3,62	3,69	0,07	1,940	0,000	0,000
B. Fugitive emissions from fuels	0,17	0,17	0,00	0,000	0,000	0,000
1. Solid fuels	NA	NA				
2. Oil and natural gas	0,17	0,17	0,00	0,000	0,000	0,000
<b>2. Industrial processes and product use</b>	<b>1.218,05</b>	<b>1.220,45</b>	<b>2,40</b>	<b>0,197</b>	<b>0,006</b>	<b>0,006</b>
A. Mineral industry						
B. Chemical industry	818,63	821,03	2,40	0,294	0,006	0,006
<b>3. Agriculture</b>	<b>29.419,23</b>	<b>29.783,45</b>	<b>364,22</b>	<b>1,238</b>	<b>0,975</b>	<b>0,953</b>
B. Manure management	3.911,88	3.856,68	-55,20	-1,411	-0,148	-0,144
D. Agricultural soils <sup>(3)</sup>	25.278,58	25.660,31	381,73	1,510	1,022	0,999
J. Other	228,77	266,46	37,69	16,473	0,101	0,099
<b>4. Land use, land-use change and forestry (net)<sup>(4)</sup></b>	<b>940,53</b>	<b>841,03</b>	<b>-99,51</b>	<b>-10,580</b>		<b>-0,260</b>
A. Forest land	311,43	149,34	-162,09	-52,047		-0,424
B. Cropland	308,97	283,84	-25,13	-8,134		-0,066
C. Grassland	4,35	4,48	0,13	3,101		0,000
D. Wetlands	11,24	22,10	10,86	96,600		0,028
E. Settlements	98,10	97,31	-0,80	-0,814		-0,002
H. Other	101,09	184,69	83,60	82,696		0,219
<b>5. Waste</b>	<b>960,91</b>	<b>820,64</b>	<b>-140,28</b>	<b>-14,598</b>	<b>-0,375</b>	<b>-0,367</b>
A. Solid waste disposal						
B. Biological treatment of solid waste	317,63	311,39	-6,24	-1,964	-0,017	-0,016
D. Waste water treatment and discharge	516,19	435,99	-80,20	-15,537	-0,215	-0,210
E. Other	127,10	73,26	-53,84	-42,361	-0,144	-0,141
<b>6. Other (as specified in summary 1.A)</b>	<b>11,92</b>	<b>13,19</b>	<b>1,27</b>	<b>10,630</b>	<b>0,003</b>	<b>0,003</b>
<b>Memo items:</b>						
<b>International bunkers</b>	<b>322,25</b>	<b>321,69</b>	<b>-0,56</b>	<b>-0,174</b>	<b>-0,002</b>	<b>-0,001</b>
Aviation	238,20	237,05	-1,14	-0,481	-0,003	-0,003
Navigation	84,06	84,64	0,58	0,694	0,002	0,002
<b>Multilateral operations</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>				
<b>Indirect N<sub>2</sub>O</b>	<b>IE,NE,NA,NO</b>	<b>NA,NO,IE</b>				

Tabelle 537: Detailed numeric overview of re-estimated HFC emissions 2013

HFCs	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	<b>10.567,70</b>	<b>10.569,43</b>	<b>1,73</b>	<b>0,016</b>	<b>0,016</b>	<b>0,016</b>
2.B.10. Other	NA					
2.F.1. Refrigeration and air conditioning	9.300,80	9.303,40	2,60	0,028	0,025	0,025
2.F.3. Fire protection	49,34	47,70	-1,64	-3,331	-0,016	-0,016
2.G.4. Other	7,12	7,89	0,77	10,882	0,007	0,007

Tabelle 538: Detailed numeric overview of re-estimated PFC emissions 2013

PFCs	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	256,79	258,24	1,45	0,565	0,562	0,562
2.B.9. Fluorochemical production		C				
2.B.10. Other	NA					
2.C.4. Magnesium production		NA				
2.C.7. Other	NA					
2.E.4. Heat transfer fluid	NE	C				
2.F.1. Refrigeration and air conditioning	9,39	10,85	1,45	15,447	0,562	0,562
2.G.2. SF6 and PFCs from other product use	C	C,NA				
2.G.4. Other	C	C,NA				
<b>2.H. Other</b>	<b>NA</b>	<b>NO</b>				

Tabelle 539: Detailed numeric overview of re-estimated SF<sub>6</sub> emissions 2013

SF <sub>6</sub>	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	3.261,13	3.261,20	0,07	0,002	0,002	0,002
2.C.7. Other	NA					
2.G.2. SF6 and PFCs from other product use	2.703,63	2.703,70	0,07	0,003	0,002	0,002

Tabelle 540: Detailed numeric overview of re-estimated unspecified mix emissions 2013

Unspecified mix of HFCs and PFCs	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	174,27	193,40	19,14	10,982	0,587	0,587
2.C.4. Magnesium production		NA				
2.C.7. Other	NA					
<b>2.H. Other</b>	<b>127,56</b>	<b>146,70</b>	<b>19,14</b>	<b>15,003</b>	<b>0,587</b>	<b>0,587</b>

Tabelle 541: Detailed numeric overview of re-estimated NF<sub>3</sub> emissions 2013

NF <sub>3</sub>	Previous submission	Latest submission	Difference	Impact on total emissions		
	CO <sub>2</sub> equivalent [kt]			excl. LULUCF	incl. LULUCF	
				[%]		
<b>Total Actual Emissions</b>	16,72	16,03	-0,69	-4,115	-0,021	-0,021
2.C.7. Other	NA					
2.E.3. Photovoltaics	6,88	6,19	-0,69	-10,000	-0,021	-0,021

## 23 ANHANG 7: TABELLE 6.1 DER IPCC GOOD PRACTICE GUIDANCE

Die Unsicherheiten für die deutschen Treibhausgasinventare sind vollständig für alle Kategorien ermittelt.

Begonnen wurde mit einer Ermittlung der Unsicherheiten nach Tier 1 bei den datenliefernden Experten der Facheinheiten im UBA sowie externen Einrichtungen.

Parallel wurden weitere Unsicherheitenangaben durch Expertenschätzungen ermittelt und in die Datenbank ZSE überführt. Es liegt mittlerweile ein überwiegend mittels Expertenschätzung bestimmter Unsicherheiten-Datenbestand vor. Um einen vollständigen Datensatz zu erreichen werden bei noch nicht vorliegenden Expertenschätzungen Unsicherheiten aus Daten der Fachliteratur herangezogen. Eine systematische und vollständige Durchführung der Expertenschätzungen wird kontinuierlich weiter geführt.

In Deutschland werden die Unsicherheiten nach der Tier 2 Methode alle 3 Jahre ermittelt.

Die Ergebnisse der diesjährigen Tier-1-Unsicherheitenanalyse sind nach den Vorgaben von Tabelle 3.2 der IPCC Guidelines 2006 in Tabelle 542 dargestellt.

Tabelle 542: Tabelle 6.1 der IPCC Good Practice Guidance - Details

CRF	Kategorie	Gas	Basisjahr-emissionen [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Emissionen 2014 [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Kombinierte Unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emission [%]	Kombinierte Unsicherheit Anteil [%]	Trend- unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Trend- unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Trend- unsicherheit der Emissionen [%]
1 A 1 a	all fuels	Methan	244770,5799	2288157,521	0	0	77,70187307	0,040353023	0	0	0
1 A 1 a	all fuels	Kohlendioxid	304600122,5	313295755,8	4,256921321	1,90708667	4,664585588	2,726317403	0,782601975	1,746892308	1,91418353
1 A 1 a	all fuels	Lachgas	2109962,225	2446803,158	0	0	21,10933237	0,003405558	0	0	0
1 A 1 b	all fuels	Kohlendioxid	19131150,13	17636109,86	3,091781222	4,862133535	5,761896705	0,013181893	0,112317047	0,071421267	0,133101902
1 A 1 b	all fuels	Methan	14926,14485	12794,54771	0	0	16,11279139	5,42541E-08	0	0	0
1 A 1 b	all fuels	Lachgas	62566,65688	53897,83861	0	0	31,02245227	3,56892E-06	0	0	0
1 A 1 c	all fuels	Methan	135624,3446	164301,2077	0	0	136,83252	0,00064521	0	0	0
1 A 1 c	all fuels	Lachgas	357751,5484	162819,7879	0	0	21,78902571	1,60669E-05	0	0	0
1 A 1 c	all fuels	Kohlendioxid	40220524,02	10249767,92	4,272540802	3,157174879	5,312471941	0,003784972	0,042386608	0,057360938	0,07132252
1 A 2 a	all fuels	Methan	61215,455	68669,77264	0	0	27,46268867	4,54003E-06	0	0	0
1 A 2 a	all fuels	Lachgas	118100,493	115583,4338	0	0	37,87101059	2,44594E-05	0	0	0
1 A 2 a	all fuels	Kohlendioxid	33097558,64	33834369,71	4,210121756	2,89903717	5,111706341	0,038184687	0,128477735	0,18658157	0,226537438
1 A 2 b	all fuels	Kohlendioxid	2051868,53	1378124,748	11,23139333	0,940050503	11,27066506	0,000307976	0,001696898	0,02027394	0,02034483
1 A 2 b	all fuels	Methan	1730,363813	1527,206896	0	0	71,62654526	1,52751E-08	0	0	0
1 A 2 b	all fuels	Lachgas	13862,8703	6775,757671	0	0	69,39721836	2,82255E-07	0	0	0
1 A 2 d	all fuels	Kohlendioxid	6869,001837	7134,8374	5,217618064	2,236122027	5,676599332	2,09404E-09	2,08976E-05	4,8761E-05	5,30504E-05
1 A 2 d	all fuels	Methan	1099,83	2850,8125	0	0	44,34048576	2,03976E-08	0	0	0
1 A 2 d	all fuels	Lachgas	4719,590496	12233,4066	0	0	53,13833468	5,39451E-07	0	0	0
1 A 2 e	all fuels	Kohlendioxid	1986645,421	247302,1575	5,586515375	1,369161374	5,751848129	2,58293E-06	0,000443505	0,00180961	0,001863165
1 A 2 e	all fuels	Methan	2040,082313	192,7002907	0	0	43,21540809	8,85285E-11	0	0	0
1 A 2 e	all fuels	Lachgas	18655,95326	2118,7584	0	0	57,32105276	1,88292E-08	0	0	0
1 A 2 f	all fuels	Kohlendioxid	18595352,46	12306627,79	3,719026478	0,903202506	3,827131133	0,002831823	0,01455929	0,05994933	0,061691937
1 A 2 f	all fuels	Methan	18003,83271	14287,89902	0	0	22,93914076	1,3713E-07	0	0	0
1 A 2 f	all fuels	Lachgas	173555,0608	112399,6039	0	0	27,72934589	1,24008E-05	0	0	0
1 A 2 g	all fuels	Kohlendioxid	88677386	70909775,87	3,702051989	0,826991606	3,793297253	0,092360705	0,076810963	0,343846512	0,35232137
1 A 2 g	all fuels	Methan	138169,1593	165105,1758	0,145963169	0,248137388	27,67838479	2,6659E-05	5,36623E-05	3,1566E-05	6,22579E-05
1 A 2 g	all fuels	Lachgas	644685,6402	521960,6608	1,250617589	8,75432312	16,1283247	9,04681E-05	0,005985168	0,000855024	0,006045933
1 A 3 a	Aviation Gasoline	Kohlendioxid	2427698,789	2208888,966	7,486567866	3,74384423	8,370487921	0,000436406	0,010831975	0,021660708	0,024218133
1 A 3 a	Aviation Gasoline	Methan	2395,220207	1943,86852	9,505013416	95,14802745	95,62161057	4,41049E-08	0,000242261	2,42011E-05	0,000243466
1 A 3 a	Aviation Gasoline	Lachgas	24289,80628	22012,09754	7,321039289	109,8325551	110,0762816	7,49465E-06	0,003166712	0,000211081	0,003173739
1 A 3 b	all fuels	Methan	728038,9584	144213,753	20,9795703	35,31595414	41,07747541	4,47984E-05	0,006671041	0,003962956	0,007759369
1 A 3 b	all fuels	Lachgas	1680885,539	1453461,97	9,654275534	26,59538955	28,29345828	0,002158841	0,05063211	0,01837974	0,053864881
1 A 3 b	all fuels	Kohlendioxid	166437327	153158843,4	9,411747534	0,750784786	9,441645484	2,669443882	0,150616843	1,888114573	1,894112477
1 A 3 c	all fuels	Kohlendioxid	2331400,585	1041542,446	9,724823712	2,9127691	10,1516708	0,000142715	0,003973736	0,01326706	0,013849385

CRF	Kategorie	Gas	Basisjahr- emissionen [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Emissionen 2014 [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Kombinierte Unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emission [%]	Kombinierte Unsicherheit Anteil [%]	Trend- unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Trend- unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Trend- unsicherheit der Emissionen [%]
1 A 3 c	all fuels	Methan	1994,991233	506,181285	8,640279414	26,23973035	27,62567424	2,4962E-10	1,73973E-05	5,72862E-06	1,83162E-05
1 A 3 c	all fuels	Lachgas	5582,80352	2804,749503	8,597013273	61,93076127	62,52461778	3,92583E-08	0,000227518	3,15833E-05	0,0002297
1 A 3 d	Diesel Oil	Kohlendioxid	2851323,051	1865389,779	16,88101052	1,891141289	16,98661036	0,001281722	0,004620719	0,041246208	0,041504226
1 A 3 d	Diesel Oil	Methan	1488,081927	705,4236581	19,51763142	24,64985791	31,44126956	6,27974E-10	2,27762E-05	1,8034E-05	2,90513E-05
1 A 3 d	Diesel Oil	Lachgas	24755,58937	18876,98709	9,528093157	86,42624806	86,94987587	3,4391E-06	0,00213695	0,000235589	0,002149897
1 A 3 e	all fuels	Kohlendioxid	1323713,912	1194642,302	2,797043448	0,932347816	2,94834267	1,5837E-05	0,001458921	0,004376764	0,004613514
1 A 3 e	all fuels	Methan	6486,955	5835,40506	0	0	69,97993512	2,12878E-07	0	0	0
1 A 3 e	all fuels	Lachgas	17686,3	10420,46877	0	0	48,39921528	3,24708E-07	0	0	0
1 A 4 a	all fuels	Kohlendioxid	53225961,68	32602169,55	7,774934064	1,117847147	7,854882681	0,083717002	0,047735879	0,332016153	0,335430232
1 A 4 a	all fuels	Methan	246170,4623	29704,76208	0,243351446	1,307726217	177,9475931	3,56679E-05	5,08814E-05	9,46839E-06	5,17549E-05
1 A 4 a	all fuels	Lachgas	132464,4426	73290,06847	2,217153812	15,57981263	94,64830542	6,14267E-05	0,001495627	0,000212842	0,001510696
1 A 4 b	all fuels	Kohlendioxid	128972932,5	84307256,69	8,222283215	1,406169112	8,341657679	0,613358313	0,155281068	0,907973947	0,921156283
1 A 4 b	all fuels	Methan	654389,1229	633384,2609	0,176531331	0,353250045	154,7826522	0,012269316	0,000293066	0,000146455	0,000327623
1 A 4 b	all fuels	Lachgas	457117,8467	279007,5032	0,078600829	0,78158468	80,23623558	0,000639756	0,000285633	2,87249E-05	0,000287073
1 A 4 c	all fuels	Kohlendioxid	7670382,919	5301301,372	13,2102748	2,019097389	13,36368641	0,00640706	0,01402025	0,091729778	0,092795041
1 A 4 c	all fuels	Methan	58683,7663	358752,241	0,212458136	0,505341479	71,75044038	0,000845823	0,000237463	9,98353E-05	0,000257596
1 A 4 c	all fuels	Lachgas	51591,99406	72353,73701	10,97837848	76,98018395	88,65066419	5,25203E-05	0,007295514	0,001040436	0,007369331
1 A 5	all fuels	Kohlendioxid	4004618,268	1016146,564	4,599792427	1,521680169	4,844956234	3,0941E-05	0,00202533	0,006122243	0,006448552
1 A 5	all fuels	Methan	14035,79978	1575,165834	2,076219297	16,79628296	32,36694654	3,31816E-09	3,46542E-05	4,28367E-06	3,49179E-05
1 A 5	all fuels	Lachgas	27281,31852	4081,965441	2,475649871	73,37436972	76,38951482	1,24122E-07	0,00039231	1,32365E-05	0,000392534
1 B 1	Solid Fuels	Kohlendioxid	933058,5908	706963,5309	1,123484878	18,72474797	36,44821889	0,000847594	0,017339197	0,001040352	0,01737038
1 B 1	Solid Fuels	Methan	19347784,96	2801850,493	0	0	36,66286164	0,013470506	0	0	0
1 B 2 a	Liquid Fuels	Kohlendioxid	279398,4645	289750,0728	20,29533571	20,29533571	29,08635541	9,06707E-05	0,007702572	0,007702572	0,010893082
1 B 2 a	Liquid Fuels	Methan	311168,393	228958,7367	0	0	27,49974278	5,06073E-05	0	0	0
1 B 2 b	Gaseous Fuels	Kohlendioxid	1760298,381	1265928,03	0	0	22,34295702	0,00102127	0	0	0
1 B 2 b	Gaseous Fuels	Methan	8369515,852	4849040,766	0,01362661	0,01362661	16,07904112	0,007760206	8,65485E-05	8,65485E-05	0,000122398
1 B 2 c		Kohlendioxid	437759,9641	366584,0356	0	0	125,4126929	0,002698183	0	0	0
1 B 2 c		Methan	1851,638154	2600,140794	0	0	37,22842613	1,19615E-08	0	0	0
1 B 2 c		Lachgas	547,2756198	159,972032	0	0	15,22211027	7,56971E-12	0	0	0
2 A 1		Kohlendioxid	15408313,7	12651561,1	0	0	3,201562119	0,00209437	0	0	0
2 A 2		Kohlendioxid	6159875,935	4972545,635	0	0	10,89839506	0,003749073	0	0	0
2 A 3 glass		Kohlendioxid	881306,2635	893698,2644	3,102476057	11,24567396	11,66578503	0,000138756	0,013164137	0,003631745	0,013655917
2 A 4 other		Kohlendioxid	759810,7112	536526,7703	7,212260501	2,003405695	19,65490579	0,00014196	0,001407915	0,005068492	0,005260403
2 B 1		Kohlendioxid	6528000	4797000	0	0	1	2,93752E-05	0	0	0
2 B 10		Lachgas	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>

CRF	Kategorie	Gas	Basisjahr- emissionen [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Emissionen 2014 [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Kombinierte Unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emission [%]	Kombinierte Unsicherheit Anteil [%]	Trend- unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Trend- unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Trend- unsicherheit der Emissionen [%]
2 B 2		Lachgas	3325908,764	534796,7627	1	5	5,099019514	9,49275E-06	0,003502473	0,000700495	0,003571835
2 B 3		Lachgas	20234334,32	212602,3546	2	6	6,32455532	2,30801E-06	0,001670842	0,000556947	0,001761222
2 B 5		Kohlendioxid	25806	4339,401	10	10	14,14213562	4,80763E-09	5,68389E-05	5,68389E-05	8,03824E-05
2 B 7		Kohlendioxid	537004,512	474050,016	0	0	2,5	1,79296E-06	0	0	0
2 B 8		Kohlendioxid	875017,08	973526,414	0	0	35,34382286	0,001511346	0	0	0
2 B 8		Methan	428414,1015	483850,5762	0,008642078	0,001152277	20,90627405	0,000130622	7,30271E-07	5,47703E-06	5,5255E-06
2 B 9		Schwefelhexafluorid	159600	94528,971	0	0	10	1,1407E-06	0	0	0
2 B 9		Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserst offe	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 C 1		Methan	6997,29	5327,746478	0	0	67,02706807	1,6279E-07	0	0	0
2 C 1		Kohlendioxid	19270069,51	15914452,13	6,707123943	5,210862109	8,601697621	0,023921752	0,108621869	0,139811863	0,177048206
2 C 1		Lachgas	16777,49819	14024,51354	0	0	66,45188739	1,10874E-06	0	0	0
2 C 2		Kohlendioxid	9107,45	6191,13	0	0	50,48762225	1,24724E-07	0	0	0
2 C 3		CF <sub>4</sub>	1544510	68800,9	0	0	15	1,3596E-06	0	0	0
2 C 3		Schwefelhexafluorid	11400	13220,694	0	0	50,009999	5,58038E-07	0	0	0
2 C 3		C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	256200	13700,6	0	0	15,03	5,413E-08	0	0	0
2 C 3 a		Kohlendioxid	786025	725443,661	0	0	50,009999	0,001680205	0	0	0
2 C 4		Schwefelhexafluorid	176631,6	23894,4	0	0	30,03747659	6,57598E-07	0	0	0
2 C 4		HFC-134a	0	52299,39	0	0	30,03747659	3,15037E-06	0	0	0
2 C 5		Kohlendioxid	116494	83512,88	0	0	50,48762225	2,26944E-05	0	0	0
2 C 6		Kohlendioxid	612320	288065,6	0	0	50,24937811	0,000267476	0	0	0
2 D 1		Kohlendioxid	553672,2831	615608,0144	5,576902801	11,1538056	43,65753468	0,000922079	0,008993802	0,004496901	0,010055377
2 D 2		Kohlendioxid	337164,6554	624210,9531	0	0	53,85164807	0,001442454	0	0	0
2 D 2		Lachgas	822,4314057	1522,611233	0	0	53,85164807	8,58257E-09	0	0	0
2 D 3		Kohlendioxid	2042612	1211698,4	0	0	7,806801737	0,000114229	0	0	0
2 E		Schwefelhexafluorid	47281,66667	37186,8	0	0	12,2	2,62747E-07	0	0	0
2 E		Stickstofftrifluorid	5289,716672	20278,8	0	0	10,50322612	5,79124E-08	0	0	0
2 E		C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	0	14101,51	0	0	12,2	3,77826E-08	0	0	0
2 E		CF <sub>4</sub>	102615	70035,03	0	0	10,13252384	6,42846E-07	0	0	0
2 E		c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	0	4892,5	0	0	12,2	4,54802E-09	0	0	0
2 E		HFC-23	17112,33334	15895,2	0	0	12,2	4,80057E-08	0	0	0
2 E		HFC-32	0	47,925	0	0	12,2	4,364E-13	0	0	0
2 E		C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	162484,6667	53436	0	0	12,2	5,42536E-07	0	0	0
2 F		HFC-125	146732,7089	2106651,116	0	0	9,596962746	0,000521788	0	0	0
2 F		C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	0	2261,968328	0	0	16,70946698	1,82364E-09	0	0	0
2 F		HFC-134a	2269151,962	6386906,97	0	0	5,806758564	0,00175586	0	0	0
2 F		HFC-143a	65189,26033	1724516,7	0	0	13,41897394	0,00068362	0	0	0
2 F		HFC-152a	90070,07579	38099,76138	0	0	2,626572076	1,27839E-08	0	0	0

CRF	Kategorie	Gas	Basisjahr- emissionen [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Emissionen 2014 [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Kombinierte Unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emission [%]	Kombinierte Unsicherheit Anteil [%]	Trend- unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Trend- unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Trend- unsicherheit der Emissionen [%]
2 F		HFC-23	16253,61969	90258,84327	0	0	13,57857007	1,91747E-06	0	0	0
2 F		HFC-227ea	646,6296689	61882,80111	0	0	4,781968706	1,11788E-07	0	0	0
2 F		HFC-245fa	0	40122,23169	0	0	10,21168522	2,14292E-07	0	0	0
2 F		HFC-365mfc	0	46761,5184	0	0	10,32188489	2,97397E-07	0	0	0
2 F		HFC-236fa	0	31151,54905	0	0	13,61504069	2,29635E-07	0	0	0
2 F		HFC-32	917,0100385	146962,8449	0	0	7,674435153	1,62386E-06	0	0	0
2 F		C3F8	19911,18524	7001,619582	0	0	18,92102794	2,24041E-08	0	0	0
2 G		Methan	11374,09375	35380,058	0	0	28,28427125	1,27835E-06	0	0	0
2 G		Lachgas	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>C</b>
2 G		Schwefelhexafluorid	6072236,258	3227340,771	0	0	8,084853347	0,000869111	0	0	0
2 G		HFC-134a	0	200,2	0	0	22,36	2,55807E-11	0	0	0
2 G		HFC-245fa	0	7920,064696	0	0	21,41258679	3,67144E-08	0	0	0
2 G		HFC-365mfc	0	690,6615352	0	0	21,47254785	2,80762E-10	0	0	0
2 H		HFC-134a	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 A 1 a	Milchkühe	Methan	16266832,39	14555779,86	4	40	40,19950248	0,437072593	0,762625754	0,076262575	0,766429398
3 A 1 b	Rinder o. Milchkühe	Methan	11753310,83	9151036,834	2,364857324	23,64857324	23,76652197	0,060382784	0,283459649	0,028345965	0,284873422
3 A 2 - 4	other animals	Methan	1280646,419	1168374,49	3,44829736	24,626725	24,86697286	0,001077584	0,037688142	0,005277191	0,038055811
3 B 1 a	Milchkühe	Methan	2778569,972	2211389,846	4	40	40,19950248	0,01008819	0,115862074	0,011586207	0,116439944
3 B 1 a	Milchkühe	Lachgas	1168637,785	997542,3936	4	100	100,079968	0,012723257	0,130661416	0,005226457	0,130765903
3 B 1 b	Rinder a. Milchkühe	Methan	2133718,347	1463479,206	2,326828732	23,26828732	23,38433935	0,001495081	0,044603298	0,00446033	0,04482576
3 B 1 b	Rinder o. Milchkühe	Lachgas	1236763,827	1014667,543	2,223131301	55,57828252	55,62272738	0,004066243	0,073866052	0,002954642	0,073925121
3 B 2 4	other animals	Methan	56261,64331	40162,5948	7,777919643	32,98885305	33,89336896	2,36545E-06	0,001735422	0,000409168	0,001783005
3 B 2 4	other animals	Lachgas	269979,0748	194711,9065	7,837274371	234,6075728	234,7384419	0,002666826	0,059834344	0,001998819	0,059867721
3 B 3	Schweine	Methan	2233021,715	2384282,749	3,172666296	31,72606605	31,88430771	0,007377526	0,099080908	0,009908277	0,099575099
3 B 3	Schweine	Lachgas	433853,0587	565663,5438	3,03097273	75,7655621	75,82616433	0,002348528	0,056136591	0,002245723	0,056181493
3 B 4	Geflügel	Lachgas	35189,91056	67536,14611	5,513460072	55,13460072	55,40958796	1,78765E-05	0,004877267	0,000487727	0,004901592
3 B 4	Geflügel	Methan	83993,11119	146310,7909	5,516247102	22,07749131	22,75619926	1,41512E-05	0,004230991	0,001057149	0,00436106
3 B 5	Atmosphäri- sche Deposition	Lachgas	1045631,17	1042878,666	10	400	400,1249805	0,222279883	0,546398844	0,013659971	0,546569567
3 D	Agricultural Soils	Lachgas	24465217,26	26531217,05	24,54625988	87,15575702	90,54636854	7,367118913	3,028790605	0,853018594	3,146619336
3 G	Liming	Kohlendioxid	1643941,518	2197964,316	1	3	3,16227766	6,16712E-05	0,0086369	0,002878967	0,009104092

CRF	Kategorie	Gas	Basisjahr- emissionen [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Emissionen 2014 [t CO <sub>2</sub> -äquivalent]	Kombinierte Unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Kombinierte Unsicherheit der Emission [%]	Kombinierte Unsicherheit Anteil [%]	Trend- unsicherheit der Emissions- faktoren [%]	Trend- unsicherheit der Aktivitätsdaten [%]	Trend- unsicherheit der Emissionen [%]
3 H	Urea application	Kohlendioxid	477245,2141	697805,4283	1	1	1,414213562	1,2432E-06	0,000914009	0,000914009	0,001292604
3 J	Other	Methan	3438,201567	1350863,93	10	40	41,23105626	0,003960166	0,070776258	0,017694064	0,072954496
3 J	Other	Lachgas	1499,157545	288145,6435	9,523683411	97,10071474	97,56664055	0,001008946	0,036648017	0,003594455	0,036823868
4 A		Methan	17011,0655	17355,58028	0	0	758,5205222	0,000221235	0	0	0
4 A		Lachgas	215371,7594	146930,3478	0	0	114,2051161	0,000359447	0	0	0
4 A		Kohlendioxid	-76145809,6	-58005010,36	0	0	42,55404699	7,777750643	0	0	0
4 B		Lachgas	254954,4148	286552,5101	0	0	179,3577466	0,003372019	0	0	0
4 B		Methan	198954,5155	246560,3855	0	0	172,7958647	0,002317152	0	0	0
4 B		Kohlendioxid	12559238,7	14201535,59	0	0	28,49914459	0,209110347	0	0	0
4 C		Methan	588908,1584	516648,2179	0	0	238,2687722	0,019344851	0	0	0
4 C		Lachgas	89348,11551	102040,048	0	0	172,7819476	0,000396807	0	0	0
4 C		Kohlendioxid	25386260,76	22231572,17	0	0	55,61460852	1,951458778	0	0	0
4 D		Methan	41282,0053	43151,53525	0	0	462,8845262	0,000509306	0	0	0
4 D		Lachgas	21369,85087	22217,89186	0	0	155,5698079	1,5251E-05	0	0	0
4 D		Kohlendioxid	4217809,323	3883852,561	0	0	29,7342936	0,017024799	0	0	0
4 E		Methan	25193,19375	41267,3015	0	0	150,2299093	4,90644E-05	0	0	0
4 E		Lachgas	129059,4975	189698,9089	0	0	98,59590297	0,000446569	0	0	0
4 E		Kohlendioxid	1926144,774	3299149,491	0	0	25,14364564	0,00878419	0	0	0
4 G		Kohlendioxid	-2688893,088	-2299876,816	0	0	89,14017655	0,053653418	0	0	0
4 H		Lachgas	104269,5509	99718,86741	0	0	198,45	0,000499917	0	0	0
5 A		Methan	35100000	9200000	0	0	50	0,270120114	0	0	0
5 B		Methan	180880	711865	1,423903417	42,71710252	42,74082766	0,001181741	0,039830469	0,001327682	0,039852591
5 B		Lachgas	113964,736	311387,65	1,46540006	73,27000301	73,28465554	0,000664768	0,029884335	0,000597687	0,029890311
5 D 1		Methan	365692,8986	20856,79347	30	36,05551275	46,9041576	1,22168E-06	0,000984998	0,000819568	0,001281371
5 D 1		Lachgas	532136,517	413043,24	33,18204987	3883,037503	3883,179277	3,284030491	2,100792224	0,017952078	2,100868927
5 D 2		Methan	15520,725	42258,75	0	0	50	5,69921E-06	0	0	0
5 D 2		Lachgas	27692,32858	27672,94622	50	300	304,1381265	9,04261E-05	0,010874083	0,001812347	0,011024078
5 E		Methan	718,125	4260,3485	2	60	60,03332408	8,35057E-08	0,000334821	1,11607E-05	0,000335007
5 E		Lachgas	10842,73	73257,1612	2	60	60,03332408	2,46903E-05	0,00575728	0,000191909	0,005760477
<b>Gesamt</b>	<b>(in Gg / %)</b>		<b>1.079.689.805</b>	<b>885.073.565</b>				<b>28,13167</b>			<b>4,87956</b>
								<b>5,3 %</b>			<b>4,9 %</b>

Die Unsicherheitsbestimmung für die Kategorien erfolgte einerseits bereits sukzessive im Rahmen der Zuarbeit der datenliefernden Facheinheiten im UBA zur aktuellen Emissionsberichterstattung. Andererseits wurden für Quellgruppen, für die bisher keine oder nur unvollständige Angaben zu den Unsicherheiten vorlagen, im Rahmen von Forschungsvorhaben weitere Unsicherheitsbestimmungen von externen Experten durchgeführt und die Ergebnisse in die Unsicherheitenanalyse der aktuellen Berichterstattung eingearbeitet.

Die Unsicherheiten in der Kategorie Landwirtschaft (CRF 4) werden von Experten des TI abgeschätzt.

Die derzeitige Arbeitsplanung sieht die Erstellung einer Tier-2-Unsicherheitenanalyse alle drei Jahre vor. Die Bestimmung der Unsicherheiten gemäß dem Tier-1-Ansatz werden in jedem Jahr durchgeführt und berichtet.

## 24 REFERENZEN

- 91/271/EWG (1991) Richtlinie des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG), geändert durch die Verordnung (EG) Nr. 1137/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Oktober 2008. EG (ed).
- AGEB, 2003: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): Energiebilanzen der Bundesrepublik Deutschland - Jahre 1990-1999, Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke, Frankfurt a. M.
- AGEB, 2002: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): Sonderauswertung für das UBA zur Darstellung von ausgewählten Energieverbräuchen in der Struktur der Energiebilanz vor 1995 für Zeitreihen von 1995 bis 1999 (unveröffentlicht)
- AGEB, 2014: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): Energiebilanz für die Bundesrepublik Deutschland  
[http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=bilanz12d.xlsx)  
(Aufruf: 01.08.2014 Köln, Berlin).
- AGEB, 2015a: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2014 Dank milder Witterung kräftiger Rückgang des Energieverbrauchs. März 2015.  
[http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=20&archiv=13&year=2014](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=20&archiv=13&year=2014)
- AGEB, 2015b: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): Energiebilanzen für die Bundesrepublik Deutschland 1990-2013.  
<http://www.ag-energiebilanzen.de/7-0-Bilanzen-1990-2013.html>
- AGEB, 2015c: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Hrsg.): Heizwerte der Energieträger und Faktoren für die Umrechnung von spezifischen Mengeneinheiten in Wärmeinheiten  
[http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article\\_id=29&fileName=heizwerte2005-2013.pdf](http://www.ag-energiebilanzen.de/index.php?article_id=29&fileName=heizwerte2005-2013.pdf)
- AMD, 2002/2003: Amd Saxony LLC&Co. KG, Dresden, Umweltbericht. S. 16
- Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft (1991) Richtlinie des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser; Nr. L 135/40, 30 S. 91, Artikel 2 Nr. 6.
- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV), Objektartenkatalog (ATKIS-OK), Version 3.2, Stand: 01.07.2003  
([http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst\\_start4?dst\\_oar=1000&inf\\_sprache=deu&c1=1&dst\\_typ=25&dst\\_ver=dst&dst\\_land=ADV](http://www.atkis.de/dstinfo/dstinfo.dst_start4?dst_oar=1000&inf_sprache=deu&c1=1&dst_typ=25&dst_ver=dst&dst_land=ADV))
- ARBEITSGRUPPE BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, 392 S.
- ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover
- ATV, 2000: ATV-DVKK-Arbeitsblatt A 131: Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, Ausgabe 05/2000, DWA, ISBN 978-3-933707-41-3

- ATV, 2004: ATV-DVWK-M 374: Produktionsspezifische Abwässer und Abfälle aus der Glas- und Mineralfaserindustrie, ATV-DVWK Deutsche Vereinigung der Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 08/2004
- AUGUSTIN, J. (2001): Emission, Aufnahme und Klimarelevanz von Spurengasen. - In: Succow, M. & H. Joosten [Hrsg.]: Landschaftsökologische Moorkunde. 2., völlig Neubearb. Aufl.: 28-38; Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- Austermann-Haun, U. and Witte, H. (2014) Liste der großtechnischen Anaerobanlagen zur Industrieabwasserreinigung in Deutschland, Stand April 2014, Hochschule Ostwestfalen-Lippe, Detmold.
- AUSTERMANN-HAUN, U., WITTE, H. (2014): Vervollständigung der Datengrundlage der Emissionsberichterstattung: CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren und CSB-Werte aus der Abwasserreinigung der relevantesten Industriebereiche (CRF 6.B.1). UBA Projekt Nr. 27964, Dessau-Rosslau 2014.
- BACHMAIER, H., und GRONAUER, A. (2007) Klimabilanz von Biogasstrom. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Freising.
- BAFA, 2015: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Amtliche Mineralöl- und Erdgasdaten für die Bundesrepublik Deutschland, URL: [http://www.bafa.de/bafa/de/energie/mineraloel\\_rohoel/amtliche\\_mineraloel\\_und\\_erdgasdaten/index.html](http://www.bafa.de/bafa/de/energie/mineraloel_rohoel/amtliche_mineraloel_und_erdgasdaten/index.html) , (Aufruf: 21.10.2015), Eschborn.
- BAIUDBw, 2014: Bundesamt für Infrastruktur, Umweltschutz und Dienstleistungen der Bundeswehr: Energieeinsatz zur Wärmeversorgung in der Bundeswehr
- BAKER, J.M., OCHSNER, T.E., VENTEREA, R.T., GRIFFIS, T.J., 2007: Tillage and soil carbon sequestration - What do we really know? Agriculture, Ecosystems and Environment, 118, 1 – 5
- BARITZ, R.; SEUFERT, G.; MONTANARELLA, L.; VAN RANST, E. 2010: Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. Forest Ecology and Management, 260, 262–277
- BAST, 2013: Bundesanstalt für Straßenwesen: Unterreihe Verkehrstechnik; Norbert Lensing, V 233: Straßenverkehrszählung 2010: Ergebnisse; Bergisch Gladbach, 2013
- BATZ, 1995: Kokereien und Produktemissionen. Mündliche Mitteilung. Umweltbundesamt.
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (LfL) (2007): 20 Jahre Boden-Dauerbeobachtung in Bayern, Teil 3: Entwicklung der Humusgehalte zwischen 1986 und 2007; Schriftenreihe, 10, Freising-Weihenstephan.
- BDZ 2005: Zement-Jahresbericht 2004/2005, Berlin.
- BEYER et al., 2004: Beyer, M.; Chudy, A.; Hoffmann, L.; Jentsch, W.; Laube, W.; Nehring, K.; Schiemann, R.: Rostocker Futterbewertungssystem. Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs auf der Basis von Nettoenergie. Dummerstorf: Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere. 392 pp.
- BFI 2011 "Emissionsfaktoren zur Eisen- und Stahlindustrie für die Emissionsberichterstattung“, im Auftrag des Umweltbundesamtes, BFI 2011, FKZ 3707 42 301.

- BFI 2012: VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH: Emissionsfaktoren zur Eisen- und Stahlindustrie für die Emissionsberichterstattung. Forschungsbericht, Düsseldorf 2010. – gemeinsame Sonderpublikation von BFI und Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau 2012 (in Veröffentlichung)
- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), 2011: Schätzprofile der BÜK 1000 n 2.3; FISBo BGR
- BGR 1995, 1997: Digitale Bodenübersichtskarte der BRD (BUEK 1000); Maßstab: 1:1.000.000; Hannover
- BGS BGSs-Bogen– „Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Preß- und Hammerwerke einschließlich örtlich verbundener sonstiger Betriebe (ohne eigene Kokereien“ ab 2010 vom VDEh, davor Eisen/stahlstatistik des Statistischen Bundesamtes)
- BIPRO 2010: „Evaluierung der Anforderungen der 20. BImSchV für Binnentankschiffe im Hinblick auf die Wirksamkeit der Emissionsminderung klimarelevanter Gase“, im Auftrag des UBA 2010, FKZ 3709 45 326
- BLASING, T.J. (2014): Recent Greenhouse Gas Concentrations; [http://cdiac.ornl.gov/pns/current\\_ghg.html](http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html); access date 05.11.2014
- BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) (Hrsg.), 2011: Waldbrandstatistik der Bundesrepublik Deutschland für das Jahr 2010, Bonn, 18 S.
- BLUM, W., HEINBACH, R. 2006: Endbericht zum BZE Ringversuch Humus 2006. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising, 216 S.
- BLUM, W.; HEINBACH, R. 2007: Endbericht zum BZE Ringversuch Mineralboden 2007. Teil 1. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising, 218 S.
- BMBF, 1997: Verbundvorhaben des Umweltbundesamtes mit dem BMBF: Deponiekörper, Förderkennzeichen 1460799A bis G (Teilvorhaben), Projektträger Abfallwirtschaft und Altlasten im Umweltbundesamt Berlin, Koordinierung Fachgebiet Abfall- und Siedlungswasserwirtschaft, Bergische Universität - Gesamthochschule Wuppertal
- BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten), 1994: Der Wald in den neuen Bundesländern - Eine Auswertung vorhandener Daten nach dem Muster der Bundeswaldinventur, Bonn, 38 S.
- BMELF (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft), 1990: Bundeswaldinventur 1986 – 1990. Inventurbericht und Übersichtstabellen für das Bundesgebiet nach dem Gebietsstand bis zum 3. 10. 1990 einschließlich Berlin (West)
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (Hrsg.), 2009: Waldbericht der Bundesregierung 2009. Berlin, 117 S. BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (Hrsg.), 2010: Aufnahmeanweisung für die Inventurstudie 2008 im Rahmen der Treibhausgasberichterstattung. 2. korrigierte, überarbeitete Aufl., Bonn, 60 S.
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz), 2012: Konzept zur Erstellung von THG-Emissions- und Kohlenstoffinventaren der Quell- und Senkengruppen 4 und 5 im Zuständigkeitsbereich des BMELV, AZ: 521-65408/0002, unveröffentlicht.

- BMELV (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg.), 2005. Die zweite Bundeswaldinventur – BWI<sup>2</sup>: Der Inventurbericht. Bonn, 231 S.
- BMLFUW, 2005: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Österreich (2005): Abschätzung der Auswirkungen des Tanktourismus auf den Treibstoffverbrauch und die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen in Österreich. Wien.
- BMU, 1990: Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Karl Eugen Huthmacher: Eckwerte der ökologischen Sanierung und Entwicklung in den neuen Ländern, Bonn
- BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg.), 2001. Aufnahmeanweisung für die Bundeswaldinventur II (2001 - 2002), 2. korrigierte, überarbeitete Ausgabe, Mai 2001, Bonn, 108 S.
- BMVg, 2011: Bundesministerium der Verteidigung: Energieeinsatz zur Wärmeversorgung der Bundeswehr (unveröffentlicht).
- BOLTE, A., HERTEL, D., AMMER, C., SCHMID, I., NÖRR, R., KUHR, M. und REDDE, N. (2003): Freilandmethoden zur Untersuchung von Baumwurzeln. Forstarchiv 74: 240-262.
- BÖRJESSON, P., und BERGLUND, M. (2008): Environmental systems analysis of biogas systems—Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. Biomass and Bioenergy 31 (2007) 326–344.
- BOSSHARD, H.H. 1984: Holzkunde. Band 2: Zur Biologie, Physik und Chemie des Holzes. Birkhäuser, Basel. 312 S.
- BPB, 2002: Bundeszentrale für politische Bildung. Projektgruppe Zukunft der Wirtschaft, Die Zukunft der Wirtschaft, Landwirtschaft und Ernährung, herausgegeben von Margarete Wohlan
- BSH, 2015: Aktualisierung und Revision des Modells zur Berechnung der spezifischen Verbräuche und Emissionen des von Deutschland ausgehenden Seeverkehrs, UBA-Projekt Nr. 57 153, Hamburg, 2015 – unveröffentlicht.
- BURSCHEL, P.; KÜRSTEN, E.; LARSON, B.C. (1993): Die Rolle von Wald und Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt - eine Betrachtung für die Bundesrepublik Deutschland. Forstliche Forschungsberichte München, Forstwissenschaftliche Fakultät d. Universität München u. Bayerische Landesanstalt f. Wald u. Forstwirtschaft, Freising, 135 S.
- Burton, C.S. 2004: Uses and Air Emissions of Liquid PFC Heat Transfer Fluids from the Electronics Sector. EPA Document # EPA-430-R-06-901
- BV Glas, 2012: Zeitreihe Scherbeneinsatz Behälterglasindustrie 2007-2011; per E-Mail an das UBA übermittelt.
- BV Glas, 2015a: Jahresbericht des Bundesverband Glasindustrie e.V., statistischer Anhang, download September 2015 unter:  
[http://www.bvglas.de/fileadmin/media/Presse/Jahresberichte/Jahresbericht\\_2014.pdf](http://www.bvglas.de/fileadmin/media/Presse/Jahresberichte/Jahresbericht_2014.pdf)
- BV Glas, 2015b: Persönliche Mitteilung an das Umweltbundesamt

- BV Kalk, 2011 (Bundesverband der deutschen Kalkindustrie e.V.): Kalk Daten nationaler Inventarbericht; per E-Mail an das UBA übermittelt.
- BVE, 2012: Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V., Broschüre Ernährungsindustrie 2012, URL: [www.bve-online.de](http://www.bve-online.de)
- BYRNE, K.A., B. Chojnicki, T.R. Christensen, M. Drösler, A. Freibauer, T. Friborg, S. Frohling, A. Lindroth, J. Mailhammer, N. Malmer, P. Selin, J. Turunen, R. Valenti & L. Zetterberg, 2004: EU Peatlands: Current Carbon Stocks and Trace Gas Fluxes. CarboEurope-GHG Report 4/2004. Specific Study, Tipo-Lito Recchioni, Viterbo, October 2004, S.58.
- CAIRNS, M.A.; BROWN, S.; HELMER, E.H.; BAUMGARDNER, G.A., 1997: Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, Vol. 111 (1), pp. 1-11
- CLODIC D., BARRAULT S. 2011: 1990 to 2010 Refrigerant inventories for Europe. Provisions on banks and emissions from 2006 to 2030 for the European Union. Final report. Part A 1990 to 2010 refrigerant inventories for Europe. 18.10.2011.
- CLODIC D., BARRAULT S., SABA S. 2012: Global inventories of the worldwide fleets of refrigerating and airconditioning equipment in order to determine refrigerant emissions, The 1990 to 2006 updating. Extracts from the Final Report, April 2012.
- CLODIC., D & BEN YAHIA, M. 1997: Centre d'Energétique, Ecole des Mines de Paris: New Test Bench for Measuring Leak Flow Rate of Mobile Air Conditioning Hoses and Fittings. Earth Technology Conference, Baltimore.
- COOLS, N.; VERSCHELDE, P.; QUATAERT, P.; MIKKELSEN, J.; DE VOS, B. 2006: Quality Assurance and Quality Control in Forest Soil Analysis: 4th Forest Soil Co-ordinating Centre (FSCC) Interlaboratory Comparison, Research Institute for Nature and Forest, Geraardsbergen, 66p + annex, <http://www.icp-forests.org/DocsSoil/4thSoilRingtest.pdf> [zitiert am 20.08.2010]
- CORINAIR, 2006 - EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2006, EEA technical report No. 11/2006; Dezember 2006, Kopenhagen 2006  
URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4>
- CUHLS et al., 2015: Carsten Cuhls, Birte Mähl, Joachim Clemens - Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen, UBA-Texte 39/2015, FKZ 206 33 326 & 3709 44 320. Umweltbundesamt, April 2015: URL: <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ermittlung-der-emissionssituation-bei-der>
- DÄMMGEN et al, 2012a: Dämmgen, U., Amon, B., Hutchings, N.J., Haenel, H.-D., Rösemann, C.: Data sets to assess methane emissions from untreated cattle and pig slurry and manure storage systems in the German and Austrian emission inventories. *Landbauforschung* 62, 1 – 20.
- DÄMMGEN et al, 2012b: Dämmgen, U., Rösemann, C., Haenel H.-D., Hutchings N.J.: Enteric methane emissions from German dairy cows. *Landbauforschung*, 62: 21 – 32.
- DÄMMGEN et al, 2012c: Dämmgen, U., Schulz, J., Kleine Klausling, H., Hutchings, N.J., Haenel, H.-D., Rösemann, C.: Enteric Methane emissions from German pigs. *Landbauforsch* 62, 83-96

- DÄMMGEN et al, 2013: Dämmgen, U., Meyer, U., Rösemann, C., Haenel, H.-D., Hutchings N.J.: Methane emissions from enteric fermentation as well as nitrogen and volatile solids excretions of German calves – A national approach. *Landbauforsch* 63, 37-46
- DÄMMGEN et al. (2011): Dämmgen, U.; Amon, B.; Gyldenkærne, S.; Hutchings, N.J.; Kleine Klausing, H.; Haenel, H.-D.; Rösemann, C.: Reassessment of the calculation procedure for the volatile solids excretion rates of cattle and pigs in the Austrian, Danish and German agricultural emission inventories. *Landbauforschung*, 61: 115 - 126
- DÄMMGEN, U.; HUTCHINGS N.J., 2005: The assessment of emissions of nitrogen species from agriculture using the methodology of the atmospheric emission inventory guidebook. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko A (eds) *Emissions from European agriculture*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. pp 51-62
- DANIEL-GROMKE, J., DENYSENKO, V. (2015): Persönliche Kommunikation. Datenauswertung anhand der Biogasanlagendatenbank des DBFZ.
- DAV, 2014: Deutscher Asphaltverband e.V., Schieffelingweg 6, 53123 Bonn, Veröffentlichung zur Asphaltproduktion in Deutschland, <http://www.asphalt.de/site/startseite/aktuelles/asphaltproduktion/> (Dokument asphaltp13.pdf), Stand August 2014
- DBI 2014a: „Überführung der Bestands- und Ereignisdaten des DVGW in die Emissionsdatenbank des Umweltbundesamts“, im Auftrag des UBA 2014, Projektnr. 27500
- DBI 2014b: „THG-Minderungspotenziale in der europäischen Gasinfrastruktur“, im Auftrag des UBA 2014, FKZ 3712 41 344 (noch nicht veröffentlicht)
- DBI 2015: „Datenverifizierung und Expertentreffen zu Emissionen bei Erdgastransport, -verteilung und -anwendung“, im Auftrag des UBA 2015, Projektnummer 55803; Leipzig 2015
- DBU, 2002: Vogt, R., Knappe, F., Giegrich, J., Detzel, A., IFEU-Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg (Hrsg.): *Ökobilanz Bioabfallverwertung. Untersuchung zur Umweltverträglichkeit von Systemen zur Verwertung von biologisch-organischen Abfällen. Initiativen zum Umweltschutz*, Band 52. Erich Schmidt Verlag, Berlin 2002
- DE VRIES, W.; REINDS, G.J.; GUNDERSON, P; STERBA, H. 2006: The impact of nitrogen deposition on carbon sequestration in European Forests and forest soils. *Global Change Biology*, 12, 1151-1173
- DEBRIV, 2004: Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e.V., Mitteilung vom 15. September 2004 an das IKP Stuttgart.
- DEHSt, 2012: Fackelverluste des JI-Projektes im Saarland:  
<https://www.jicdm.dehst.de/promechg/pages/project2.aspx?PID=3184&ctit=&ccat=&scop=&cpac=&cstat=&chost=&cred1=&cred2=>
- DGE (2008a) Ernährungsbericht 2008 / Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. /DGE), pp. 1 CD-ROM, Bonn.
- DGE (2008b) Ernährungsbericht 2008 / Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. /DGE), Deutsche Gesellschaft für Ernährung

- DGMK, 1992: Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V.: Forschungsbericht 448-2 - Ansatzpunkte und Potentiale zur Minderung des Treibhauseffektes aus Sicht der fossilen Energieträger, Hamburg, Seite II-89
- DIE VERBRAUCHER INITIATIVE e.V., 2005: Distickstoffmonoxid, (Online Dokument) <http://www.zusatzstoffe-online.de/html/zusatz.php3?nr=942> , Zugriff Mai 2005
- DIETER, M., ELSASSER, P., 2002: Carbon Stocks and Carbon Stock Changes in the Tree Biomass of Germany's Forests. In: Forstwissenschaftliches Centralblatt (121. Jahrgang), S. 195-210. Berlin: Blackwell Wissenschafts-Verlag
- DIETER, M.; ENGLERT, H. 2005: Gegenüberstellung und forstpolitische Diskussion unterschiedlicher Holzeinschlagsschätzungen für die Bundesrepublik Deutschland. Arbeitsbericht des Instituts für Ökonomie 2005/2, Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft, Institut für Ökonomie
- DIN, 2003: DIN EN 1279-3: Glas im Bauwesen - Mehrscheiben-Isolierglas - Teil 3: Langzeitprüfverfahren und Anforderungen bezüglich Gasverluste und Grenzabweichungen für die Gaskonzentration; Deutsche Fassung EN 1279-3:2002
- DIN, 2004: Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN). DIN 1343. Referenzzustand, Normzustand, Normvolumen; Begriffe und Werte. Internetseite mit Recherchefunktionen. URL: <http://www2.din.de>. Berlin.
- DIW, 1991: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Entwicklung des Energieverbrauchs und seiner Determinanten in der ehemaligen DDR. Von Hans-Joachim Ziesing. Untersuchung im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft. Im Unterauftrag: Institut für Energetik (IfE), Leipzig; Institut für Wirtschaftswissenschaften der Akademie der Wissenschaften, Berlin; Staatliche Vorratskommission für nutzbare Ressourcen der Erdkruste, Berlin. Berlin, April 1991
- DIW, 2002: Rieke, H. (DIW): Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr; in: DIW Wochenbericht Nr. 51-52/2002; Berlin, Dezember 2002; Ergebnisse auch kontinuierlich veröffentlicht in „Verkehr in Zahlen“
- DIW, 2013: Verkehr in Zahlen 2013/2014, im Auftrag des BMVI; Berlin, 2014
- DLG, 2005: Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (ed.) Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG/Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt/Main. 69 pp
- DMT 2005: persönliche Mitteilung von Herrn Meiners, Deutsche Montan Technologie. 28.09.2005. Gelsenkirchen.
- DMT 2011: Meiners et al.: „Diffuse Emissionen fester Brennstoffe (Kohlen) – Emissionen von Grubengas aus stillgelegten Bergwerken; Potential zur Freisetzung und Verwertung von Grubengas“, FKZ 360 16 028 im Auftrag des Umweltbundesamtes Essen 2011
- DMT 2014: Meiners et al: "Potential zur Freisetzung und Verwertung von Grubengas"; Projektnummer 39737 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Essen 2014
- DÖPELHEUER, 2002: Anwendungsorientierte Verfahren zur Bestimmung von CO, HC und Ruß aus Luftfahrttriebwerken, Dissertationsschrift des DLR, Institut für Antriebstechnik, Köln, 2002

- DREXHAGE, M. und COLIN, F. (2001): Estimating root system biomass from breast-height diameters. *Forestry* 74(5): 491-497.
- DRÖSLER, M., ADELMANN, W., AUGUSTIN, J., BERGMAN, L., BEYER, C., CHOJNICKI, B., FÖRSTER, C., FREIBAUER, A., GIEBELS, M., GÖRLITZ, S., HÖPER, H., KANTELHARDT, J., LIEBERSBACH, H., HAHN-SCHÖFL, M., MINKE, M., PETSCHOW, U., PFADENHAUER, J., SCHALLER, L., SCHÄGNER, P., SOMMER, M., THUILLE, A., WEHRHAN, M., 2011: Klimaschutz durch Moorschutz. Schlussbericht des Vorhabens „Klimaschutz - Moornutzungsstrategien“ 2006-2010; 174 S.
- DUNGER, K.; OEHMICHEN, K.; STÜMER, W.; IOST, A.; RIEDEL, T. 2010c: Annex 3, Chapter 19.5.1: Other detailed methodological descriptions for the source/sink category "Land-use change and forestry" – Forest land (5.A), 575-585. In: Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 2010. National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2008. Dessau: Federal Environment Agency, ISSN 1862-4359, 672 p.
- DüV - Düngeverordnung (2007) Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV). In der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S.221).
- DÜWEL, O., SIEBNER, C.S., UTERMANN, J., KRONE, F., 2007: Gehalte an organischer Substanz in Oberböden Deutschlands – Bericht über länderübergreifende Auswertung von Punktinformationen im FISBo BGR-“; BGR, Hannover
- DWA (2007-2014) Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen (2006 - 2013).
- DWD (2013) Persönliche Mitteilung von Herrn Lux am 26.07.2013 "Gemittelte Erdbodentemperaturen in 1 m Tiefe in Deutschland".
- DWD, 2013: - Deutscher Wetterdienst - Offenbach" Auskunft vom 26.07.2013
- EC, 2006a: European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies: Integrated Pollution Prevention and Control – Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers. October 2006. Sevilla, Spain.
- EC, 2007: European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies: Integrated Pollution Prevention and Control – Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others industry. October 2006. Sevilla, Spain.
- EC, 2015: Fleet Register der Europäischen Kommission; URL:<http://ec.europa.eu/fisheries/fleet/index.cfm?method=Search.SearchAdvanced&country=DEU>, (letzter Aufruf 18.11.2015)
- EINIG, K., A. JONAS & B. ZASPEL, 2009: Eignung von CORINE-Geodaten und Daten der Flächenerhebung zur Analyse der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung in Deutschland. Statistisches Bundesamt - Wirtschaft und Statistik 4/2009, S.355 - 364
- EMEP (2006) -EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2006, Technical Report No 11/2006. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4>

- EMEP, 2003: Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 3rd Edition September 2003 UPDATE, EEA, Copenhagen, 2003
- EMEP, 2005: European Environment Agency: EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2005. Technical report No 30., Stand: 31.12.2005  
URL: <http://reports.eea.europa.eu/EMEPCORINAIR4/en/>
- EMEP, 2007: EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007, Technical Report No 16/2007. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5>
- EMEP, 2009: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009, Technical Report No 6/2009. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>
- EMEP, 2013: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2013, Technical Report No 12/2013. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>
- EMEP/EEA, 2010: EMEP/EEA Guidebook 2009, Kapitel 1.A.3.a, 1.A.5.b Aviation, URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation.pdf> (Update Dezember 2010) und [http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation\\_annex.zip](http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-3-a-aviation_annex.zip).
- EMEP/EEA, 2013a: EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013, Non-road mobile sources and machinery (land-based emissions), URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/part-b-sectoral-guidance-chapters/1-energy/1-a-combustion/1-a-4-non-road-mobile-sources> (Aufruf: 10.11.2014), Kopenhagen, 2013
- EUROCONTROL, 2004 – The Advanced Emission Model (AEM3) - Validation Report, Jelinek, F., Carlier, S., Smith, J., EEC Report EEC/SEE/2004/004, Brüssel 2004. URL: [http://www.eurocontrol.int/eec/public/standard\\_page/DOC\\_Report\\_2004\\_016.html](http://www.eurocontrol.int/eec/public/standard_page/DOC_Report_2004_016.html)
- EXXON 2014:  
[http://www.erdgassuche-in-deutschland.de/erkundung\\_foerderung/produktion\\_von\\_erdgas/index.html](http://www.erdgassuche-in-deutschland.de/erkundung_foerderung/produktion_von_erdgas/index.html) (letzter Aufruf Nov 2014)
- FAO (2004) Statistical Yearbook Table D1 - Dietary energy protein and fat consumption 2004.
- FAO (2004a) Statistical Yearbook Table D1 - Dietary energy protein and fat consumption 2004.
- FAO (2004b) FAO Statistical Yearbook / Food and Agriculture Organization of the United Nations; Dietary energy protein and fat consumption 2004. Table D1 - Dietary energy protein and fat consumption, Rom.
- FAO (2006) Statistical Yearbook 2005-2006.
- FAO (2006a) Statistical Yearbook 2005-2006 Table D1 - Dietary energy protein and fat consumption
- FAO (2006b) Statistical Yearbook 2005-2006.
- FAO (2007-2008) Statistical Yearbook 2007 - 2008 Table D1 - Dietary energy protein and fat consumption

- FAO (2010) Statistical Yearbook 2010 Table D1 - Dietary energy protein and fat consumption
- FAO (2015) Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 1990: Soil Map of the World. Revised Legend. Reprinted with corrections. FAO, Rome, World Soil Resources Report 60
- FAO 1998: World Reference Base for Soil Resources. Rome, Italy.
- FHG ISI, 1993: Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung: Emissionen der Treibhausgase Distickstoffoxid und Methan in Deutschland: Emissionsbilanz, Identifikation von Forschungs- und Handlungsbedarf sowie Erarbeitung von Handlungsempfehlungen ; Phase 1, UBA-Berichte 93/09, FKZ 10402682, E. Schmidt-Verlag Berlin, 1993
- FICHTNER et al. 2011: Fichtner, W; Karl, U; Hartel, R; Balussou, D: Fortschreibung der Emissionsfaktoren für Feuerungs- und Gasturbinenanlagen nach 13./17. BImSchV und TA Luft; Bericht zum Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes unter FKZ 3708 42 301, durchgeführt vom Deutsch-Französischen Institut für Umweltforschung (DFIU) und dem Europäischen Institut für Energieforschung (EIFER)
- FISCHER, 1997: Klimawirksame Emissionen durch PKW-Klimaanlagen. Diplomarbeit an der TU Berlin, FB 10, ISS-Fahrzeugtechnik.
- FOEN (Federal Office for the Environment) 2010: Switzerland´s Greenhouse Gas Inventory 1990 - 2008, Bern, Switzerland
- FORTMANN, H., P. RADEMACHER, H. GROH & H. HÖPER (in Veröffentlichung): Stoffgehalte und -vorräte im Boden und deren Veränderungen; GeoBerichte des LBEG;
- FRAUENHOFER ISI 2000: Reichert und Schön: "Methanemissionen durch den Einsatz von Gas in Deutschland von 1990 bis 1997 mit einem Ausblick auf 2010"; Auftragsnummer AG GI5-46043-3/31 im Auftrag des Deutschenvereins des Gas- und Wasserfaches e.V., Karlsruhe 2000
- FRAVER et. al 2002, Fraver, S.; Wagner, R.G.; Day, M.; 2002. Dynamics of coarse woody debris following gap harvesting in the Acadian forest of central Main, U.S.A. Can. J. For. Res. 32, 2094-2105.
- FREIBAUER, A.; GENSIOR, A. 2011: Annex 3, Chapter 19.5.2: Other detailed methodological descriptions for the source/sink category "Land-use change and forestry" (5) – Cropland, grassland, wetlands, settlements and other areas (5.B/5.C/5.D/5.E/5.F), 650-671. In: Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 2011. National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2009. Dessau: Federal Environment Agency, ISSN 1862-4359, 755 p.
- FULLER, R., SMITH, G. und DEVEREUX, B. (2003): The characterisation and measurement of land cover change through remote sensing: problems in operational applications. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 4: 234-253.
- GÄRTNER, S.; MÜNCH, J.; REINHARDT, G. und VOGT, R. (2008): Materialband: E. Ökobilanzen. In: BMU-Bericht „Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogasproduktion und -nutzung in Deutschland“, FKZ: 0327544.

- GASUNIE 2014: <http://www.erdgas-fuer-morgen.de/hoofdmenu/verdichterstationen> (letzter Aufruf November 2014)
- GDA, 2011: Gesamtverband der Aluminiumindustrie e.V. (GDA) – GDA Startseite – Produktion, URL: : <http://www.aluinfo.de/index.php/produktion.html>
- GENSIOR, A. & J. ZEITZ (1999): Einfluss einer Wiedervernässungsmaßnahme auf die Dynamik chemischer und physikalischer Bodeneigenschaften eines degradierten Niedermoores. Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung, 38, S. 267 – 302
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (2006): Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 10. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. Frankfurt/M., DLG, 247 S.
- Gibbs, M.J. and Woodbury, J.W. (1993) Methane and Nitrous Oxide: Methods in National Emissions Inventories and Options for Control : Proceedings, ed. A.R. van Amstel, 81-90. Amersfoort, The Netherlands, 3-5 February 1993.
- GICON, 2008: Implementierung der Bilanz der Emissionsursachen auf Basis der MESAP-Datenbank Bachmann, Thomas; Kalies, Heiko GICON, Großmann Ingenieur Consult GmbH Niederlassung Leipzig 2008
- GLOBAL CARBON PROJECT (2015): GlobalCarbon Budget; <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/15/hl-full.htm> ; Zugriff: 08.12.2015
- GRUNDNER, F.; SCHWAPPACH, A. 1952: Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. 10. Aufl. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 216 S.
- GSE 2003: Service 'Forest Monitoring Inputs for Greenhouse Gas (GHG) Reporting'. Service Results 2003, Reporting Area: Main parts of the Federal State "Saxony", Issue 1.0, 50 p.
- GSE 2006: S6 Service Operations Report. Forest Monitoring Inputs for National Greenhouse Gas (GHG) Reporting. Service to BMELV. GSEFM-T2-S6-Ph1. Issue 1.0, 125 p.
- GSE 2007: S6 Service Operations Report. Forest Monitoring Inputs for National Greenhouse Gas (GHG) Reporting. Service to BMELV. GSEFM-T3-S6-Ph2. Issue 2.1, 93 p.
- GSE 2009: S6 Service Operations Report. Forest Monitoring Inputs for National Greenhouse Gas (GHG) Reporting. Service to BMELV. GSEFM-T3-S6-Ph3. Issue1.0, 211 p.
- Gujer, W. (2006) Siedlungswasserwirtschaft; 3., bearb. Aufl., Springer Verlag, Berlin.
- Gujer, W. (2007) Siedlungswasserwirtschaft; 3., bearb. Aufl., Springer Verlag, Berlin.
- HAENEL et al. (2011): Haenel, H.-D.; Dämmgen, U.; Rösemann, C.: Estimating numbers of piglets, weaners and fattening pigs for the German agricultural emission inventory. Landbauforschung, 61: 229 – 236.
- HAENEL et al. (2011a): Haenel, H.-D.; Dämmgen, U.; Laubach, P.; Rösemann, C.: Update of the calculation of metabolizable energy requirements for pigs in the German agricultural emission inventory. Landbauforschung, 61: 217 – 228.

- HAENEL et al. (2016): Haenel H.-D.; Rösemann, C.; Dämmgen, U.; Freibauer, A.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B.; Döhler, H.; Schreiner, C.; Bauer, B.; Osterburg, B. (2016): Calculation of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2014. Report on methods and data (RMD). Submission 2016. Thünen Rep (in Vorbereitung)
- HAENEL und WULF (2016): Haenel H.-D.; Wulf, S.: Berechnung von CH<sub>4</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO-, N<sub>2</sub>- und NH<sub>3</sub>-Emissionen durch Vergärung von Gülle, Mist und Energiepflanzen ab Emissionsberichterstattung 2015. Thünen-Institut, Braunschweig, und KTBL, Darmstadt. Unveröffentlichtes Manuskript.
- HAKKILA, P. 1972: Utilisation of residual forest biomass. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 568 S.
- HÄUSSLER, T., SIEGMUND, R., RIEDEL, T. und KENTER, B. (2006): S6 Service Operations Report. Forest Monitoring Inputs for National Greenhouse Gas (GHG) Reporting. Service to BMELV. Stage 2 of the Earthwatch GMES Service Element. Technischer Bericht, GAF AG, München
- HENRICHSMEYER et al, 1996: Henrichsmeyer, W.; Cypris, Ch.; Löhe, W.; Meuth, M.; Isermeyer F; Heinrich, I.; Schefski, A.; Neander, E.; Fasterding, F.; Neumann, M.; Nieberg, H.: Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BMELF (94 HS 021), Bonn, Braunschweig
- HOBBS et al., 2004: Hobbs P.J.; Webb J.; Mottram T.T.; Grant B.; Misselbrook T.M.: Emissions of volatile organic compounds originating from UK livestock agriculture. J Science of Food and Agriculture 84, 1414-1420
- HÖPER, H. (2002): Carbon and nitrogen mineralization rates in German agriculturally used fenlands. In: Broll, G. Merbach, W. und E.-M. Pfeiffer (Hrsg.): Wetlands in Central Europe. Soil organisms, soil ecological processes, and trace gas emissions. Springer, Berlin, 149-164.
- HÖPER, H.; SCHÄFER, W. 2012: Die Bedeutung der organischen Substanz von Mineralböden für den Klimaschutz. Bodenschutz, 3-12, S.72 - 80
- HVG, 2008: Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung. Teilvorhaben 02: Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Glas- und Mineralfaserindustrie., Forschungsbericht in Veröffentlichung
- IER, 2008: Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung Stuttgart (Herausgeber),: Theloke, Jochen; Wagner, Susanne; Jepsen Dirk: Emissionen aus der Nahrungsmittelindustrie, Forschungsbericht UBA-FB 001480, FKZ 206 42 101/01.
- IFE, 1991: IfE Leipzig GmbH, Energiebilanz 1990 für die neuen Bundesländer. Von Jochen Hesselbach und Mitarbeit von Bernd Lemnitz, Elke Lindner, Hans-Albert Müller und Ursula Zehrfeld. Untersuchung im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft, Leipzig 1991

- IFEU & INFRAS, 2009: IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH und INFRAS Zürich: Ermittlung der Unsicherheiten der mit den Modellen TREMOD und TREMOD-MM berechneten Luftschadstoffemissionen des landgebundenen Verkehrs in Deutschland, FKZ 360 16 023, Heidelberg & Zürich.
- IFEU & ÖKO-INSTITUT, 2010: Entwicklung eines eigenständigen Modells zur Berechnung des Flugverkehrs (TREMOD-AV), Endbericht zum F+E-Vorhaben 360 16 029; URL: <http://www.uba.de/uba-info-medien/4357.html>, Berlin & Heidelberg, November 2010
- IFEU & ÖKO-INSTITUT, 2015: Revision des Modells zur Berechnung des Flugverkehrs (TREMOD-AV), Berlin & Heidelberg, 2015
- IFEU, 2002, Knörr, W. et al, IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH: Aktualisierung des Daten- und Rechenmodells: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland 1980 bis 2020; sowie TREMOD 3.0 ; im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 201 45 112; Berlin 2002
- IFEU, 2003a: Detzel, A., Vogt, R., Fehrenbach, H., Knappe, F., Gromke, U., IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH: Anpassung der deutschen Methodik zur rechnerischen Emissionsermittlung an internationale Richtlinien. Teil Abfall/Abwasser, Februar 2003
- IFEU, 2013a: Knörr, W. et al, IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH: Fortschreibung des Daten- und Rechenmodells: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030, sowie TREMOD 5.3, im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Berlin.
- IFEU, 2013b: Helms, Hinrich; Hoek, Jannis: IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH: Recherche der in Deutschland seit Markteinführung jährlich in SCR-Katalysatoren des Straßen- und Off-Road-Verkehr eingesetzten Menge sogenannten AdBlues sowie Ermittlung der durch dessen Einsatz entstandenen CO<sub>2</sub>-Emissionen, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Projekt-Nr. 27 949, Heidelberg, Juli 2013 - unveröffentlicht.
- IFEU, 2015a: Knörr, W. et al, IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH: „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2035“ sowie TREMOD 5.61, im Auftrag des Umweltbundesamtes; Heidelberg, 2015.
- IFEU, 2015b: Helms, H., Lambrecht, U., Knörr, W. , IFEU - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH: „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2035“ sowie TREMOD-MM 4.0, im Auftrag des Umweltbundesamtes; Heidelberg, 2015.
- IGZ (2007): IGZ – Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren/Erfurt. Düngung im Freilandgemüsebau – Datenbasis für eine erfolgreiche Düngung im Freilandgemüsebau (2. Auflage). Berlin/Bonn.  
[http://www.igzev.de/files/Dueng\\_im\\_FGB.pdf](http://www.igzev.de/files/Dueng_im_FGB.pdf)
- IKP, 1996: Institut für Kunststoffprüfung und Kunststoffkunde (IKP), Universität Stuttgart: Ganzheitliche Bilanzierung von Dachbahnen aus Bitumen. In elektronischer Form über die UBA-Fachbibliothek zu beziehen (Signatur UM 381318)

- INFRAS, 2014: Handbuch der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) 3.2 -, URL: [http://www.hbefa.net/e/index.html?hbefa/new\\_in\\_hbefa\\_32.html~inhael](http://www.hbefa.net/e/index.html?hbefa/new_in_hbefa_32.html~inhael), Bern, Juli 2014.
- IPCC (2006b) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Eggleston H.S., B.L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). (ed), IGES, Japan.
- IPCC, (2006a) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 6 Wastewater Treatment and Discharge.
- IPCC, 1996a: Intergovernmental Panel on Climate Change: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Workbook, 1996
- IPCC, 1996b: Intergovernmental Panel on Climate Change: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3: Reference Manual, 1996
- IPCC, 1996c: Intergovernmental Panel on the Climate Change, Emission Inventory Guidebook, 1996: B 465, B466, B 644
- IPCC, 1999: Intergovernmental Panel on Climate Change: Aviation and the Global Atmosphere, Kapitel 9, Aircraft Emissions: Current Inventories and Future Scenarios, Cambridge University Press, 1999
- IPCC, 2000: Intergovernmental Panel on Climate Change, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, IPCC Secretariat, 16th Session, Montreal, 1-8 May 2000  
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>
- IPCC, 2001: Intergovernmental Panel on Climate Change: Corrigendum of Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/gpqaum.htm>
- IPCC, 2003: Intergovernmental Panel on Climate Change: Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. vi + 307 S.
- IPCC, 2004: Intergovernmental Panel on Climate Change: Synthesis and Assessment Report on the Greenhouse Gas Inventories submitted in 2004, Part I. FCCC/WEB/SAI/2004. Bonn.
- IPCC, 2006: Intergovernmental Panel on Climate Change: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Reference Manual, Volume 4, 2006
- IPCC, 2006a – Intergovernmental Panel on Climate Change: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, Chapter 3\_ Mobile Combustion, URL: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- IPCC, 2006b – Intergovernmental Panel on Climate Change: Datenbank für Emissionsfaktoren des IPCC; URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/main.php>
- IPCC, 2006c: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 6 Wastewater Treatment and Discharge, 2006
- IPCC, 2006d: Intergovernmental Panel on Climate Change: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 3 Industrial Processes and Product Use, 2006

- IPCC, 2007: Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 URL: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/contents.html)
- IPCC, 2013: Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2014, URL: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full.pdf)
- IPCC, et al, 1997: IPCC/UNEP/OECD/IEA: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Greenhouse Gas Inventory. Volume 3. Reference Manual. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6.htm>
- IVL, 2008: Swedish Environmental Research Institute (Author: Ulrik Axelsson): Climate impact of anaesthetic gases for Region Skane 16. December 2008. [www.miljo.skane.se/eng/U2237\\_translation.pdf](http://www.miljo.skane.se/eng/U2237_translation.pdf).
- IVT, 2004: Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V.: Fahrleistungserhebung 2002, Teil: Begleitung und Auswertung. Untersuchung im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Projektnummer FE 82.201/2001. Heilbronn/Mannheim.
- JANSSEN, J.; LAATZ, W. 2007: Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. 5. Auflage Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- JARVIS & PAIN, 1994: Jarvis, S.C.; Pain, B.F.: Greenhouse gas emissions from intensive livestock systems: their estimation and technologies for reduction. Climatic Change 27, 27-38.
- JGS-Anlagenverordnung NRW (1998). <http://www.umwelt-online.de/recht/wasser/laender/nrw/jgs.htm>
- JOHANNSON, T. und HJELM, B. (2012): Stump and Root Biomass of Poplar Stands. Forests 3: 166 178.
- KÄNDLER, G.; BÖSCH, B. 2013: Methodenentwicklung für die 3. Bundeswaldinventur: Modul 3 Überprüfung und Neukonzeption einer Biomassefunktion: Abschlussbericht, 69 S., Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abt. Biometrie und Informatik
- KIRCHGESSNER et al. (1994): Kirchgessner M, Windisch W, Müller HL : Methane release from dairy cows and pigs. In: Aguilera JF (ed) Proc XIII Symp on energy metabolism of farm animals. EAAP Publ 76:399-402
- KIRCHGESSNER et al. (2008): Kirchgessner M, Roth FX, Schwarz, FJ, Stangl GI. Tierernährung. 12. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt a.M., 635 S.
- KNIGGE, W.; SCHULZ, H. (1966): Grundriss der Forstbenutzung. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, 584 S.
- KOLLMANN, F. 1982: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- KÖNIG, H.-C., 2007. Waldbrandschutz - Kompendium für Forst und Feuerwehr, 1. Fachverlag Matthias Grimm, Berlin, 197 pp.

- KÖNIG, N.; BLUM, U.; SYMOSSEK, F.; BUSSIAN, B.; ELLINGHAUS, R.; FURTMANN, K.; GÄRTNER, A.; GUTWASSER, F.; HAUENSTEIN, M.; KIESLING, G.; KLINGENBERG, U.; KLINGER, T.; MÖLLER, A.; NACK, T.; REICHELT, L.; SCHIMMING, C.; STAHN, M.; TREFZ-MALCHER, G.; UTERMANN, J. 2005: Handbuch Forstliche Analytik. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Bonn, 510 S.  
<http://www.bmelv.de/SharedDocs/Standardartikel/Landwirtschaft/Wald-Jagd/WaldBodenZustand/Handbuch-Forstliche-Analytik.html>
- KONOPATZKY, A. 2009: Die Veränderungen von Corg- und Nt-Zuständen der Waldböden im Norddeutschen Tiefland am Beispiel Brandenburgs. Tagungsbeitrag zu Kommission III, Böden eine endliche Ressource. DBG, Bonn, 4 S., <http://eprints.dbges.de/373/>
- Korrespondenz Abwasser, Abfall 2009, Ausgabe 11, Hg: GFA, D-53773 Hennef, [www.dwa.de/KA](http://www.dwa.de/KA)
- KTBL (2015): Documentation for data processing of the activity data for the biogas production for the National Inventory Report, Submission 2016 for 2014. Unpublished, Darmstadt.
- KURZ, W.A.; BEUKEMA, S.J.; APPS, M.J. (1996): Estimation of root biomass and dynamics for the carbon budget model of the Canadian forest sector, Can. J. For. Res., Nr. 26 (11), pp.1973-1979
- LALE, Andreas 2000: Langzeitemissionsverhalten von Deponien für Siedlungsabfälle in den neuen Bundesländern. TU Dresden, Dissertation; Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften.
- LANGE, Hans-Jürgen, 1988: Kokereien. VOC aus Produktemissionen. Umweltbundesamt. Vermerk. Blatt 2.2.88 vorbehaltlich weiterer Recherchen. Angaben für 1990 – 1995, Angenommener VOC Anteil von 50 %. Unveröffentlicht.
- LECHTENBÖHMER et al, 2005: Lechtenböhmer, S.; Harthan, R.; Dämmgen, U.; Strogies, M: Umsetzung des Inventarplanes und nationale unabhängige Überprüfung der Emissionsinventare für Treibhausgase. Teilvorhaben 01. Pilotstudie unabhängige bilaterale Inventarüberprüfung. Endbericht im Auftrag des Umweltbundesamts FKZ: 202 42 203. unveröffentlicht.
- LENK et al., 2005: Auswirkungen des Tanktourismus auf das deutsche Steueraufkommen – eine finanzwissenschaftliche Bestandsaufnahme; Leipzig, 2005
- LEPPELT ET AL., 2014: Leppelt, T., Dechow, R., Gebbert, S., Freibauer, A., Lohila, A., Augustin, J., Drösler, M., Fiedler, S., Glatzel, S., Höper, H., Järveoja, J., Lærke, P. E., Maljanen, M., Mander, Ü., Mäkiranta, P., Minkkinen, K., Ojanen, P., Regina, K., Strömgen, M.: Nitrous oxide emission hotspots from organic soils in Europe. Biogeosciences Discuss., 11, 9135–9182, 2014.
- LINDE GAS GMBH, 2005: Aufschäumen von Molkereiprodukten; URL: <http://www.lindegas.at/international/web/lg/at/likelgatn.nsf/PrintView/63ED15ADE8FCF595C1256B7B004C6250> , Zugriff Mai 2005
- LISKI J.; PERRUCHOUD, D.; KARJALAINEN, T. 2002: Increasing carbon stocks in the forest soils of Western Europe. Forest Ecology and Management, 169, 159-175

- LISKI, J. 1995: Variation in soil organic carbon and thickness of soil horizons within a boreal forest stand - effect of trees and implications for sampling. *Silva Fennica*, 29, 255–266
- LUO, Z., WANG, E., SUN, O.J., 2010: Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139, 224 – 231
- MELLERT, K.; WEIS, W.; RÜCKER, G. 2007: Ermittlung der (potentiell) zu erwartenden Signalstärke von Bodenveränderungen – Grundlage für die Bewertung und Interpretation von Ergebnissen der BZE II. BFH, Eberswalde, 92 S., [http://bfh-web.fh-eberswalde.de/bze/front\\_content.php?idcat=120&idart=224](http://bfh-web.fh-eberswalde.de/bze/front_content.php?idcat=120&idart=224)
- MEYER, K., 1999: Die Flüsse der klimarelevanten Gase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O eines nordwestdeutschen Niedermooses unter dem Einfluss der Wiedervernässung. *Göttinger Bodenkundliche Berichte*, 111, 134 S.
- MNUW, 1990: Ministerium für Naturschutz, Umweltschutz und Wasserwirtschaft 1990): Umweltbericht der DDR – Informationen zur Analyse der Umweltbedingungen in der DDR und zu weiteren Maßnahmen, März 1990, statistische Angaben für das Aufkommen an Siedlungsabfall für das Gebiet der ehemaligen DDR Tabelle 12, S. 56
- MOKANY, K., R.J. RAISON & A.S. PROKUSHKIN, 2006: Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. *Global Change Biology*, 12, 84 - 96
- MÜLLER-BBM (2009a): Bender et al „Inventarverbesserung 2008, Verbesserung und Ergänzung der aktuellen Inventardaten, IPCC-Kategorie (1996) 1.B.2 Diffuse Emissionen aus Erdöl und Erdgas“, Müller-BBM; Bericht Nr. M 76 595/4, UBA FKZ 360 16 012, 136 S.
- MÜLLER-BBM (2009b): Bender et al „Aufbereitung von Daten der Emissionserklärungen gemäß 11. BImSchV aus dem Jahre 2004 für die Verwendung bei der UNFCCC- und UNECE-Berichterstattung - Bereich Lageranlagen“, Müller-BBM Bericht Nr. M74 244/7, UBA FKZ 3707 42 103/01, 31 S.
- MÜLLER-BBM (2012): Bender und Langer „Ermittlung von Emissionsfaktoren und Aktivitätsraten im Bereich IPCC (1996) 1.B.2.b.iii“, Müller-BBM Bericht Nr. M96023/01, UBA FKZ 360 16 035, 41 S.
- MÜLLER-USING, S.; BARTSCH, N.; 2009. Decay dynamic of coarse and fine woody debris of a beech (*Fagus sylvatica* L.) forest in Central Germany. *Eur J Forest Res*, 128, 287-296
- MUNDEL, G. (1976): Untersuchungen zur Torfmineralisation in Niedermooren.- *Archiv Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde*. H. 10, 20: 669-679
- MWV, 2006: Mineralölwirtschaftsverband, „Mineralölzahlen 2005“.
- MWV, 2015: Mineralölwirtschaftsverband, Jahresbericht 2015/Mineralöl-Zahlen 2014 URL: [http://www.mwv.de/upload/Publikationen/dateien/MWV-JB\\_Web\\_2014\\_HBr2W53p7xHJWvQ.pdf](http://www.mwv.de/upload/Publikationen/dateien/MWV-JB_Web_2014_HBr2W53p7xHJWvQ.pdf) (letzter Aufruf November 2015)
- NABUURS G.J.; SCHELHAAS M.J. 2002: Carbon profiles of typical forest types across Europe assessed with CO2FIX. *Ecological Indicators*, 1, 3, 213-223

- NEUBAUER, M.; DEMANT, B. (in Vorbereitung): Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen oberirdischer und unterirdischer Biomasse der Kiefer im Nordostdeutschen Tiefland, Thünen-Institut 2013
- OECD/IEA, 2014: CO<sub>2</sub>-Emissions from fuel combustion 2014 Edition - Highlights, OECD & IEA, Paris, URL:  
<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2014.html>
- OEHMICHEN, K., DEMANT, B., DUNGER, K., GRÜNEBERG, E., HENNIG, P., KROIHER, K., NEUBAUER, M., POLLEY, H., RIEDEL, T., ROCK, J., SCHWITZGEBEL, F., STÜMER, W., WELLBROCK, N., ZICHE, D. und BOLTE, A. (2011): Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald, Band 343. Landbauforschung — vTI Agriculture and Forestry Research. ISBN 978-3-86576-069-2
- OEHMICHEN, K.; DUNGER, K.; Steuk, J.; STÜMER, W.; RIEDEL, T. 2011b: Annex 3, Chapter 19.5.1: Other detailed methodological descriptions for the source/sink category “Land-use change and forestry” (5) – Forest land (5.A), 637-649. In: Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol 2011. National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2009. Dessau: Federal Environment Agency, ISSN 1862-4359, 755 p.
- Öko 2014: „Methodische Anpassung der deutschen THG-Emissionsinventare an die überarbeiteten „UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention“, im Auftrag des UBA 2014, FKZ: 3712 41 103-2 (noch nicht veröffentlicht)
- ÖKO-INSTITUT / DIW 2007 (Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie e.V.) / DIW (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung) 2007: Dokumentation der Datenqualität von Aktivitätsdaten für die Berichte über Emissionen aus stationären Feuerungen im Rahmendes Nationalen Inventarberichtes und des Monitoring Mechanismus nach RLEG 99/296; Endbericht zum F&E-Vorhaben FKZ 204 41 132 i.A. des UBA; Berlin
- ÖKO-INSTITUT, 2004a: Arbeitsergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 201 42 258 Unterstützung beim Aufbau eines Nationalen Systems für eine transparente Erhebung der Grundlagendaten und für die Emissionsberichterstattung entsprechend Artikel 5(1) des Kyoto-Protokolls, Auftragnehmer Öko-Institut, noch bis 15.10.2005 laufend (unveröffentlicht)
- ÖKO-INSTITUT, 2004b: Emissionen in Abwasser- und Schlammbehandlung. Arbeitspapier im Rahmen des dem F+E-Vorhaben 201 42 258 Unterstützung beim Aufbau eines Nationalen Systems für eine transparente Erhebung der Grundlagendaten und für die Emissionsberichterstattung entsprechend Artikel 5(1) des Kyoto-Protokolls (unveröffentlicht)
- ÖKO-INSTITUT, 2004c: CO<sub>2</sub> Emissionsfaktoren für die Erstellung der nationalen CO<sub>2</sub>-Inventare. Teilbericht für den nationalen Inventarbericht 2004.

- ÖKO-INSTITUT, 2005 Analyse, Dokumentation und Überarbeitung der Bilanz der Emissionsursachen (BEU) / Verena Graichen, Ralph O. Harthan, Julia Repenning  
Weitere Titel Zeitnahe Erfassung und Bewertung des Energieumsatzes von stationären Quellen als Grundlage für strategische Entscheidungen, Bewertungen von Maßnahmen und die Erfüllung internationaler Berichtspflichten im Bereich Klimaschutz und Luftreinhaltung
- ÖKO-INSTITUT, 2006a: Kurzstudie - Stand und Entwicklung von Treibhausgasemissionen in den Vorketten für Erdöl und Erdgas für das Institut für wirtschaftliche Oelheizung e.V. (IWO), Endbericht erstellt von Uwe R. Fritsche. Darmstadt, Juli 2006.
- ÖKO-INSTITUT, 2006b: Datenaustausch zwischen Emissionshandel und Nationaler Klimaschutzberichterstattung, Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben FKZ 205 41 521, Berlin, Dezember 2006. Unveröffentlicht.
- ÖKO-INSTITUT, 2015: Inventartool zum deutschen Flugverkehrsinventar 1990-2014, im Rahmen der Aktualisierung des Moduls TREMOD-AV im Transportemissionsmodell TREMOD, Berlin, 01.10.2015
- ÖKO-RECHERCHE, 1996, Büro für Umweltforschung und –beratung GmbH: Aktuelle und künftige Emissionen treibhauswirksamer fluorierter Verbindungen in Deutschland, im Auftrag des UBA, FKZ 106 01 074/01, Frankfurt am Main, 1996
- ÖKO-RECHERCHE, 2001: Emissionen des Kältemittels R-134a aus mobilen Klimaanlage. Jährliche Emissionsraten von bis zu sieben Jahre alten PKW-Klimaanlagen, Gutachten für das Umweltbundesamt Berlin, Frankfurt.
- ÖKO-RECHERCHE, 2005: Emissionen und Emissionsprognose von H-FKW, FKW und SF6 in Deutschland - Aktueller Stand und Entwicklung eines Systems zur jährlichen Ermittlung (Emissionsdaten bis 2003 und Emissionsprognosen für die Jahre 2010 und 2020), Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau, FKZ 202 41 356.  
URL: [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3000](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3000)
- ÖKO-RECHERCHE, 2007: Daten von H-FKW, FKW und SF6 für die nationale Emissionsberichterstattung gemäß Klimarahmenkonvention für die Berichtsjahre 2004 und 2005 (F-Gas-Emissionen 2004/2005 und Unsicherheitsbestimmung im ZSE), Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dessau, FKZ 205 41 217/01. URL: [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql\\_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3439](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/mysql_medien.php?anfrage=Kennnummer&Suchwort=3439)
- ÖKO-RECHERCHE, 2009: Öko-Recherche - Büro für Umweltforschung und –beratung GmbH, Dr. Winfried Schwarz: SF<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub> in der deutschen Photovoltaik-Industrie - Inventarverbesserung 2008 – Verbesserung und Ergänzung der Daten für die nationale Emissionsberichterstattung gemäß Klimarahmenkonvention in der Kategorie Photovoltaik (2.F.9.h), Endbericht, FuE-Vorhaben FKZ 360 16 027, Frankfurt a.M., Dezember 2009.
- ÖKO-RECHERCHE, 2013: Implementierung der ab dem Berichtsjahr 2013 gültigen IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006 in the Inventarerhebung fluorierter Treibhausgase (HFKW, FKW, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>), Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3712 41 103 1, 2013. Unveröffentlicht.

- ÖKO-RECHERCHE, Ecofys, 2003: Establishing the Leakage Rates of Mobile Air Conditioners. Report on the EU Commission (DG Environment). B4-3040/2002/337136/MAR/C1. Frankfurt/Nürnberg.
- ORELLAS, D.L., 1982: Heat and Products of Detonation for Explosives, Lawrence Livermore National Laboratory, University of California, USA, April 5<sup>th</sup>
- OSOWSKI, S., J. NEUMANN & H. FAHLENKAMP (2004): Nutzung biogener Festbrennstoffe in Vergasungsanlagen. Chemie Ingenieur Technik, 76, No. 7
- PAUL, C.; WEBER, M.; MOSANDL, R. 2009: Kohlenstoffbindung junger Aufforstungsflächen. München: Karl Gayer Institut & Technische Universität München, Lehrstuhl für Waldbau, 70 S (unveröffentlicht)
- PENNSYLVANIA COLLEGE OF AGRICULTURAL SCIENCES (2011): Calf Rumen Images. <http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/nutrition/calves/rumen> [2011-02-15]
- PIATKOWSKI B.; JENTSCH W. 2012: Anfrage zur Berechnung der Methanemissionen der Rinder; 18.12.2012 (unveröffentlicht; hinterlegt in der Inventarbeschreibung Landwirtschaft: Inventarüberprüfung 2012)
- PISTORIUS, T.; ZELL, J.; HARTEBRODT, C. 2006: Untersuchungen zur Rolle des Waldes und der Forstwirtschaft im Kohlenstoffhaushalt des Landes Baden-Württemberg; Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Institut für Forstökonomie, Technischer Bericht; 224 S.
- PÖPKEN, S., 2011: Obstanbau, Weinanbau und Weihnachtsbaumkulturen in Deutschland. Zwischenbericht des Forschungsprojekts „Methodenentwicklung zur Erfassung der Biomasse mehrjährig verholzter Pflanzen außerhalb von Waldflächen“; Johann Heinrich von Thünen-Institut, Institut für Weltforstwirtschaft
- PREISEGGER, 1999: Solvay Fluor und Derivate GmbH: Automotive Air Conditioning Impact of Refrigerant on Global Warming, in: Joint IPCC/TEAP Expert Meeting on Options for the Limitation of Emissions of HFCs and PFCs, Petten, 26-28 May 1999.
- PRIETZEL, J.; STETTER, U.; KLEMMT, H.-J.; REHFUESS, K.E. 2006: Recent carbon and nitrogen accumulation and acidification in soils of two Scots pine ecosystems in Southern Germany. Plant and Soil, 289, 153-170
- PROBST & CONSORTEN, 2012: Recherche des jährlichen Kohleeinsatzes in historischen Schienenfahrzeugen seit 1990; FKZ: 363 01 392, Dresden, 28. März 2011, ergänzt 22. Mai 2012 - unveröffentlicht
- PROGNOS, 2000: Anwendung des IPCC-Referenzverfahrens zur Ermittlung der verbrennungsbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen in Deutschland, Forschungsprojekt des UBA, FKZ 29744850, 2000
- RENTZ et al, 2002: Rentz, Otto; Karl, Ute; Peter, H.: Ermittlung und Evaluierung von Emissionsfaktoren für Feuerungsanlagen in Deutschland für die Jahre 1995, 2000 und 2010, Bericht zum Forschungsprojekt des Umweltbundesamtes unter FKZ 299 43 142, durchgeführt vom DFIU (Universität Karlsruhe, Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung)

- RENTZ et al. 2002b: O. Rentz, K. Gütling und U. Karl 2002: Erarbeitung der Grundlagen für das BVT-Merkblatt Großfeuerungsanlagen im Rahmen des Informationsaustausches nach Art. 16(2) IVU-Richtlinie, Forschungsbericht 200 46 317, Gutachten im Auftrag des Umweltbundesamtes.
- RETTENBERGER et al, 1997: RETTENBERGER, STEGMANN: Neue Aspekte der Deponiegasnutzung. Trierer Berichte zur Abfallwirtschaft Band 11. Economia-Verlag Bonn 1997. u.a. S. 268, 319
- RICHTLINIE DES RATES vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG) (ABl. L 135 vom 30.5.1991, S. 40
- Rösemann C, Haenel H-D, Dämmgen U, Freibauer A, Wulf S, Eurich-Menden B, Döhler H, Schreiner C, Bauer B, Osterburg B (2015) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2013 : Report on methods and data (RMD) Submission 2015. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 372 p, Thünen Rep 27
- RÖSEMANN et al. 2013: Rösemann, C.; Haenel H.-D.; Dämmgen, U.; Poddey, E.; Freibauer, A.; Wulf, S.; Eurich-Menden, B.; Döhler, H.; Schreiner, C.; Bauer, B.; Osterburg, B.: Calculation of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2011. Report on methods and data (RMD). Submission 2013. Thünen Rep 1. p 386..
- ROTH, U.; DÖHLER, H.; HARTMANN, S.; WULF, S. (2011): Treibhausgasbilanzen und CO<sub>2</sub>eq-Vermeidungskosten landwirtschaftlicher Biogasanlagen. In: Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven. KTBL-Schrift 488, Darmstadt, S. 196-208
- SACHS, L. 1984: Angewandte Statistik. Bd. 6. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo.
- SANANTONIO, D.; HERMANN R.K.; OVERTON W.S. (1977): Root biomass studies in forest ecosystems. *Pedobiologia* 17:1–31
- Schön, M., Walz, R., Angerer, G., Bätcher, K., Böhm, E., Hillenbrand, T., Hiessl, H., Reichert, J., Paoli, M. and Sartorius, R. (1993) Emissionen der Treibhausgase Distickstoffoxid und Methan in Deutschland : Emissionsbilanz, Identifikation von Forschungs- und Handlungsbedarf sowie Erarbeitung von Handlungsempfehlungen ; Phase 1, E. Schmidt, Berlin.
- SCHÖNING, I.; TOTSCHKE, K.U.; KOGEL-KNABNER, I. 2006: Small scale spatial variability of organic carbon stocks in litter and solum of a forested Luvisol. *Geoderma*, 136, 631-642
- SCHULZE, E-D.; HÖGBERG, P.; VAN OENE, H.; PERSSON, T.; HARRISON, A. F.; READ, D. J.; KJÖLLER, A.; MATTEUCCI, G. 2000: Interactions between the carbon and nitrogen cycle and the role of biodiversity. *Ecological Studies*, 142, 468–492
- SCHWARZ, KIMMEL, GSCHREY; LEISEWITZ, SAUER o.J.: Modelle für die Inventarerhebung von F-Gasen, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 363 01 351, 2012. Unveröffentlicht.
- SCHWITZGEBEL, F.; DUNGER, K.; POLLEY, H. 2009: Die Inventurstudie 2008. Ergebnisse einer Kohlenstoffinventur auf Bundeswaldinventur-Basis. Hintergrund, Methodik und Durchführung der Studie. *Allg Forst Z Waldwirtsch Umweltvorsorge* 64: 1070-1071

- Senser, F. and Scherz, H. (1991) Der Kleine "Souci-Fachmann-Kraut", Lebensmitteltabelle für die Praxis.
- SIEGL et al., 2002: R-134a Emissions from Vehicles, ENVIRON. SCI & TECHNOL., VOL. 36, 561-566.
- SIX, J.; CONTANT, R.T.; PAPUL, E.A. & PAUSTIAN, K. 2002: Stabilization Mechanisms Of Soil Organic Matter: Implications For C-Saturation Of Soils. Plant And Soil, 241, 155-176
- SKM Enviros 2010: Eco-Efficiency Study of Supermarket Refrigeration, for the European Partnership for Energy and Environment (EPEE), March 2010.
- SNEATH, R.W., CHADWICK, D.R., PHILLIPS, V.R., PAIN, B.F. 1997. A UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed livestock. Commissions WA 0604 and WA 0605, SRI/IGER, May 1997.
- SOMMER S.G. 2001: Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. European Journal of Agronomy 14, 123-133
- STATISTIK DER KOHLENWIRTSCHAFT e.V o.J.: Statistik der Kohlenwirtschaft, „Herstellung von Braunkohlenbriketts, Braunkohlenkoks, Staub-, Trocken- und Wirbelschichtkohle nach Revieren“, [www.kohlenstatistik.de](http://www.kohlenstatistik.de) (Aufruf: 26.08.2013)
- STATISTIK DER KOHLEWIRTSCHAFT e.V. Übersichten Download: <http://www.kohlenstatistik.de/3-0-Uebersichten.html> (Aufruf 06.08.2015)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 1992: Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 1992 für die Bundesrepublik Deutschland, Tab. 26.2.1 An Abfallbeseitigungsanlagen angelieferte Abfallmengen nach Art der Anlagen, Tab. 26.2.2 An Abfallbeseitigungsanlagen angelieferte Abfallmengen nach Abfallarten
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2002c: Statistisches Bundesamt, Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 1993 (WZ93), Wiesbaden 2002.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2008, Klassifikation der Wirtschaftszweige mit Erläuterungen 2008, Wiesbaden.  
URL:  
[https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/Klassifikationengp2009\\_wz2008\\_xls.html](https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/Klassifikationengp2009_wz2008_xls.html)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2011d; Wasserwirtschaft Öffentliche Abwasserentsorgung Klärschlammverwertung aus der biologischen Abwasserbehandlung 2011, Wiesbaden
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013: Umwelt Abwasserbehandlung - Klärschlamm - Ergebnisbericht 2010.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013a: Statistisches Bundesamt, Statistik 066 „Monatsberichte über die Elektrizitätsversorgung / Dezember 2013“ Tab. 3.2 und Tab. 5b.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013a; Umwelt - Abwasserbehandlung – Klärschlamm – Ergebnisbericht 2010 (2013), Wiesbaden

- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013b: Bevölkerung Deutschland, Online-Abfrage (GENESIS) durch das UBA (Stand: 25.09.2013 / 08:10:31), Fortschreibung des Bevölkerungsstandes, Wiesbaden
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013b: Statistisches Bundesamt, Statistik 060: Auswertungen des Statistischen Bundesamtes der Bundesrepublik Deutschland „Energieverwendung der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie Bergbaus und Gewinnung von Steinen und Erden“
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2013c: Pressemitteilung vom 31. Mai 2013 – 188/13; Zensus 2011
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014) Wasserwirtschaft: Klärschlamm Entsorgung aus der biologischen Abwasserbehandlung 2006 - 2012, [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenKlaerschlammsVerbrachteTeilmenge.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenKlaerschlammsVerbrachteTeilmenge.html).
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014b: Statistisches Bundesamt, Statistik 067: Auswertungen des Statistischen Bundesamtes der Bundesrepublik Deutschland „Stromerzeugungsanlagen der Betriebe des Verarbeitenden Gewerbes sowie Bergbaus und Gewinnung von Steinen und Erden“
- STATISTISCHES BUNDESAMT, 2015: Außenhandelsstatistik, Online-Abfrage (GENESIS) für die WA-Nr. 28362000 durch das UBA (Stand: 14.09.2015), Ausfuhr und Einfuhr nach Gewicht, Datei gesichert in der Inventarbeschreibung des UBA, Dessau-Roßlau 2015.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, o.J.: Umweltnutzung und Wirtschaft, Bericht zu den Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (div. Jgg.)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, o.J.: Umweltnutzung und Wirtschaft, Tabellen zu den umweltökonomischen Gesamtrechnungen, Teil 4: Wassereinsatz, Abwasser, Abfall, Flächennutzung, Umweltschutzmaßnahmen (div. Jgg.)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, BGS-Bögen unveröffentlicht (Brennstoff-, Gas- und Stromwirtschaft der Hochofen-, Stahl- und Walzwerke sowie Schmiede-, Press- und Hammerwerke einschließlich der örtlich verbundenen sonstigen Betriebe (ohne eigene Kokerei))- Zusammenfassung der Erfassungsbögen der Eisen- und Stahl-Statistik (FS 4 Reihe 8.1) bis 2010
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 19 Reihe 1, Jg. ab 1990: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 1: Umwelt, Abfallentsorgung.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 19 Reihe 2.1.3, Jg. ab 2010: Umwelt Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung - Strukturdaten zur Wasserwirtschaft, Wiesbaden
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 19 Reihe 2.2: Umwelt, Nichtöffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung (div. Jgg.)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 19, Reihe 2.1, 2011: Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 2.1: Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Klärschlamm (div. Jgg.), Wiesbaden

- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3 Reihe 4, versch. Jahrgänge: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4: Viehbestand und tierische Erzeugung.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3 Reihe 4.1, versch. Jahrgänge: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1: Viehbestand.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 3, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung (div. Jgg.)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 3.1.2, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei,– Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen); (div. Jgg.)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 3.1.4, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Landwirtschaftliche Bodennutzung - Baumobstflächen – (div. Jgg.)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 3.1.5, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Landwirtschaftliche Bodennutzung - Grunderhebung der Rebflächen - (2009)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 3.1.5, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Landwirtschaftliche Bodennutzung - Rebflächen - (div. Jgg.)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 3.2.1, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Wachstum und Ernte – Feldfrüchte; (div. Jgg.)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 3.2.1, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Wachstum und Ernte – Obst; (div. Jgg.)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, FACHSERIE 3, Reihe 3.2.2, versch. Jahrgänge: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 3.2.2: Erhebung der Weinerzeugung - Wein- und Mostmengen nach Qualitätsstufen und Weinmostart (Weißmost/Rotmost)
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4 Reihe 3.1, Jg. ab 1991: Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 3.1: Produzierendes Gewerbe - Produktion im produzierenden Gewerbe, Wiesbaden
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4 Reihe 4.1.1, Jg. ab 1991-2003: Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 4.1.1: Erhebung über die Energieverwendung der Betriebe des verarbeitenden Gewerbes sowie des Bergbaus und der Gewinnung von Steinen und Erden, Wiesbaden
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4 Reihe 6.4, Jg. ab 1991: Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 6.4: Stromerzeugungsanlagen der Betriebe im Bergbau und im verarbeitenden Gewerbe, Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4 Reihe 8.1, versch. Jahrgänge bis 2009: Statistisches Bundesamt; Fachserie 4, Reihe 8.1; Eisen und Stahl, Poeschel-Verlag
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 4 Reihe 8.2, Jg. ab 1990: Statistisches Bundesamt, Fachserie 4, Reihe 8.2: Produzierendes Gewerbe, Düngemittelversorgung, Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 8 Reihe 4, Jg. ab 1991: Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 4: Binnenschifffahrt (für die Jahre 1990-2003), Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Statistisches Jahrbuch ; div. Jgg., Wiesbaden

- STBA (2013a) Statistisches Bundesamt, Fachserie 19, Reihe 2.1.3, Strukturdaten zur Wasserwirtschaft 2010.
- STBA (2013b) Statistisches Bundesamt, Umwelt - Abwasserbehandlung - Klärschlamm - Ergebnisbericht 2010.
- STBA (2015a) Wasserwirtschaft: Klärschlamm entsorgung aus der biologischen Abwasserbehandlung 2006-2013, [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenKlaerschlammverwertungsart.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenKlaerschlammverwertungsart.html).
- STBA (2015b) Statistisches Bundesamt; persönliche Mitteilung von Herrn J. Kaiser; E 207; Deutschland - Erhebung über Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas am 23.07.2015 per Mail, Statistisches Bundesamt.
- STBA (2015c) Pressemitteilung 257/15 10.07.2015: 1 340 Gigawattstunden Strom aus Klärgas erzeugt.
- STBA (22.05.2014) Wasserwirtschaft: Klärschlamm entsorgung aus der biologischen Abwasserbehandlung 2006 - 2012, [www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenKlaerschlammVerbrachteTeilmenge.html](http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Tabellen/TabellenKlaerschlammVerbrachteTeilmenge.html).
- STEHFEST E; BOUWMAN L, 2006: N<sub>2</sub>O und NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modelling of global emissions. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 74, 207-228
- STEINLECHNER, E.B., H.; CATE, F.M.; JUNGMEIER, G.; SPITZER, J. & WUTZL, C. (1994) Möglichkeiten der Vermeidung und Nutzung anthropogener Methanemissionen. Joanneum Research, Institut für Umweltgeologie und Ökosystemforschung, Graz.
- STEUK, J. 2010: Vorgaben zur Bewirtschaftung von Wald in Deutschland im Kontext internationaler Vorgaben nach IPCC. vTI-WOI Eberswalde (unveröffentlicht).
- STOLLER, DBI 2012: „Verbesserung der Treibhausgasemissionsberichterstattung im Bereich "Gas, Verteilung" durch Datenerhebung und Datenbereitstellung“, im Auftrag des BMWI 2011, Dienstleistungsprojekt Nr. 14/12
- STRAUSS, Karl 1998: Kraftwerkstechnik zur Nutzung fossiler, regenerativer und nuklearer Energiequellen. 4. Auflage. Springer-Verlag.
- STRUSCHKA, 2008: Struschka, Dr. M., Kilgus, D., Springmann, M.; Baumbach, Prof.Dr. Günter: Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung; UBA-Forschungsbericht 205 42 322; Dessau, 2008.
- TA LUFT, 1986: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, vom 27. Februar 1986, Gemeinsames Ministerialblatt S. 95, ber. S. 202)
- TA LUFT, 2002: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, TA Luft - Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, vom 24. Juli 2002, Gemeinsames Ministerialblatt (GMBI). Nr. 25 - 29 vom 30.7. 2002 S. 511ff.

- THELOKE et al 2013: Theloke, J.; Kampffmeyer, T.; Kugler, U.; Friedrich, R.; Schilling, S.; Wolf, L.; Springwald, T. (2013): Ermittlung von Emissionsfaktoren und Aktivitätsraten im Bereich IPCC (1996) 1.B.2.a. i-vi - Diffuse Emissionen aus Mineralöl und Mineralölprodukten – Abschlussbericht, Förderkennzeichen 360 16 033; Stuttgart 2013
- TI - Johann Heinrich von Thünen-Institut 2012: Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Kategorien 4 und 5. Anlage zum Konzept Emissions- und Kohlenstoffinventare im nachgeordneten Bereich des BMELV vom 01.03.2012. Version 1.01, Stand vom 31.08.2012
- TOMTER, S.M., HYLEN, G. & NILSEN, J.-E. 2010: Development of Norway's National Forest Inventory. In: Tomppo, E., Gschwantner, T., Lawrence, M. & McRoberts, R.E. (eds.): National Forest Inventories. Pathways for common reporting, pp. 411-424. Springer, Heidelberg. ISBN 978-90-481-3232-4.
- UBA, 1983: Greiner, B., Barghoorn, M., Dobberstein, J., Eder, G., Fuchs, J., Gössele, P.: Chemisch-physikalische Analyse von Hausmüll. Forschungsbericht 83-033 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.
- UBA, 1986: Barghoorn, M., Gössele, P., Kaworski, W.: Bundesweite Hausmüllanalyse 1983-85, Forschungsbericht 10303508 im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin.
- UBA, 1989b: Luftreinhaltung '88. Tendenzen - Probleme - Lösungen. Materialien zum Vierten Immissionsschutzbericht der Bundesregierung an den Deutschen Bundestag (Drucksache 11/2714) nach Paragraph 61 Bundes-Immissionsschutzgesetz Körperschaft, erschienen Berlin Schmidt, E.
- UBA, 1993: Umweltbundesamt: UBA-Text 9/93, Emissionen der Treibhausgase Distickstoffoxid und Methan in Deutschland. Auftragnehmer: Schön, M. et al. Fhg-ISI
- UBA, 2000a: UBA-Text 14/00: Pfeiffer, Frank / Struschka, Michael / Baumbach, Günter: Ermittlung der mittleren Emissionsfaktoren zur Darstellung der Emissionsentwicklung aus Feuerungsanlagen im Bereich der Haushalte und Kleinverbraucher, Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen, Universität Stuttgart, Herausgeber: Umweltbundesamt, FKZ 299 42 245 / 02, Berlin
- UBA, 2001: German Notes on BAT for the production of Large Volume Solid Inorganic Chemicals – Soda. URL: [www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv/sodad.pdf](http://www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv/sodad.pdf) english: [www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv-e/sodae.pdf](http://www.bvt.umweltbundesamt.de/archiv-e/sodae.pdf) )
- UBA, 2003a: Projekthandbuch Decor, Umweltbundesamt, Förderkennzeichen IT 20, in Bearbeitung
- UBA, 2004: IZT, KPMG, DFIU: Arbeitsergebnisse aus dem F+E-Vorhaben 202 42 266 „Bestimmung und Einführung von Methoden zur Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle für die deutschen Inventare der Treibhausgasemissionen entsprechend den Vorgaben der Klimarahmenkonvention (KRK) und der Anforderung der ECE-Luftreinhaltetechnischen Konvention“ (unveröffentlicht)

- UBA, 2004b: Dr. R. Joas; A. Potrykus; R. Schott; S. Wenzel: VOC-Minderungspotenzial beim Transport und Umschlag von Mineralölprodukten mittels Kesselwagen, FKZ 202 44 372, UBA-Texte 12/2004, Dessau.  
URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2637.pdf>
- UBA, 2005b, FKZ 20442203/02: Endbericht zum Forschungsprojekt „Einsatz von Sekundärbrennstoffen“
- UBA, 2005c, FKZ 20541115: unveröffentlichter Zwischenbericht zum Forschungsprojekt „Bereitstellung der Energiedaten für stationäre Feuerungsanlagen zur Erfüllung der Berichtspflichten im Rahmen des Nationalen Treibhausgasinventars (NIR 2006) und des Berichtes zur Festlegung der zugewiesenen Mengen nach Kyoto-Protokoll“
- UBA, 2006: Umweltbundesamt: UBA-Text 29/06, Lechtenböhrer, Nanning, Buttermann, Hillebrand: Bilanzierung der Gewinnung und Verwendung von Kalkstein und Ausweisung der CO<sub>2</sub>-Emissionen, Forschungsbericht FKZ 20541217/02, Dessau 2006
- UBA, 2007: Dr. Matthias Kühle-Weidemeier, Wasteconsult International: Endbericht des UFOPlan-Projekts „Anlagen zur mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung, FKZ 206 33 301. Juni 2007
- UBA, 2007b: Umweltbundesamt: Qualitätssystem Emissionsinventare. Handbuch zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Erstellung von Emissionsinventaren und der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen sowie der EU-Entscheidung 280/2004/EG, Dessau. Stand 05.06.2007, unveröffentlicht.
- UBA, 2010: Ableitung der Kalksteinbilanz aus den statistischen Daten der BGR für Zwecke der Emissionsberichterstattung nach Klimarahmenkonvention und Kyoto Protokoll (Kategorie CRF 2.A.3), Publikationsnummer 4033, direkt unter <http://www.uba.de/uba-info-medien/4033.html>
- UBA, 2011, FKZ 3707 33 303: Endbericht zum Forschungsprojekt „Nutzung der Potenziale des biogenen Anteils im Abfall zur Energieerzeugung“ URL: <http://www.uba.de/uba-info-medien/4116.html>
- UBA, 2011b, FKZ 360 16 031: Endbericht zum Forschungsprojekt: „Bereitstellung einer qualitätsgesicherten Datengrundlage für die Emissionsberichterstattung zur Umsetzung von internationalen Luftreinhalte- und Klimaschutzvereinbarungen für ausgewählte Industriebranchen – hier: N<sub>2</sub>O Emissionsfaktoren aus der Abwasserreinigung der vier relevantesten Industriebereiche. Ute Austermann-Haun Hochschule Ostwestfalen Lippe), Alvaro Carozzi (Dr. Steinle Indgenieurgesellschaft für Abwassertechnik mbH), Dessau, Oktober 2011.
- UBA, 2014 Berichterstattung der Bundesregierung an die EU gemäß 91/271/EWG.
- UBA, 2015: Umweltbundesamt: Qualitätssystem Emissionsinventare. Handbuch zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Erstellung von Emissionsinventaren und der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen sowie der EU-Entscheidung 525/2013/EG, Dessau. Stand 16.09.2010, unveröffentlicht.

- UBA/BFI 2012: Umweltbundesamt ; VDEh-Betriebsforschungsinstitut: Emissionsfaktoren zur Eisen- und Stahlindustrie für die Emissionsberichterstattung (gemeinsamer Endbericht zu den FKZ 3707 42 301/01 und 3707 41 111/2). Dessau, 2012 – UBA-Publikationsnr. 4362 (URL: [www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/4362.html](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-medien/4362.html))
- UBA/BMUB 2014: Jahresbericht über die Altfahrzeug-Verwertungsquoten in Deutschland im Jahr 2012 gemäß Art. 7 Abs. 2 der Altfahrzeug-Richtlinie 2000/53/EG, Dessau-Roßlau, Bonn, 27. Juni 2014.
- UMEG 2004: Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit 2004: Emissionsfaktoren-Handbuch, Emissionserklärung 2004 Baden-Württemberg
- UMWELTBUNDESAMT GmbH 2012: Final report of the 2012 technical review of the greenhouse gas emission inventory of Germany to support the determination of annual emission allocations under Decision 406/2009/EC, Reference: DG CLIMA.C.1/SER/2011/0019, 17.08.2012, archiviertes Dokument "ESD-2012-FINAL\_Review\_Report-Germany.doc", Wien 2012
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2006: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, part IIIa: sampling and analysis of soil. Project Coordinating Center (PCC9, Hamburg, 117 p, <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>)
- UNFCCC 2013: National Inventory Submissions.  
[http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/7383.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/7383.php), United Nations 2013
- UNFCCC, 1998: Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations 1998
- US\_EPA 1995: „AP 42, Fifth Edition, Volume I -Chapter 10: Wood Products Industry“(Zugriff Oktober 2013)
- UU STS, 2007: Utrecht University (UU), Copernicus Institute Department of Science, Technology, and Society (STS): Estimating CO2 Emissions from the Non- Energy Use of Fossil Fuels in Germany - Methodenaktualisierung für die Emissionsberechnung 2003, FKZ 203 41 253/02.
- v.Vogel, H.U. and Synowietz, C. (1974) Chemikerkalender.
- VANDRÉ et al. (2013): Vandré R, Wulf S, Häußermann U, Horlacher D: N2O emissions from solid manure storage – Calculation of a national emission factor. Landtechnik 68(1), 38 – 42.
- VDA, 2014: Verband der Automobilindustrie e.V.: Erläuterungen zur VDA-Marke AdBlue®. URL: <https://www.vda.de/de/arbeitsgebiete/adblue/index.html> (Aufruf: 07.11.2014), Berlin
- VDD 2015: Datenübermittlung des Verbandes, Dokument in der Inventarbeschreibung in „Bitumen\_AREF\_Zeitreihen\_und\_Unsicherheiten\_Archiv.zip“, Dessau-Roßlau 2015
- VDEh Wirtschaftsvereinigung Stahl - Stahlinstitut VDEh – Lieferung BGS-Bögen jährlich ab 2010

- VDI, 1999: Verein Deutscher Ingenieure e.V.: VDI-Richtlinie 2578 - Emissionsminderung - Glashütten, 11/1999
- VDMA 2011: *Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland*, Frankfurt am Main, 04.04.2011.
- VDP, 2015: Verband Deutscher Papierfabriken e.V.: Ein Leistungsbericht, Bonn URL.: [http://www.vdp-online.de/de/suche.html?eID=dam\\_frontend\\_push&docID=2692](http://www.vdp-online.de/de/suche.html?eID=dam_frontend_push&docID=2692)
- VDP, versch. JG: Verband Deutscher Papierfabriken e.V.: Ein Leistungsbericht, Bonn, verschiedene Jahrgänge seit 1990
- VdZ, 2009: Forschungsinstitut der Zementindustrie: Bereitstellung einer qualitätsgesicherten Datengrundlage für die Emissionsberichterstattung zur Umsetzung von internationalen Luftreinhalte- und Klimaschutzvereinbarungen für ausgewählte Industriebranchen: Teilvorhaben 03 Zementindustrie (FKZ 370742301/03); Ruppert, Johannes; Scheuer, Wilfried; Schäfer, Stefan; Düsseldorf, 2009.
- VDZ, 2015 (Verein Deutscher Zementwerke e.V.): Zement – Produktionsdaten der deutschen Zementindustrie; per E-Mail an das UBA übermittelt.
- VERICO SCE 2014: „Development of scientific-methodological basic principles for the implementation of recommendations by international inventory reviews – Improvement of quality management and verification of the German emission inventory“, im Auftrag des UBA 2014, FKZ 3713 19 101 (noch nicht veröffentlicht)
- VOGT, K.A.; VOGT, D.J.; PALMIOTTO, P.A.; OON, P.; OHARA, J.; ASBJORNSEN, H. (1996): Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant and Soil*, Vol. 187 Nr.2, pp. 159-219
- VOLK, F., 1997: Recherches sur les Fumees Produits par la Detonation de divers Explosifs, Explosifs
- VSI, 2014: Verband Schmierstoff-Industrie e. V.: persönlicher Kontakt zu Herrn Wallfarth
- WALG, O., 2006: Humus contra Heizwert - Rebholzverwertung. *Der Winzer*, 3/2006
- WASTECONSULT INTERNATIONAL, 2009: Methanemissionen aus passiv entgasten Deponien und der Ablagerung von mechanisch-biologisch vorbehandelten Abfällen, FKZ: 360 16 015, Dezember 2009
- WEG (2014): Jahresbericht des Wirtschaftsverbandes Erdöl- und Erdgasgewinnung e.V., WEG, 2014 URL: <http://www.erdoel-erdgas.de/>
- WEG 2008a: Erdgas-Erdöl, Entstehung-Suche-Förderung, Hannover, 34 S. URL: [http://www.erdoel-erdgas.de/Erdgas Erd%F6l Entstehung Suche F%F6rderung-134-1-68b.html](http://www.erdoel-erdgas.de/Erdgas_Erd%F6l_Entstehung_Suche_F%F6rderung-134-1-68b.html) WEG, 2008b: WEG Bericht zur Schwefelgewinnung im Inland, URL: <http://www.erdoel-erdgas.de/article/articleview/13/1/59/>
- WEILBACHER, 1987: Ausgasung von Zellgasen, interner Laborbericht vom 17.08.87 (überreicht von der BASF AG, Ludwigshafen).
- WEINGARTEN, P., 1995: Das „Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“ (RAUMIS). *Ber Landwirtschaft* 73, 272-302

- WEISBERG, S., 2005: Applied Linear Regression. 3. Auflage, Wiley Interscience, Hoboken, 310p.
- WEISS, SCHIELER, SCHADAUER, RADUNSKY, ENGLISCH, 2000: Die Kohlenstoffbilanz des Österreichischen Waldes und Betrachtungen zum Kyoto-Protokoll. Umweltbundesamt GmbH, Wien.
- WELLBROCK et al. 2006: Wellbrock, N.; Aydin, C. - T.; Block, J.; Bussian, B.; Deckert, M.; Diekmann, O.; Evers, J.; Fetzer, K. D.; Gauer, J.; Gehrman, J.; Kölling, C.; König, N.; Liesebach, M.; Martin, J.; Meiwes, K. J.; Milbert, G.; Raben, G.; Riek, W.; Schäffer, W.; Schwerhoff, J.; Ullrich, T.; Utermann, J.; Volz, H. - A.; Weigel, A.; Wolff, B. (2006): Bodenzustandserhebung im Wald (BZE II) Arbeitsanleitung für die Außenaufnahmen. Hrsg. BMELV. Berlin. pp. 413.
- WHG (2010): Wasserhaushaltsgesetz – Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes. [http://www.gesetze-im-internet.de/whg\\_2009/BJNR258510009.html#BJNR258510009BJNG000100000](http://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/BJNR258510009.html#BJNR258510009BJNG000100000)
- Wiechmann, B., Dienemann, C., Kabbe, C., Brandt, S., Vogel, I. and Roskosch, A. (2013) Klärschlamm Entsorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Umweltbundesamt.
- WINKLER, M. (2004): „Abschätzung von Emissionsfaktoren bei Transport und Lagerung von Mineralölprodukten“ aus Erdöl, Erdgas, Kohle 120. Jg. 2004, Heft 10 S. 312 ff; Urban Verlag Hamburg/Wien GmbH 2004
- WIRTH C, SCHUMACHER J, SCHULZE ED. (2004b): Generic biomass functions for Norway spruce in Central Europe — a meta-analysis approach toward prediction and uncertainty estimation. *Tree Physiol.* 24(2):121-39.
- WIRTH, C.; SCHULZE, E.-D.; SCHWALBE, G.; TOMCZYK, S.; WEBER, G.; WELLER, E. (2004a): Dynamik der Kohlenstoffvorräte in den Wäldern Thüringens. Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei, Jena, 308 S.
- WOLFF & RIEK 1996: Wolff, B.; Riek, W. (1996): Deutscher Waldbodenbericht 1996 - Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung in Wald (BZE) 1987 - 1993. Hrsg.: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn, Bd. 1 u. 2.
- WUPPERTAL 2005: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie; Max-Planck-Institut für Chemie, „Treibhausgasemissionen des russischen Erdgas-Exportpipeline-Systems,“ Wuppertal; Mainz, 2005.
- WUTZLER, T., WIRTH, C. und SCHUMACHER, J. (2008): Generic biomass functions for Common beech (*Fagus sylvatica* L.) in Central Europe predictions and components of uncertainty. *Canadian Journal of Forest Research* 38(6): 1661 — 1675. 3
- ZIESING et al, 2003: Ziesing, Hans-Joachim (DIW), Felix Christian Matthes, (Öko-Institut), Franz Wittke (AGEB), Heike Leonhardt (UBA) „Harmonisierung der Energiedaten zur CO<sub>2</sub>-Berechnung“, Endbericht zum EUROSTAT-Vorhaben des Umweltbundesamtes, 24.04.2003, aktualisiert um die „Energiebilanz 1999“ vom 20.09.2003

