

**Sonderheft 356**  
*Special Issue*

**Calculations of gaseous and  
particulate emissions from  
German agriculture 1990 - 2010**

Report on methods and data (RMD) Submission 2012

**Berechnung von gas- und partikel-  
förmigen Emissionen aus der  
deutschen Landwirtschaft 1990 - 2010**

Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2012

Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich  
Dämmgen, Eike Poddey, Annette Freibauer,  
Helmut Döhler, Brigitte Eurich-Menden, Sebastian  
Wulf, Maria Dieterle, Bernhard Osterburg

***Bibliographic information published by  
the German National Library***

*The German National Library lists this  
publication in the German National  
Bibliography; detailed bibliographic data  
are available in the internet at  
<http://www.d-nb.de/>*

***Bibliografische Information  
der Deutschen Bibliothek***

*Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese  
Publikation in der Deutschen Nationalbiblio-  
grafie; detaillierte bibliografische Daten sind  
im Internet über <http://www.d-nb.de/>  
abrufbar.*



**2012**

**Landbauforschung**  
***vTI Agriculture and  
Forestry Research***

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Federal Research Institute for Rural Areas,  
Forestry and Fisheries,

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesforschungsinstitut für  
Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI)  
Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig,  
Germany

Responsibility for the content rests  
exclusively with the authors.  
Die Verantwortung für die Inhalte liegt  
bei den jeweiligen Verfassern bzw.  
Verfasserinnen.

[landbauforschung@vti.bund.de](mailto:landbauforschung@vti.bund.de)  
[www.vti.bund.de](http://www.vti.bund.de)

**Preis / Price 14 €**

**ISSN 0376-0723**  
**ISBN 978-3-86576-082-1**

**Landbauforschung**  
*vTI Agriculture and  
Forestry Research*

**Sonderheft 356**  
*Special Issue*

**Calculations of gaseous and  
particulate emissions from  
German agriculture 1990 - 2010**

Report on methods and data (RMD) Submission 2012

**Berechnung von gas- und partikel-  
förmigen Emissionen aus der  
deutschen Landwirtschaft 1990 - 2010**

Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2012

Hans-Dieter Haenel<sup>1</sup>, Claus Rösemann<sup>1</sup>, Ulrich  
Dämmgen<sup>1</sup>, Eike Poddey<sup>1</sup>, Annette Freibauer<sup>1</sup>,  
Helmut Döhler<sup>2</sup>, Brigitte Eurich-Menden<sup>2</sup>, Sebastian  
Wulf<sup>2</sup>, Maria Dieterle<sup>3</sup>, Bernhard Osterburg<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Johann Heinrich von Thünen-Institut, Federal Research Institute for Rural Areas,  
Forestry and Fisheries (vTI), Institute of Agricultural Climate Research,  
Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig, Germany

<sup>2</sup> Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL), Bartningstraße 49,  
D-64289 Darmstadt, Germany

<sup>3</sup> Statistisches Bundesamt (DESTATIS), Graurheindorfer Str. 198, D-53117 Bonn,  
Germany

<sup>4</sup> Johann Heinrich von Thünen-Institut, Federal Research Institute for Rural Areas,  
Forestry and Fisheries (vTI), Institute of Rural Studies, Bundesallee 50,  
D-38116 Braunschweig, Germany



## Vorwort

### Herausforderungen der Emissionsberichterstattung für die Bundesrepublik Deutschland — Stand und Anforderungen an die Berechnung land- und forstwirtschaftlicher Emissionen

Michael Strogies

Umweltbundesamt, Fachgebiet I 2.6 "Emissionssituation", Nationale Koordinierungsstelle der Emissionsberichterstattung  
Postfach 1406, 06813 DESSAU-ROSSLAU, Germany

Deutschland hat umfangreiche internationale Verpflichtungen zur Emissionsminderung für Treibhausgase und Luftschadstoffe übernommen. Hierzu gehören insbesondere im Rahmen der Vereinten Nationen die Konventionen zur Vermeidung und Verminderung weitreichender grenzüberschreitender Luftverunreinigungen (UNECE CLRTAP<sup>1</sup> mit seinen acht Protokollen), die Klimarahmenkonvention (UNFCCC<sup>2</sup>) und das Kyoto-Protokoll, im europäischen Kontext die Richtlinien zur Einhaltung nationaler Emissionsobergrenzen (NEC<sup>3</sup>) sowie der europäische Beobachtungsmechanismus für Treibhausgasemissionen und die Umsetzung des Kyoto-Protokolls<sup>4</sup>. Zur Erfolgskontrolle dieser Verpflichtungen sind jährlich quellgruppenspezifizierte Inventare nationaler Emissionen<sup>5</sup> zu berechnen und international zu berichten. Weitere Verpflichtungen bestehen zur Berichterstattung von anlagenbezogene Emissionsdaten, wie z. B. das europäische Schadstoffregister PRTR<sup>6</sup>.

Die Zielstellungen der internationalen Regelungen bestehen in der:

- Vermeidung bzw. Verminderung der Effekte der Klimaänderung
- Gewährleistung des Schutzes der Ozonschicht

- Vermeidung von Versauerung und Eutrophierung in Ökosystemen
- Bekämpfung der Entstehung von bodennahem Ozon
- Reduzierung der Feinstaubbelastungen
- Einhaltung von Luftqualitätsstandards
- Vermeidung gefährlicher (toxischer) Luftbelastungen
- Information der Öffentlichkeit über den Umweltzustand

Das im Februar 2005 in Kraft getretene Kyoto-Protokoll verbindet zusätzlich umweltstrategische Ziele und flexible ökonomische Instrumente (Emissionshandel sowie gemeinsame Projekte mit Entwicklungsländern bzw. entwickelten Industrienationen) als weiteren Weg, die Ziele der Verpflichtungen zu erreichen. Durch die damit erfolgte indirekte ökonomische und monetäre Bewertung der Emissionen sind weitere umfangreiche Anforderungen an die Genauigkeit der Emissionsermittlung gestellt. Diese bestehen in der Forderung nach Transparenz der Ermittlung und Berichterstattung, Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen anderer Länder, Konsistenz der berichteten Emissionszeitreihen, Vollständigkeit der Einbeziehung aller Quellen und Senken in das Inventar sowie die Bestimmung der Genauigkeit der Emissionen. Daraus abgeleitet ist die

- Dokumentation der Quellen aller verwendeten Daten, Modelle und Berechnungsverfahren,
- detaillierte Verfahrensbeschreibungen durch einen Nationalen Inventarbericht,
- Angabe der Fehlerbandbreiten für die verwendeten Daten, Parameter und Methoden sowie für die berechneten Emissionsfrachten,
- Sicherstellung eines Qualitätsmanagements über den gesamten Prozess der Datenerhebung, Berechnung und Berichterstattung der Emissionsinventare
- jährliche Überprüfung der Emissionsinventare (Berechnungsgrundlagen, Datenflüsse, Methoden und Ergebnisse) durch internationale Experten und zentrale statistische Analysen
- Archivierung aller Informationen für die Berichterstattung zu sichern.

Es entstanden völlig neuen Anforderungen an den Grad der methodischen und institutionellen Vernetzung

<sup>1</sup> UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (LRTAP) aus dem Jahre 1979 – Siehe auch: <http://www.unece.org/env/lrtap/>

<sup>2</sup> UN Framework Convention on Climate Change aus dem Jahr 1992 – daraus abgeleitet das Kyoto Protocol on the reduction of greenhouse gas emissions of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC's, PFC's and SF<sub>6</sub> – Siehe auch: <http://unfccc.int>

<sup>3</sup> Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants, Official Journal of the European Communities L 309/22, 27.11.2001, befindet sich in Überarbeitung,

<sup>4</sup> Decision No 280/2004/EC of the European Parliament and of the Council concerning a mechanism for monitoring Community greenhouse gas emissions and for implementing the Kyoto Protocol, Official Journal of the European Union. L 49/1, 19.2.2004 L 49/1, befindet sich in Überarbeitung,

<sup>5</sup> Aus Vereinfachungsgründen wird im Text nur von Emissionen gesprochen, gemeint sind jedoch immer die Berechnungen der Emissionen aus Quellen sowie die Einbindung solcher Gase in Senken.

<sup>6</sup> PRTR: The European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) – Siehe auch: <http://ec.europa.eu/environment/air/pollutants/stationary/eper/index.htm>

der Arbeitsabläufe, die zur Berechnung der Emissionsinventare notwendig sind. Das Kyoto-Protokoll fordert aus diesem Grund mit seinem Artikel 5.1 die Bildung eines nationalen Systems zur Emissionsberichterstattung. Dieses sichert in einem Netzwerkverbund, dass die national verfügbare Expertise institutions- und ressortübergreifend in die Berechnung und Berichterstattung zu den Emissionen einbezogen wird.

Die Zusammenarbeit zwischen dem Umweltressorts – hier werden die Arbeiten zur Emissionsberichterstattung federführend durch das Umweltbundesamt koordiniert – und den anderen für verschiedene Quellgruppen zuständigen Bundesministerien (Wirtschafts- und Landwirtschaft...), die deren nachgeordnete Institutionen einschließt änderte sich deutlich. Die Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten wurden durch ein Grundsatzpapier<sup>7</sup> zwischen den Staatssekretären der beteiligten Ressorts geregelt.

Für den Bereich der land- und forstwirtschaftlich verursachten Emissionen hatte sich bereits seit 2002 im Vorgriff auf diese internationalen Anforderungen und dem gemeinsamen Verständnis der Zuständigkeit für diese Aufgabe eine enge Kooperation entwickelt.

Auf der Basis einer Ressortvereinbarung zur Führung von Datenbanken und dem Austausch der jeweils benötigten Daten und Angaben werden Fragestellungen zur Ermittlung der relevanten Emissionen in enger Zusammenarbeit bearbeitet. Diese sichert die frühestmögliche Einbeziehung der Ergebnisse der im von Thünen Institut (vTI) koordinierten internationalen Arbeiten (UNECE) zur Weiterentwicklung der Berechnungsmethoden für landwirtschaftliche Emissionen (EMEP/EEA Guidebook) in den nationalen Prozess der Emissionsberechnung und -berichterstattung. Ein Beispiel hierfür ist das angewendete Gesamtstickstoffbilanzmodell.

Der hier vorgelegte Bericht beinhaltet eine detaillierte Zusammenstellung der Basisinformationen und Methoden, mit denen gegenwärtig die Berechnung der landwirtschaftlichen Emissionen erfolgt.

Die Zusammenarbeit zwischen dem vTI und dem UBA beinhaltet nachfolgende Arbeitsschritte:

- Im vTI werden dezentrale detaillierte Datenbanken und Berechnungsmodelle betrieben, die – neben eigenen Zielstellungen der jeweiligen Institute und Einrichtungen – eine Quantifizierung der relevanten Emissionen aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der Einbindung von Treibhausgasen in Senken ermöglichen.
- Über vereinbarte Schnittstellen werden jährlich daraus abgeleitete aggregierte Ergebnisse und zugehörige Basisinformationen in die für die interna-

tionale Berichterstattung entwickelte zentrale Datenbank (ZSE = zentrales System Emissionen) im Umweltbundesamt übernommen.

- Parallel dazu werden die entsprechenden geforderten Dokumentationen zur Beschreibung der Emissionsermittlung erarbeitet und in den nationalen Inventarbericht (NIR und IIR) aufgenommen.
- Über das ZSE erfolgen die Datenzusammenstellungen in den jeweils geforderten Berichtsformaten (UNECE = NFR; UNFCCC = CRF).
- Nach abgeschlossener Ressortabstimmung erfolgt dann über das Bundesumweltministerium die Übermittlung der Daten und Informationen an die jeweiligen Adressaten der Berichtsverpflichtung in Genf (UNECE), Bonn (UNFCCC) und Brüssel (EU). Diese bestehen aus detaillierten umfangreichen tabellarischen Datenzusammenstellungen und einer ausführlichen textlichen Beschreibung<sup>8</sup> der Ermittlung dieser Emissionen.
- Die sich im Rahmen der beiden UN-Konventionen an die Berichterstattung anschließenden internationalen Überprüfungsprozesse der vorgelegten nationalen Emissionsinventare werden in enger Kooperation bearbeitet.

Zu den begonnenen bzw. noch umzusetzenden Aufgaben und Herausforderungen an die Berechnung land- und forstwirtschaftlicher Emissionen und Einbindungen in Senken gehören:

- die Einbeziehung des im vTI eingeführten Qualitätsmanagements in den gesamten im Rahmen des Nationalen Systems eingeführten QA/QC Prozess von der regelmäßigen Erhebung der notwendigen Basisdaten bis hin zur Berechnung und Berichterstattung der Emissionen,
- die Mitwirkung an der Weiterentwicklung internationaler Vereinbarungen zur weiteren Emissionsminderung insbesondere im Rahmen des Göteborg-Protokolls und der NEC-Richtlinie sowie an Verhandlungen zur Harmonisierung verschiedener Berichtsformate.

Dieser Bericht dokumentiert die landwirtschaftlichen Detailberechnungen für das Berichtsjahr 2010. Ein Schwerpunkt liegt in der ausführlichen Dokumentation der Anwendung von neuen Methoden und Parametern.

In den Jahren 2010 und 2011 wurden die durch Deutschland vorgelegten Emissionsinventare mehrfach detailliert überprüft. Neben automatisierten Prüfungen und Auswertungen bei den jeweiligen Datenempfängern erfolgte für die Berichterstattung unter der Genfer Luftreinhaltekonvention vom 21. bis zum 25. Juni 2010 in

<sup>7</sup> Grundsatzpapier „Nationales System zur Emissionsberichterstattung“ vom 05.06.2007, veröffentlicht im Nationalen Inventarbericht 2008; <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-1/3475.pdf> Anhang 17

<sup>8</sup> Siehe hierzu auch: Nationaler Inventarbericht 2010; [www.umweltbundesamt.de/emissionen/veroeffentlichungen.htm](http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/veroeffentlichungen.htm) und German Informative Inventory Report (IIR) <http://iir-de.wikidot.com/>

Kopenhagen eine Expertenüberprüfung<sup>9</sup> in der die Qualität und Vollständigkeit insbesondere der landwirtschaftlich verursachten Emissionen hervorgehoben wurde.

Im Rahmen der Berichterstattung der Treibhausgase erfolgte 2010 ein „In-country-reviews“<sup>10</sup>. Eine weitere detaillierte Expertenüberprüfung erfolgte vom 19. bis 24. September 2011. Die Ergebnisse befinden sich zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses für die vorliegende Dokumentation noch in der Diskussion zwischen dem Sekretariat der Klimarahmenkonvention und den nationalen Experten.

---

<sup>9</sup> Report for the Stage 3 in-depth review of emission inventories submitted under the UNECE LRTAP Convention and EU National Emissions Ceilings Directive for: GERMANY, veröffentlicht: [http://www.ceip.at/fileadmin/inhalte/emep/pdf/2010/DE\\_Stage3\\_Review\\_Report\\_2010.pdf](http://www.ceip.at/fileadmin/inhalte/emep/pdf/2010/DE_Stage3_Review_Report_2010.pdf)  
Die Ergebnisse der Überprüfung 2011 sind unter nachfolgender Adresse einsehbar: <http://www.ceip.at/review-process/review-2011/review-results-2011/>

<sup>10</sup> Report of the individual review of the annual submission of Germany submitted in 2010.  
<http://unfccc.int/resource/docs/2011/arr/deu.pdf>





**Calculations of gaseous and particulate emissions from  
German agriculture 1990 – 2010**  
Report on methods and data (RMD)  
Submission 2012

**Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen  
aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2010**  
Report zu Methoden und Daten (RMD)  
Berichterstattung 2012

*Hans-Dieter Haenel<sup>1</sup>, Claus Rösemann<sup>1</sup>, Ulrich Dämmgen<sup>1</sup>, Eike Poddey<sup>1</sup>, Annette Freibauer<sup>1</sup>, Helmut Döhler<sup>2</sup>,  
Brigitte Eurich-Menden<sup>2</sup>, Sebastian Wulf<sup>2</sup>, Maria Dieterle<sup>3</sup>, Bernhard Osterburg<sup>4</sup>*

---

<sup>1</sup> Johann Heinrich von Thunen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (vTI), Institute of Agricultural Climate Research, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

<sup>2</sup> Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL), Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt, Germany

<sup>3</sup> Statistisches Bundesamt (DESTATIS), Graurheindorfer Str. 198, 53117 Bonn, Germany

<sup>4</sup> Johann Heinrich von Thunen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (vTI), Institute of Rural Studies, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

**Table of Contents / Inhaltsübersicht**

<b>1</b>	<b>Introduction / Einführung .....</b>	<b>21</b>
<b>1.1</b>	<b>Scope of the report / Gegenstand des Berichts.....</b>	<b>21</b>
<b>1.2</b>	<b>Overview of emission results / Übersicht über Emissionsergebnisse .....</b>	<b>22</b>
1.2.1	CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O emissions / CH <sub>4</sub> - und N <sub>2</sub> O-Emissionen .....	23
1.2.2	NH <sub>3</sub> emissions / NH <sub>3</sub> -Emissionen .....	28
<b>1.3</b>	<b>Changes with respect to the previous report and improvements planned / Änderungen gegenüber dem vorherigen Bericht und geplante Verbesserungen.....</b>	<b>31</b>
1.3.1	Overview / Überblick .....	31
1.3.2	Comparison of emission results 2011/2012 / Vergleich von Emissionsergebnissen 2011/2012 .....	31
1.3.3	Details of changes with respect to the previous report / Details der Änderungen gegenüber dem vorherigen Bericht.....	34
1.3.4	Improvements planned / geplante Verbesserungen .....	45
<b>1.4</b>	<b>Data CD / Daten-CD.....</b>	<b>46</b>
<b>2</b>	<b>Terminology, definitions and units / Begriffe, Definitionen und Einheiten .....</b>	<b>49</b>
<b>2.1</b>	<b>Terminology / Begriffe .....</b>	<b>49</b>
2.1.1	Translation of technical terms / Die Übersetzung von Fachbegriffen .....	49
2.1.2	The terms “animal number“ and “animal place“ / Die Begriffe „Tierzahlen“ und „Tierplätze“ .....	49
2.1.3	Periods of time: the term “animal round“ and related entities / Zeiten: Der Begriff „Durchgang“ und damit zusammenhängende Größen.....	49
2.1.4	Animal weight definitions / Tiergewicht-Definitionen.....	50
2.1.4.1	Start weight, final live weight and carcass weight / Anfangs-, Lebendend- und Schlachtgewicht.....	50
2.1.4.2	Weight gain and weight gain rate / Zuwachs und Zuwachsrate.....	50
2.1.4.3	Mean weights / Mittlere Gewichte .....	51
2.1.4.4	Metabolic weight and cumulative metabolic weight / Metabolisches und kumuliertes metabolisches Gewicht .....	51
2.1.4.5	Carcass weight / Gewicht nach Schlachtung .....	51
2.1.5	The terms “emissions“ and “emission factors“ / Die Begriffe „Emissionen“ und „Emissionsfaktoren“ .....	52
<b>2.2</b>	<b>Units and Symbols / Einheiten und Symbole.....</b>	<b>53</b>
2.2.1	Units / Einheiten .....	53
2.2.2	Symbols / Symbole.....	54
<b>2.3</b>	<b>Referencing formats / Zitierweise .....</b>	<b>55</b>
2.3.1	EMEP Guidebook and IPCC Guidelines / EMEP Guidebook und IPCC Guidelines .....	55
2.3.2	German Statistics Documents / Deutsche Statistiken .....	56
<b>3</b>	<b>Inventory model, data and projections/ Inventarmodell, Daten und Projektionen .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1</b>	<b>The inventory model GAS-EM / Das Inventar-Modell GAS-EM.....</b>	<b>57</b>
3.1.1	Relevant guidance documents / Die relevanten Handbücher.....	57
3.1.2	Structure of the GAS-EM model / Struktur des GAS-EM-Modells .....	57
3.1.3	Choice of methodologies / Zur Methodenwahl .....	60
3.1.4	The GAS-EM EXCEL® calculation workbooks / Die GAS-EM EXCEL®-Rechenmappen .....	60
<b>3.2</b>	<b>Modelling basics (animal husbandry) / Modellgrundlagen (Nutztierhaltung) .....</b>	<b>60</b>
3.2.1	Energie requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme .....	61
3.2.2	Methane emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung.....	63
3.2.2.1	General Procedure / Allgemeine Vorgehensweise .....	63
3.2.2.2	Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren.....	63
3.2.2.3	Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren.....	63
3.2.2.4	Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren.....	64
3.2.3	Carbon in manure management / Kohlenstoff im Wirtschaftsdünger-Management.....	64
3.2.3.1	C mass flow concept / C-Massenfluss-Konzept .....	64
3.2.3.2	VS excretions / VS-Ausscheidungen .....	65
3.2.3.3	Methane emissions from manure management / Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger-Management .....	67
3.2.3.3.1	General Procedure / Allgemeine Vorgehensweise .....	67
3.2.3.3.2	Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren.....	67
3.2.3.3.3	Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren.....	68
3.2.3.3.4	Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren.....	68
3.2.3.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen.....	69

3.2.4	Nitrogen in manure management / Stickstoff im Wirtschaftsdünger-Management.....	69
3.2.4.1	N mass flow model for mammals / N-Massenfluss-Modell bei Säugetieren.....	69
3.2.4.2	N mass flow model for birds / N-Massenfluss-Modell für Vögel .....	70
3.2.4.3	Excretions of N and TAN (or UAN) / Ausscheidungen von N und TAN (bzw. UAN) .....	71
3.2.4.4	N and TAN in bedded systems / N und TAN in eingestreuten Haltungssystemen .....	73
3.2.4.5	Transformations of N <sub>org</sub> and TAN and formation of leachate in the storage / Transformationen von N <sub>org</sub> und TAN sowie Jauche-Bildung im Lager .....	73
3.2.4.6	Emissions of nitrogen species from manure management / Emissionen von Stickstoff-Spezies aus dem Wirtschaftsdünger-Management.....	74
3.2.4.6.1	Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren.....	74
3.2.4.6.2	Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren.....	74
3.2.4.6.3	Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren.....	75
3.2.5	Emissions of particulate matter from animal husbandry / Partikel-Emissionen aus der Tierhaltung....	81
<b>3.3</b>	<b>GAS-EM input data / Eingangsdaten für GAS-EM .....</b>	<b>82</b>
3.3.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	82
3.3.2	Frequency distributions (housing, storage, spreading) and grazing data / Häufigkeitsverteilungen (Stall, Lager, Ausbringung) und Weidedaten .....	85
3.3.2.1	The years until 1999 (RAUMIS) / Die Jahre bis 1999 (RAUMIS) .....	86
3.3.2.2	The year 2010 (LZ2010 and manure management survey 2011) / Das Jahr 2010 ( LZ 2010 und Wirtschaftsdünger-Erhebung 2011).....	87
3.3.2.2.1	Housing systems, cattle / Haltungsverfahren, Rinder .....	87
3.3.2.2.2	Housing systems pigs / Haltungsverfahren, Schweine .....	88
3.3.2.2.3	Grazing times, cattle / Weidezeiten, Rinder .....	89
3.3.2.2.4	Grazing times, sheep / Weidezeiten, Schafe.....	89
3.3.2.2.5	Slurry storage systems, cattle and pigs / Güllelagerverfahren, Rinder und Schweine .....	90
3.3.2.2.6	Spreading systems for liquid manure, cattle and pigs / Flüssigmistausbringungsverfahren, Rinder und Schweine .....	90
3.3.2.3	Gap closure for the years 2000 to 2009 / Datenlückenschließung für die Jahre 2000 bis 2009.....	91
3.3.3	Other activity data in animal husbandry / Andere Aktivitätsdaten in der Tierhaltung .....	92
3.3.3.1	Number of production cycles of fattening pigs / Daten zur Durchgangszahl bei Mastschweinen.....	92
3.3.3.2	N reduced feeding in BlmschG farms / N-reduzierte Fütterung bei Schweinen in BlmschG-Betrieben .....	92
3.3.3.3	Air scrubber systems in pig husbandry / Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung.....	93
3.3.4	Mean air temperatures / Lufttemperatur-Mittelwerte .....	93
3.3.4.1	The role of air temperature / Zur Bedeutung der Lufttemperatur .....	93
3.3.4.2	Temperature data provided by the German Weather Service / Temperaturdaten des Deutschen Wetterdienstes .....	94
3.3.5	Data gaps and uncertainties / Datenlücken und Unsicherheiten .....	95
<b>3.4</b>	<b>Projections / Projektionen.....</b>	<b>96</b>
<b>3.5</b>	<b>Verification of GAS-EM results / Verifizierung von GAS-EM-Ergebnissen .....</b>	<b>97</b>
<b>4</b>	<b>Cattle / Rinder .....</b>	<b>98</b>
<b>4.1</b>	<b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien .....</b>	<b>98</b>
<b>4.2</b>	<b>Emission factors for all cattle / Emissionsfaktoren für alle Rinder.....</b>	<b>99</b>
4.2.1	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement.....	99
4.2.2	N species: Emissions factors for storage / N-Spezies: Emissionsfaktoren für die Lagerung.....	100
4.2.3	Emissions factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung .....	103
<b>4.3</b>	<b>Dairy cows / Milchkühe.....</b>	<b>106</b>
4.3.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	106
4.3.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	106
4.3.1.2	Milk yield and composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe.....	106
4.3.1.3	Animal weights / Tiergewichte.....	107
4.3.1.4	Animal weight gains / Tiergewichtszunahmen.....	108
4.3.1.5	Pregnancy rates / Trächtigkeitsraten.....	109
4.3.1.6	Duration of calving interval, lactation period, and dry period / Dauer von Zwischenkalbezeit, Laktationsperiode und Trockenstehtzeit.....	109
4.3.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	110
4.3.2.1	The NEL system / Das NEL System .....	110
4.3.2.2	Overall annual NEL requirements / Jährlicher Gesamt-NEL-Bedarf .....	111
4.3.2.3	NEL requirement for maintenance / NEL-Bedarf für Erhaltung .....	111
4.3.2.4	NEL requirement to obtain feed / NEL-Bedarf für die Nahrungsaufnahme .....	111

4.3.2.5	NEL requirements for lactation / NEL-Bedarf für Laktation.....	111
4.3.2.6	NEL requirements for draft power / NEL-Bedarf für Zugleistungen .....	112
4.3.2.7	NEL requirements for pregnancy / NEL-Bedarf für die Trächtigkeit.....	112
4.3.2.8	NEL requirements for growth / NEL-Bedarf für Wachstum .....	113
4.3.2.9	Energy partitioning between lactation period and dry period / Energieaufteilung zwischen Laktationsperiode und Trockenstehzeit.....	113
4.3.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	114
4.3.3.1	Linking feed intake with energy requirements / Die Kombination von Futter-Aufnahme und Energiebedarf .....	115
4.3.3.2	Total dry matter intake / Gesamttrockenmasse-Aufnahme.....	115
4.3.3.3	Dry matter intake during the lactation period / Trockenmasse-Aufnahme während der Laktationszeit.....	116
4.3.3.4	Dry matter intake during the dry period / Trockenmasse-Aufnahme während der Trockenstehzeit ..	118
4.3.3.5	Partitioning of roughage intake between house and pasture / Aufteilung der Raufutteraufnahme zwischen Stall und Weide.....	119
4.3.3.6	Assessment of gross energy intake / Bestimmung der Gesamtenergie-Aufnahme.....	120
4.3.4	Feed composition / Futterzusammensetzung .....	120
4.3.4.1	Modelling concept.....	120
4.3.4.2	Composition of the mixed diet / Zusammensetzung der gemischten Ration .....	120
4.3.4.3	Composition of the grass based diet / Zusammensetzung der Ration auf Grassilage-Basis .....	123
4.3.4.4	Impact of grazing on mean roughage properties / Einfluss von Weidegang auf mittlere Raufutter- Eigenschaften .....	124
4.3.4.5	Calculation of digestibility and metabolizability / Berechnung von Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit.....	124
4.3.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	126
4.3.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	126
4.3.7	N intake with feed and N excretion / N-Aufnahme mit dem Futter und N-Ausscheidung .....	127
4.3.7.1	N intake / N-Aufnahme .....	127
4.3.7.2	Overall nitrogen excretion / Gesamtausscheidung von Stickstoff.....	128
4.3.7.3	Renal and faecal nitrogen excretion and TAN content of excreta / Stickstoff-Ausscheidung mit Harn und Kot und TAN-Gehalte der Ausscheidungen .....	128
4.3.7.4	N entering pasture and the manure management system / N-Einträge in die Weide und in das Wirtschaftsdünger-Management.....	129
4.3.7.5	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	129
4.3.7.6	Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide .....	130
4.3.7.6.1	N excreted in the house, the dairy parlour and during grazing / N-Ausscheidungen im Stall, im Melkstall und auf der Weide .....	130
4.3.7.6.2	Housing types and duration of grazing / Stalltypen und Dauer des Weidegangs .....	131
4.3.7.6.3	Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“ .....	131
4.3.7.7	Emissions during storage / Emissionen aus dem Lager .....	131
4.3.7.8	Emissions during spreading / Emissionen bei der Ausbringung.....	132
4.3.7.9	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	132
4.3.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	132
4.3.9	Intercomparison of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich resultierender Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen mit denen benachbarter Staaten.....	133
4.3.9.1	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	133
4.3.9.2	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	134
4.3.9.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	135
4.3.9.4	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	136
4.3.10	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	136
<b>4.4</b>	<b>Calves / Kälber.....</b>	<b>137</b>
4.4.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	137
4.4.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	137
4.4.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....	138
4.4.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	138
4.4.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	138
4.4.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	138
4.4.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	139
4.4.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	139
4.4.6.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	139

4.4.6.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	140
4.4.6.3	Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide .....	140
4.4.6.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	140
4.4.6.5	Partial emission factors “storage” and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	140
4.4.6.6	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	140
4.4.7	Emission of particulate matter / Emissionen von Staub .....	140
4.4.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	141
<b>4.5</b>	<b>Heifers / Färsen.....</b>	<b>142</b>
4.5.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	142
4.5.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	142
4.5.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....	143
4.5.1.2.1	Animal weights / Tiergewichte.....	143
4.5.1.2.2	Life span and mean weight gain / Dauer des Lebensabschnitts und mittlere Gewichtszunahme .....	144
4.5.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	144
4.5.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	146
4.5.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	149
4.5.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	149
4.5.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	150
4.5.6.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	150
4.5.6.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	150
4.5.6.3	Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“ .....	150
4.5.6.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung.....	151
4.5.6.5	Partial emission factors “storage” and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	151
4.5.6.6	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	151
4.5.7	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	151
4.5.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	152
<b>4.6</b>	<b>Bulls (male beef cattle) / Mastbullen .....</b>	<b>153</b>
4.6.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	153
4.6.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	153
4.6.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....	154
4.6.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	157
4.6.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	158
4.6.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	159
4.6.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	159
4.6.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	160
4.6.6.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	160
4.6.6.2	Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren “Stall und Weide” .....	160
4.6.6.3	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	160
4.6.6.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung.....	161
4.6.6.5	Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	161
4.6.6.6	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	161
4.6.7	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	161
4.6.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	162
<b>4.7</b>	<b>Suckler cows / Mutterkühe .....</b>	<b>163</b>
4.7.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	163
4.7.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	163
4.7.1.2	Animal weight / Tiergewicht .....	163
4.7.2	Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme .....	164
4.7.3	Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung .....	164
4.7.4	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	164
4.7.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	165
4.7.5.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	165
4.7.5.2	N input with straw / N-Einträge mit Stroh.....	165
4.7.5.3	Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“ .....	165
4.7.5.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung.....	166

4.7.5.5	Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	166
4.7.5.6	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	166
4.7.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	166
4.7.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	167
<b>4.8</b>	<b>Stud bulls (mature males) / Zuchtbullen .....</b>	<b>168</b>
4.8.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	168
4.8.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	168
4.8.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	168
4.8.2	Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme .....	169
4.8.3	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	169
4.8.4	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement .....	169
4.8.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	170
4.8.5.1	N excretion and N input with straw / N-Ausscheidung und –Eintrag mit Stroh .....	170
4.8.5.2	Partial emission factors “housing” and “grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ und „Weide“ .....	170
4.8.5.3	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	171
4.8.5.4	Partial emission factors for “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren für „Lager“ und „Ausbringung“ .....	171
4.8.5.5	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	171
4.8.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	171
4.8.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	172
<b>4.9</b>	<b>Aggregated data for cattle except dairy cows (other cattle) / Zusammenfassung: Rinder ohne Milchkühe (übrige Rinder) .....</b>	<b>173</b>
4.9.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	173
4.9.1.1	Cumulative animal numbers / Tierzahl-Summen .....	173
4.9.1.2	Calculation of mean animal weights / Berechnung mittlerer Tiergewichte .....	174
4.9.1.3	Calculation of mean pregnancy rates / Berechnung mittlerer Trächtigkeitsraten .....	174
4.9.1.4	Calculation of mean digestibilities / Berechnung mittlerer Verdaulichkeiten .....	174
4.9.2	Methan emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung .....	175
4.9.3	Methane emissions from manure management systems / Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger- Management .....	175
4.9.3.1	Mean implied emission factors for methane from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	175
4.9.3.2	Mean VS excretion rates / Mittlere VS-Ausscheidungen .....	175
4.9.3.3	Mean methane conversion factors / Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren .....	175
4.9.3.4	Mean N excretion rates / Mittlere N-Ausscheidungen .....	176
4.9.3.5	Calculation of mean TAN contents / Berechnung mittlerer TAN-Gehalte .....	176
4.9.3.6	Mean implied emission factors for ammonia from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Ammoniak aus Wirtschaftsdünger-Management .....	176
4.9.3.7	Mean implied emission factors for particulate matter from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Stäube aus Wirtschaftsdünger-Management .....	176
4.9.4	Intercomparison of implied emission factors and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren und emissionserklärenden Variablen mit denen benachbarter Staaten .....	176
4.9.4.1	Mean implied emission factors for methane from enteric fermentation and mean performance data / Mittlere Emissionsfaktoren für Methan aus der Verdauung und mittlere Leistungsdaten .....	176
4.9.4.2	Mean implied emission factors for methane from manure management and emission explaining variables / Mittlere Emissionsfaktoren für Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management und emissionserklärende Variablen .....	177
4.9.4.3	Mean implied emission factors for ammonia and emission explaining variables / Mittlere effektive Emissionsfaktoren für Ammoniak und emissionserklärende Variablen .....	178
4.9.4.4	Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere effektive Emissionsfaktoren für Staub .....	179
4.9.5	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	179
<b>5</b>	<b>Pigs / Schweine .....</b>	<b>180</b>
<b>5.1</b>	<b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien .....</b>	<b>180</b>
<b>5.2</b>	<b>Emission factors for all pigs / Emissionsfaktoren für alle Schweine .....</b>	<b>180</b>

5.2.1	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	180
5.2.2	Emission factors for storage / Emissionsfaktoren für die Lagerung .....	181
5.2.3	Emission factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung .....	183
<b>5.3</b>	<b>Sows and suckling-pigs / Sauen und Saugferkel .....</b>	<b>186</b>
5.3.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	186
5.3.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	186
5.3.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	186
5.3.1.3	Number of production cycles / Anzahl der Produktionszyklen pro Jahr .....	187
5.3.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	187
5.3.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	189
5.3.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	191
5.3.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement .....	191
5.3.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	192
5.3.6.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	192
5.3.6.2	Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh .....	193
5.3.6.3	Partial emission factors "housing" / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....	193
5.3.6.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	194
5.3.6.5	Partial emission factors "storage" for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> and "spreading" / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> und „Ausbringung“ .....	194
5.3.7	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	194
5.3.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	195
<b>5.4</b>	<b>Weaners / Aufzuchtferkel .....</b>	<b>196</b>
5.4.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	196
5.4.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	196
5.4.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	197
5.4.1.3	Number of production cycles per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr .....	199
5.4.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	199
5.4.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	200
5.4.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	201
5.4.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement .....	201
5.4.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	201
5.4.6.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	202
5.4.6.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	202
5.4.6.3	Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen .....	202
5.4.6.4	Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....	203
5.4.6.5	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	203
5.4.6.6	Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	203
5.4.7	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	203
5.4.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	204
<b>5.5</b>	<b>Fattening pigs / Mastschweine .....</b>	<b>205</b>
5.5.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	205
5.5.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	205
5.5.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	205
5.5.1.3	Number of rounds per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr .....	208
5.5.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	208
5.5.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	212
5.5.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	213
5.5.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement .....	213
5.5.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	214
5.5.6.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	214
5.5.6.2	Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh .....	214
5.5.6.3	Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....	215
5.5.6.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	215
5.5.6.5	Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	215
5.5.7	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	216
5.5.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	216

<b>5.6</b>	<b>Breeding boars / Zuchteber</b>	<b>217</b>
5.6.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten	217
5.6.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	217
5.6.1.2	Animal weight / Tiergewicht	217
5.6.2	Energy requirements / Energiebedarf	217
5.6.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	218
5.6.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	218
5.6.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement	218
5.6.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	219
5.6.6.1	N excretion / N-Ausscheidung	219
5.6.6.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	219
5.6.6.3	Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen	219
5.6.6.4	Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“	219
5.6.6.5	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung	220
5.6.6.6	Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“	220
5.6.7	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub	220
5.6.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen	220
<b>5.7</b>	<b>Pigs – collective description / Schweine – zusammenfassende Daten</b>	<b>221</b>
5.7.1	Animal numbers /Tierzahlen	221
5.7.2	Aggregation of emission explaining data / Aggregierung emissionserklärender Daten	222
5.7.2.1	General approach / Allgemeiner Ansatz	222
5.7.2.2	Animal weight / Tiergewicht	222
5.7.2.3	Mean pregnancy rates of sows / Mittlere Trächtigkeiten der Sauen	223
5.7.3	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich effektiver Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten...	223
5.7.3.1	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen	225
<b>6</b>	<b>Small ruminants / Kleine Wiederkäuer</b>	<b>226</b>
<b>6.1</b>	<b>Small ruminants, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei kleinen Wiederkäuern</b>	<b>226</b>
<b>6.2</b>	<b>Sheep – all subcategories / Schafe insgesamt</b>	<b>226</b>
6.2.1	Animal numbers and correction procedure / Tierzahlen und Korrekturverfahren	226
6.2.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	228
6.2.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	228
6.2.4	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	229
6.2.5	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub	229
<b>6.3</b>	<b>Lambs / Lämmer</b>	<b>230</b>
6.3.1	Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails	230
6.3.1.1	Animal numbers and animal weight/ Tierzahlen und Tiergewicht	230
6.3.1.2	Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten	230
6.3.2	Methane emissions / Methanemissionen	230
6.3.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	231
6.3.4	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen	231
<b>6.4</b>	<b>Adult sheep / Erwachsene Schafe</b>	<b>231</b>
6.4.1	Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails	232
6.4.1.1	Animal numbers and animal weight / Tierzahlen und Tiergewicht	232
6.4.1.2	Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten	232
6.4.2	Methane emissions / Methanemissionen	232
6.4.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	232
6.4.4	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen	233
<b>6.5</b>	<b>Sheep – collective description / Schafe - zusammenfassende Daten</b>	<b>233</b>
6.5.1	Mean animal weight / Mittleres Tiergewicht	233
6.5.2	Mean N excretion rate / Mittlere N-Ausscheidungen	233
6.5.3	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten	234



6.5.4	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	235
<b>6.6</b>	<b>Goats / Ziegen .....</b>	<b>236</b>
6.6.1	Animal number and animal performance / Tierzahlen und Leistungsdaten .....	236
6.6.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	236
6.6.1.2	Animal weights/ Tiergewicht .....	236
6.6.1.3	Management details / Haltungsdetails .....	236
6.6.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	237
6.6.3	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	237
6.6.4	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	238
6.6.5	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	238
6.6.6	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen be- nachbarter Staaten .....	238
6.6.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	239
<b>7</b>	<b>Horses, mules and asses / Pferde, Maultiere und Esel.....</b>	<b>240</b>
<b>7.1</b>	<b>Horses, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei Pferden .....</b>	<b>240</b>
7.1.1	Animal numbers and husbandry details / Tierzahlen und Haltungsdetails .....	240
7.1.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	240
7.1.1.2	Management details / Haltungsdetails .....	240
7.1.2	Methane from manure management – characteristic values / Methan aus dem Wirtschaftsdünger- Management - charakteristische Größen .....	240
7.1.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	241
7.1.4	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	242
7.1.5	Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO, and N <sub>2</sub> from manure management / Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	242
<b>7.2</b>	<b>Heavy horses / Großpferde .....</b>	<b>243</b>
7.2.1	Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme .....	243
7.2.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	243
7.2.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	243
7.2.4	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	244
7.2.5	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	244
7.2.6	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	244
<b>7.3</b>	<b>Light horses and ponies / Kleinpferde und Ponys.....</b>	<b>245</b>
7.3.1	Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme .....	245
7.3.2	Methane from enteric fermentation / Methane aus der Verdauung .....	245
7.3.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	246
7.3.4	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	246
7.3.5	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	246
7.3.6	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	247
<b>7.4</b>	<b>Horses – collective description / Pferde - zusammenfassende Daten.....</b>	<b>248</b>
7.4.1.1	Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme .....	248
7.4.1.2	Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen .....	248
7.4.1.3	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten.....	248
7.4.2	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	249
<b>7.5</b>	<b>Mules and asses / Maultiere und Esel .....</b>	<b>250</b>
7.5.1	Activity and performance data, energy requirements /Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf.....	250
7.5.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	250
7.5.1.2	Animal performance and energy intake / Leistungsdaten und Energieaufnahme .....	251
7.5.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	251
7.5.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	251
7.5.4	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	252
7.5.5	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	252

7.5.6	Compilation of emission results, activity data, and implied emission factors / Zusammenstellung von Emissionsergebnissen, Aktivität und effektiven Emissionsfaktoren, .....	252
7.5.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	253
<b>8</b>	<b>Buffalo / Büffel.....</b>	<b>254</b>
<b>8.1</b>	<b>Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten .....</b>	<b>254</b>
8.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	254
8.1.2	Animal performance / Leistungsdaten.....	254
8.1.3	Management details / Haltungsdetails .....	255
<b>8.2</b>	<b>Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....</b>	<b>255</b>
<b>8.3</b>	<b>Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....</b>	<b>255</b>
<b>8.4</b>	<b>Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....</b>	<b>256</b>
8.4.1	N excretion and N input with bedding / N-Ausscheidung und N aus der Einstreu.....	256
8.4.2	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung.....	256
8.4.3	Emissions factors / Emissionsfaktoren .....	256
<b>8.5</b>	<b>Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....</b>	<b>257</b>
<b>8.6</b>	<b>Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....</b>	<b>258</b>
<b>9</b>	<b>Poultry / Geflügel.....</b>	<b>259</b>
<b>9.1</b>	<b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien .....</b>	<b>259</b>
<b>9.2</b>	<b>Emission factors used for all poultry subcategories / Für alle Geflügel-Unterkategorien gültige Emissionsfaktoren .....</b>	<b>259</b>
9.2.1	Partial emission factors “storage” and “spreading” for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> .....	259
9.2.2	Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO, and N <sub>2</sub> from manure management / Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	260
<b>9.3</b>	<b>Laying hens / Legehennen.....</b>	<b>261</b>
9.3.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	261
9.3.2	Data on laying hen husbandry and egg production / Haltungs- und Legeleistungsdaten.....	262
9.3.3	Energy requirements / Energiebedarf .....	263
9.3.3.1	Metabolisable energy / Umsetzbare Energie .....	263
9.3.3.2	Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie.....	264
9.3.3.3	Metabolisable energy needed to obtain food / Energiebedarf für Nahrungsaufnahme .....	265
9.3.3.4	Metabolisable energy needed for egg production / Energiebedarf für Eiproduktion .....	265
9.3.3.5	Metabolisable energy for growth / Energiebedarf für Wachstum.....	266
9.3.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	266
9.3.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	267
9.3.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	267
9.3.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	267
9.3.7.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	267
9.3.7.1.1	N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter.....	268
9.3.7.1.2	N excretion with eggs / N-Ausscheidung mit Eiern .....	268
9.3.7.1.3	N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper .....	269
9.3.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	269
9.3.7.3	Partial NH <sub>3</sub> emission factors / Partielle NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren.....	269
9.3.7.4	Partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / Partielle Emissionsfaktoren für N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> .....	271
9.3.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	271
9.3.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	272
<b>9.4</b>	<b>Broilers / Masthähnchen und –hühnchen.....</b>	<b>273</b>
9.4.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	273
9.4.2	Husbandry systems and animal performance / Haltungsverfahren und tierische Leistung.....	273
9.4.2.1	Husbandry systems / Haltungsverfahren .....	273
9.4.2.2	Animal weights / Tiergewichte.....	274
9.4.2.3	National total of gross broiler meat production / Brutto-Hähnchenfleischproduktion.....	275
9.4.2.4	Duration of fattening period / Mastdauer .....	276
9.4.2.5	Duration of the service period / Reinigungsdauer .....	277
9.4.2.6	Number of production cycles per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr.....	278
9.4.3	Energy requirements / Energiebedarf .....	278

9.4.3.1	Metabolisable energy / Umsetzbare Energie .....	278
9.4.3.2	Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie .....	278
9.4.3.3	Metabolisable energy required for growth / Energiebedarf für Wachstum.....	279
9.4.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	280
9.4.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	282
9.4.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	282
9.4.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	282
9.4.7.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	282
9.4.7.2	N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter.....	283
9.4.7.3	N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper .....	283
9.4.7.4	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	284
9.4.7.5	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren.....	284
9.4.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	285
9.4.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	286
<b>9.5</b>	<b>Pullets / Junghennen.....</b>	<b>287</b>
9.5.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	287
9.5.2	Animal weights and husbandry details / Tiergewichte und Haltungsdetails.....	287
9.5.3	Energy requirements /Energiebedarf .....	288
9.5.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	288
9.5.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	290
9.5.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	290
9.5.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	291
9.5.7.1	N excretion rates / N-Ausscheidungen .....	291
9.5.7.1.1	N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter.....	291
9.5.7.1.2	N retention / N-Retention .....	291
9.5.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	291
9.5.7.3	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren.....	292
9.5.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	292
9.5.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	293
<b>9.6</b>	<b>Geese / Gänse .....</b>	<b>294</b>
9.6.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	294
9.6.2	Animal weights / Tiergewichte.....	294
9.6.3	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	294
9.6.4	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	294
9.6.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	295
9.6.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	295
9.6.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	296
<b>9.7</b>	<b>Ducks / Enten .....</b>	<b>297</b>
9.7.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	297
9.7.2	Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer.....	297
9.7.3	Energy requirements /Energiebedarf .....	297
9.7.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	298
9.7.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	299
9.7.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	299
9.7.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	300
9.7.7.1	N excretion rates / N-Ausscheidungen .....	300
9.7.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	301
9.7.7.3	Partial NH <sub>3</sub> emission factors / Partielle NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren.....	301
9.7.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	302
9.7.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	302
<b>9.8</b>	<b>Turkeys / Puten.....</b>	<b>303</b>
9.8.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	303
9.8.2	Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung .....	304
9.8.2.1	Animal weights and fattening period durations / Tiergewichte und Mastdauern .....	304
9.8.2.2	Number of rounds per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr .....	306
9.8.2.3	Energy requirements / Energiebedarf .....	306
9.8.2.4	Feed intake and feed properties / Futteraufnahme und Futtereigenschaften .....	306

9.8.3	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	307
9.8.4	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	307
9.8.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	308
9.8.5.1	N excretion rates / N-Ausscheidungen .....	308
9.8.5.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	309
9.8.5.3	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren .....	309
9.8.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	310
9.8.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	310
<b>9.9</b>	<b>Poultry – collective description / Geflügel - zusammenfassende Daten .....</b>	<b>311</b>
9.9.1	Aggregated data for poultry / Zusammenfassende Daten für Geflügel .....	311
9.9.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	311
9.9.1.2	Animal weights / Tiergewichte .....	311
9.9.1.3	Calculation of mean VS and N excretions / Berechnung mittlerer VS- und N-Ausscheidungen .....	312
9.9.1.4	Implied emission factors / Mittlere Emissionsfaktoren .....	312
9.9.2	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von emissionserklärenden Variablen und resultierenden Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten .....	313
9.9.2.1	Mean implied emission factors for gases and emission explaining variables / Mittlere Emissionsfaktoren für Gase und emissionserklärende Variablen .....	313
9.9.2.2	Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere Emissionsfaktoren für Partikel .....	314
9.9.3	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	314
<b>10</b>	<b>Emissions from cultures with nitrogen fertilizers / Emissionen aus mit Stickstoff gedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen .....</b>	<b>316</b>
<b>10.1</b>	<b>Application of mineral fertilizers / Mineraldüngernutzung .....</b>	<b>317</b>
10.1.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	317
10.1.1.1	Amounts of fertilizers used / Berücksichtigte Düngermengen .....	317
10.1.1.2	Spatial disaggregation of fertilizer amounts for 1999 and 2003/ Regionalisierung der Düngermengen für 1999 und 2003 .....	318
10.1.2	Emission of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	319
10.1.2.1	Ammonia emissions / Ammoniak-Emissionen .....	319
10.1.2.2	Emissions of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> O-, NO- und N <sub>2</sub> -Emissionen .....	320
10.1.2.2.1	Method applied / Angewandte Methode .....	320
10.1.2.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren .....	321
10.1.3	CO <sub>2</sub> emissions from the application of urea / CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Harnstoff-Anwendung .....	323
<b>10.2</b>	<b>Application of animal manures / Wirtschaftsdüngernutzung .....</b>	<b>324</b>
10.2.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	324
10.2.2	Emissions of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> O-, NO- und N <sub>2</sub> -Emissionen .....	324
10.2.2.1	Method applied / Angewandte Methode .....	324
10.2.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren .....	325
<b>10.3</b>	<b>Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen .....</b>	<b>327</b>
10.3.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	327
10.3.2	N <sub>2</sub> O Emissions / N <sub>2</sub> O-Emissionen .....	329
<b>10.4</b>	<b>Histosols (managed organic soils) / Bewirtschaftete organische Böden (ehem. Moorflächen) ...</b>	<b>330</b>
10.4.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	330
10.4.2	Emissions of N <sub>2</sub> O / N <sub>2</sub> O-Emissionen .....	330
<b>10.5</b>	<b>Emissions of particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) from arable land / Staubemissionen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>) aus der Bewirtschaftung von Ackerland .....</b>	<b>331</b>
10.5.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	331
10.5.2	Assessment of emissions of particulate matter / Bestimmung der Staub-Emission .....	331
<b>10.6</b>	<b>Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten .....</b>	<b>332</b>
<b>10.7</b>	<b>Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....</b>	<b>332</b>
<b>11</b>	<b>Emissions from cultures without fertilizers / Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen .....</b>	<b>333</b>
<b>11.1</b>	<b>Biological N fixation: legumes / Biologische N-Fixierung: Leguminosenanbau .....</b>	<b>333</b>
11.1.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	333
11.1.2	Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	334

11.1.2.1	The method applied / Angewandte Methode .....	334
11.1.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren.....	335
<b>11.2</b>	<b>Emissions of from excretions during grazing / Emissionen aus tierischen Ausscheidungen auf der Weide .....</b>	<b>336</b>
11.2.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	336
11.2.2	Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	336
11.2.2.1	The method applied / Angewandte Methode .....	336
11.2.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren.....	337
<b>11.3</b>	<b>Emissions from crop residues / Emissionen aus Ernterückständen .....</b>	<b>338</b>
11.3.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	338
11.3.1.1	Area under cultivation / Anbauflächen .....	338
11.3.1.2	Yields / Erträge .....	338
11.3.1.3	Duration of cropped system ( $x_{\text{renew}, i}$ ) and frequency of harvesting ( $x_{\text{mow}, i}$ ) / Dauer der Kultur ( $x_{\text{renew}, i}$ ) und Erntefrequenz der Kultur ( $x_{\text{mow}, i}$ ) .....	339
11.3.1.4	Dry matter content ( $x_{\text{DM}, i}$ ) / Trockenmassegehalte ( $x_{\text{DM}, i}$ ): .....	339
11.3.1.5	Ratio of above ground crop residues to yield ( $a_{\text{above}, i}$ ) / Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ( $a_{\text{above}, i}$ ) .....	340
11.3.1.6	Nitrogen content of the above-ground crop residues ( $x_{\text{N}, \text{above}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der oberirdischen Ernterückstände ( $x_{\text{N}, \text{above}, i}$ ) .....	340
11.3.1.7	Ratio of below ground crop residues to yield ( $a_{\text{below}, i}$ ) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur Erntemenge ( $a_{\text{below}, i}$ ) .....	341
11.3.1.8	Nitrogen content of below ground crop residues ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der unterirdischen Ernterückstände ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ ) .....	341
11.3.1.9	Ratio of crop residues to yield ( $a_i$ ) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte ( $a_i$ ) .....	342
11.3.1.10	Nitrogen content of crop residues ( $x_{\text{N}, i}$ ) and harvested crop products ( $x_{\text{N}, \text{yield}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände ( $x_{\text{N}, i}$ ) und der geernteten Produkte ( $x_{\text{N}, \text{yield}, i}$ ): .....	342
11.3.1.11	Factor for not harvested horticultural crops ( $\delta_{\text{HC}}$ ) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse ( $\delta_{\text{HC}}$ ) .....	342
11.3.1.12	Overview of data used to estimate the activity data / Übersicht über die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten .....	342
11.3.1.13	Uncertainty of activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten .....	344
11.3.2	Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	344
11.3.2.1	The method applied / Angewandte Methode .....	344
11.3.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren.....	345
<b>11.4</b>	<b>Indirect <math>\text{N}_2\text{O}</math> emissions from depositions of reactive nitrogen originating from agriculture / Indirekte <math>\text{N}_2\text{O}</math>-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Landwirtschaft ..</b>	<b>346</b>
11.4.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	346
11.4.2	Assessment of $\text{N}_2\text{O}$ emissions / Bestimmung der $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen .....	346
11.4.2.1	The method applied / Angewandte Methode .....	346
11.4.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren.....	347
<b>11.5</b>	<b>Indirect <math>\text{N}_2\text{O}</math> emissions from leached and run off N originating from agriculture / Indirekte <math>\text{N}_2\text{O}</math>-Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem N aus der Landwirtschaft .....</b>	<b>348</b>
11.5.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	348
11.5.2	Assessment of $\text{N}_2\text{O}$ emissions / Bestimmung der $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen .....	349
11.5.2.1	The method applied / Angewandte Methode .....	349
11.5.2.2	Emission factor / Emissionsfaktor .....	350
<b>11.6</b>	<b>Intercomparison of <math>\text{N}_2\text{O}</math> emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von <math>\text{N}_2\text{O}</math>-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten .....</b>	<b>350</b>
<b>11.7</b>	<b>Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....</b>	<b>351</b>
<b>12</b>	<b>Calculation of fractions / Berechnung von Verhältniszahlen .....</b>	<b>352</b>
<b>12.1</b>	<b>Calculation procedures / Berechnungsverfahren .....</b>	<b>352</b>
12.1.1	Fraction of crop residue burned ( $\text{Frac}_{\text{BURN}}$ ) / Anteil der Ernterückstände, die auf dem Feld verbrannt werden ( $\text{Frac}_{\text{BURN}}$ ) .....	352
12.1.2	Fraction of livestock N excretion in excrements burned for fuel ( $\text{Frac}_{\text{FUEL}}$ ) / Anteil der tierischen N-Ausscheidungen in Dung, der als Heizmaterial dient ( $\text{Frac}_{\text{FUEL}}$ ) .....	352
12.1.3	Fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as $\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO}_x\text{-N}$ ( $\text{Frac}_{\text{GASF}}$ ) / Anteil der N-Menge, die als Folge der Ausbringung von Mineraldüngern als $\text{NH}_3\text{-N}$ und $\text{NO}_x\text{-N}$ emittiert wird ( $\text{Frac}_{\text{GASF}}$ ) .....	352

12.1.4	Fraction of livestock N excretion that volatilises as $\text{NH}_3$ and $\text{NO}_x$ ( $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ ) / Anteil der N-Menge, die vor und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern als $\text{NH}_3$ und $\text{NO}_x$ emittiert wird ( $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ ).....	353
12.1.5	Fraction of livestock N excreted and deposited onto soil during grazing ( $\text{Frac}_{\text{GRAZ}}$ ) / Anteil des beim Weidegang ausgeschiedenen N an der Gesamtausscheidung von N ( $\text{Frac}_{\text{GRAZ}}$ ).....	354
12.1.6	Fraction of N input to soils that is lost through leaching and runoff ( $\text{Frac}_{\text{LEACH}}$ ) / Anteil des N-Eintrags in Böden, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren wird ( $\text{Frac}_{\text{LEACH}}$ ).....	354
12.1.7	Fraction of N in non-N-fixing crops ( $\text{Frac}_{\text{NCR0}}$ ) / N-Anteil in Pflanzen außer Leguminosen ( $\text{Frac}_{\text{NCR0}}$ ).....	354
12.1.8	Fraction of N in N-fixing crops ( $\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$ ) / N-Anteil in Leguminosen ( $\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$ ).....	355
12.1.9	Fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product ( $\text{Frac}_{\text{Remove}}$ ) / Anteil der oberirdischen Biomasse, der als Ernteprodukt abgefahren wird ( $\text{Frac}_{\text{Remove}}$ ).....	356
<b>12.2</b>	<b>Tables volume: tables related to chapters 12.1.1 to 12.1.9 / Tabellenband: Tabellen zu den Kapiteln 12.1.1 to 12.1.9</b> .....	<b>356</b>
<b>12.3</b>	<b>Intercomparison with results from neighbouring countries / Vergleich mit Ergebnissen benachbarter Staaten</b> .....	<b>357</b>
<b>13</b>	<b>Assessment of the uncertainties of the emission inventory / Bestimmung der Unsicherheiten des Emissionsinventars</b> .....	<b>358</b>
<b>13.1</b>	<b>Gaussian error propagation / Gaußsche Fehlerfortpflanzung</b> .....	<b>358</b>
<b>13.2</b>	<b>Uncertainty of the implied emission factors for methane / Unsicherheit der effektiven Emissionsfaktoren für Methan</b> .....	<b>359</b>
13.2.1	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung.....	359
13.2.2	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management.....	359
<b>13.3</b>	<b>Uncertainties of the implied emission factors for <math>\text{N}_2\text{O}</math> / Unsicherheiten der effektiven Emissionsfaktoren für <math>\text{N}_2\text{O}</math></b> .....	<b>360</b>
13.3.1	Uncertainty of the IEF for $\text{N}_2\text{O}$ from manure management / Unsicherheit des IEF für $\text{N}_2\text{O}$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management.....	360
13.3.2	Uncertainty of the IEF for $\text{N}_2\text{O}$ from agricultural soils / Unsicherheit des IEF für $\text{N}_2\text{O}$ aus landwirtschaftlichen Böden.....	361
13.3.2.1	Direct $\text{N}_2\text{O}$ emissions from agricultural soils / Direkte $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden.....	361
13.3.2.2	Indirect $\text{N}_2\text{O}$ emissions from agricultural soils / Indirekte $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden.....	361
<b>13.4</b>	<b>Uncertainty of the IEF for NO and <math>\text{N}_2</math> from storage / Unsicherheit des IEF für NO und <math>\text{N}_2</math> aus dem Lager</b> .....	<b>361</b>
<b>13.5</b>	<b>Uncertainty of the implied emission factor for <math>\text{NH}_3</math> from housing and animal waste management / Unsicherheit des effektiven Emissionsfaktors für <math>\text{NH}_3</math> aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement</b> .....	<b>362</b>
<b>13.6</b>	<b>Uncertainty of the German agricultural green house gas inventory / Unsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars</b> .....	<b>365</b>
13.6.1	Uncertainty table according to IPCC (2000) Tier 1 methodology / Unsicherheitstabelle gemäß IPCC (2000) Stufe-1-Verfahren.....	365
13.6.2	Uncertainties of activity data / Unsicherheiten von Aktivitätsdaten.....	366
13.6.3	Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren.....	367
<b>13.7</b>	<b>Uncertainty of the German agricultural ammonia inventory / Unsicherheit des Ammoniak-Inventars für die deutsche Landwirtschaft</b> .....	<b>369</b>
<b>14</b>	<b>References / Literatur</b> .....	<b>372</b>

## Table of Figures / Liste der Abbildungen

Figure 1.1:	Annual THG emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2012) .....	23
Figure 1.2:	Development of CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O emissions from manure management in % of 1990, Submission 2012 .....	24
Figure 1.3:	Development of animal numbers (dairy cows, other cattle and pigs) in % of 1990, Submission 2012	25
Figure 1.4:	CH <sub>4</sub> emissions from enteric fermentation in 2010 (in Gg a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ), Submission 2012.....	25
Figure 1.5:	Total performance-related GHG emissions from enteric fermentation and manure management (housing, storage) for dairy cows and fattening pigs .....	26
Figure 1.6:	N <sub>2</sub> O emissions from agricultural soils (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O), Submission 2012.....	27
Figure 1.7:	Scatter plot of total N <sub>2</sub> O emissions (direct and indirect) from agricultural soils over amounts of mineral fertilizer N for the years 1990 to 2010 (Submission 2012).....	27
Figure 1.8:	Annual NH <sub>3</sub> emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2012).....	28
Figure 1.9:	Development of dairy cattle numbers, milk yields and NH <sub>3</sub> from dairy cattle husbandry (in % of 1990).....	29
Figure 1.10:	Percentages of NH <sub>3</sub> emissions originating from housing, storage and manure application for dairy cows and fattening pigs in 2010 (Submission 2012).....	29
Figure 1.11:	Total performance-related NH <sub>3</sub> emissions from housing, storage and spreading for dairy cows and fattening pigs .....	30
Figure 1.12:	Application of mineral fertilizer N (amounts sold), amounts of N in urea and ANS applied, and the NH <sub>3</sub> emissions from the total application of mineral fertilizers (Submission 2012).....	30
Figure 1.13:	Differences of THG emissions between Submission 2012 and Submission 2011 .....	32
Figure 1.14:	Differences of NH <sub>3</sub> emissions between Submission 2012 and Submission 2011.....	33
Figure 3.1:	Mass flow in agriculture .....	58
Figure 3.2:	Concept, thematic details and spatial resolution of the GAS-EM model .....	59
Figure 3.3:	Energies considered in animal metabolism .....	62
Figure 3.4:	Carbon pools and pathways in animal husbandry .....	65
Figure 3.5:	N flows in an animal subcategory. Mammals .....	70
Figure 3.6:	N flows in an animal subcategory. Birds .....	71
Figure 3.7:	Air temperatures, map of annual and springtime means in Germany .....	95
Figure 4.1:	Cattle, scheme of animal weight development.....	99
Figure 4.2:	Standard mixed feeds, share of rape seed expeller in concentrates as function of milk yield.....	122
Figure 4.3:	Standard grass based feeds, share of wheat in concentrates as function of milk yield.....	123
Figure 4.4:	Bulls (male beef cattle), comparison of weight gain data (ADR and HIT data sets) .....	156
Figure 5.1:	Weaners, weight gain as a function of live weight.....	198
Figure 5.2:	Fattening pigs, comparison of final live weights (calculation vs. producer data) .....	207
Figure 9.1:	Laying hens, relation between weight at the beginning of egg production period and final live weight .....	263
Figure 9.2:	Laying hens, relation between mean egg weight and final live weight.....	263
Figure 9.3:	Broilers, growth relative to reference ( $r_g$ , solid trend line, $R^2 = 0.81$ ) .....	275
Figure 9.4:	Turkeys, typical animal weight and weight gain developments.....	304
Figure 11.1:	Above and below ground parts of crops, tuber crops and grasses.....	340

**Table of Tables / Liste der Tabellen**

Table 1.1:	Emissions of CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O from German agriculture for 1990 - 2010 in Gg CO <sub>2</sub> -eq, Submission 2012	24
Table 1.2:	Total differences of NH <sub>3</sub> emissions (Submission 2012 - Submission 2011)	33
Table 2.1:	Abbreviations used for the German Federal States	54
Table 2.2:	List of symbols frequently used for entities	54
Table 2.3:	List of subscripts used to identify source categories and subcategories	55
Table 3.1:	Straw properties in animal husbandry	73
Table 3.2:	German NO emissions from animal husbandry, ratio of EMEP Tier 1 results to GAS-EM results (%)	79
Table 3.3:	Number of animal places in the German emission inventory (in 1000)	85
Table 3.4:	Air temperatures in Germany 1961 – 1990 and 1990 – 2007 and correction values	94
Table 3.5:	Animal numbers, milk yield, mineral fertilizer application and rural land use projected for 2020	96
Table 4.1:	Cattle, categorisation and characterisation	98
Table 4.2:	Cattle, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ )	99
Table 4.3:	Cattle, partial emission factors for NH <sub>3</sub> from storage (related to TAN)	100
Table 4.4:	Cattle, partial emission factors for N <sub>2</sub> O from housing and storage (related to $N_{\text{excr}} + N_{\text{straw}}$ )	101
Table 4.5:	Cattle, NH <sub>3</sub> emission factors for application of slurry to arable land (related to TAN)	103
Table 4.6:	Cattle, NH <sub>3</sub> emission factors for application of slurry to grassland (related to TAN)	103
Table 4.7:	Cattle, NH <sub>3</sub> emission factors for application of leachate ("Jauche") to arable land (related to TAN)	104
Table 4.8:	Cattle, NH <sub>3</sub> emission factors for application of leachate ("Jauche") to grassland (related to TAN)	104
Table 4.9:	Cattle, NH <sub>3</sub> emission factors for application of manure (FYM) to arable land or grassland (related to TAN)	104
Table 4.10:	Dairy cows, calculation procedures applied	106
Table 4.11:	Dairy cows, fat content of milk (in % of mass) (statistical data)	107
Table 4.12:	Dairy cows, protein content of milk (in % of mass) (statistical data)	107
Table 4.13:	Dairy cows, carcass weights (in kg an <sup>-1</sup> )	108
Table 4.14:	Dairy cows, slaughter ages, ages at first calving and resulting life spans (in a)	109
Table 4.15:	Dairy cows, NEL intake during the dry period for a cow of 650 kg	114
Table 4.16:	Dairy cows, diet constituent properties used in the inventory	121
Table 4.17:	Dairy cows, N inputs with straw in German dairy cattle houses	130
Table 4.18:	Dairy cows, partial emission factors for NH <sub>3</sub> -N from housing (related to TAN)	131
Table 4.19:	Dairy cows, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing	132
Table 4.20:	Dairy cows, 2009, intercomparison of implied emission factors regarding enteric fermentation	133
Table 4.21:	Dairy cows, 2009, manure management, intercomparison of implied emission factors	134
Table 4.22:	Dairy cows, 2009, intercomparison of N excretion rates and implied emission factors for NH <sub>3</sub>	135
Table 4.23:	Dairy cows, 2009, intercomparison of PM implied emission factors	136
Table 4.24:	Dairy cows, related tables provided with the data CD	136
Table 4.25:	Calves, calculation procedures applied	137
Table 4.26:	Calves, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing	141
Table 4.27:	Calves, related tables provided with the data CD	141
Table 4.28:	Heifers, calculation procedures applied	142
Table 4.29:	Heifers, carcass weights (in kg an <sup>-1</sup> )	144
Table 4.30:	Heifers, metabolisable energy required for maintenance and growth	145
Table 4.31:	Heifers, diet constituent properties used in the inventory	148
Table 4.32:	Heifers, N inputs with straw in German heifer houses	150
Table 4.33:	Heifers, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing	151
Table 4.34:	Heifers, related tables provided with the data CD	152
Table 4.35:	Bulls (male beef cattle), calculation procedures applied	153
Table 4.36:	Bulls (male beef cattle), carcass weight (in kg an <sup>-1</sup> )	154
Table 4.37:	Bulls (male beef cattle), mean weight gains $\Delta w_{\text{bm, ADR}}$ (in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) (calculated from ADR data (ADR, 1993 ff))	155
Table 4.38:	Bulls (male beef cattle), mean weight gains $\Delta w_{\text{bm, HIT}}$ as calculated from HIT data (in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	155
Table 4.39:	Bulls (male beef cattle), mean weight gain before slaughtering	156
Table 4.40:	Bulls (male beef cattle), diet characteristics used in the inventory	158
Table 4.41:	Bulls (male beef cattle), N inputs with straw in German bull houses	161
Table 4.42:	Bulls (male beef cattle), emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing	161
Table 4.43:	Bulls (male beef), related tables provided with the data CD	162
Table 4.44:	Suckler cows, calculation procedures applied	163
Table 4.45:	Suckler cows, N inputs with straw in German suckler cow houses	165



Table 4.46:	Suckler cows, emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	166
Table 4.47:	Suckler cows, related tables provided with the data CD .....	167
Table 4.48:	Bulls (mature males), calculation procedures applied.....	168
Table 4.49:	Bulls (mature males), partial $NH_3$ emission factors used for housing.....	170
Table 4.50:	Bulls (mature males), emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	171
Table 4.51:	Bulls (mature males), related tables provided with the data CD .....	172
Table 4.52:	Other cattle, calculation procedures applied .....	173
Table 4.53:	Other cattle, 2009, intercomparison of implied emission factors for enteric fermentation .....	177
Table 4.54:	Other cattle, 2009, intercomparison of implied $CH_4$ emission factors for manure management .....	178
Table 4.55:	Other cattle, 2009, intercomparison of N excretion rates $m_{excr, OC}$ and $NH_3$ implied emission factors .....	178
Table 4.56:	Other cattle, 2009, intercomparison of PM implied emission factors .....	179
Table 4.57:	Other cattle, related tables provided with the data CD.....	179
Table 5.1:	Pigs, categorisation and characterisation .....	180
Table 5.2:	Pigs, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) .....	181
Table 5.3:	Pigs, partial emission factors for $NH_3$ losses from storage (related to TAN).....	181
Table 5.4:	Pigs, partial emission factors for $N_2O$ from housing and storage (related to $N_{excr} + N_{straw}$ ) .....	182
Table 5.5:	Pigs, $NH_3$ emission factors for application of slurry to arable land (related to TAN).....	184
Table 5.6:	Pigs, $NH_3$ emission factors for application of slurry to grassland (related to TAN) .....	184
Table 5.7:	Pigs, $NH_3$ emission factors for application of leachate ("Jauche") to arable land (related to TAN) .....	185
Table 5.8:	Pigs, $NH_3$ emission factors for application of leachate ("Jauche") to grassland (related to TAN).....	185
Table 5.9:	Pigs, $NH_3$ emission factors for application of manure (FYM) to arable land or grassland (related to TAN).....	185
Table 5.10:	Sows, calculation procedures applied to sows .....	186
Table 5.11:	Sows, requirements of metabolisable energy as used in the inventory .....	188
Table 5.12:	Sows, number of piglets raised per year, $n_{piglets, year}$ (primary statistical information) .....	188
Table 5.13:	Sows, diets used in the inventory, and their properties .....	190
Table 5.14:	Sows, partial emission factors for $NH_3-N$ from housing (related to TAN) .....	193
Table 5.15:	Sows, emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	194
Table 5.16:	Sows, related tables provided with the data CD.....	195
Table 5.17:	Weaners, calculation procedures applied.....	196
Table 5.18:	Weaners, diets used in the inventory, and their properties.....	200
Table 5.19:	Weaners, N inputs with straw in German weaner houses (straw based systems) .....	202
Table 5.20:	Weaners, emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing.....	203
Table 5.21:	Weaners, related tables provided with the data CD .....	204
Table 5.22:	Fattening pigs, calculation procedures applied .....	205
Table 5.23:	Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in $kg\ an^{-1}$ ) .....	206
Table 5.24:	Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in $kg\ an^{-1}$ ) .....	206
Table 5.25:	Fattening pigs, weight gain during fattening (in $g\ an^{-1}\ d^{-1}$ ).....	206
Table 5.26:	Fattening pigs, national mean of annual number of production cycles (in $ro\ a^{-1}$ ) in Submissions 2011 and 2012.....	208
Table 5.27:	Fattening pigs, diets used, related energies, and nitrogen contents.....	212
Table 5.28:	Fattening pigs, N inputs with straw in German fattening pig houses (straw based systems) .....	215
Table 5.29:	Fattening pigs, partial emission factors for $NH_3-N$ from housing (related to TAN) .....	215
Table 5.30:	Fattening pigs, emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	216
Table 5.31:	Fattening pigs, related tables provided with the data CD.....	216
Table 5.32:	Boars, calculation procedures applied.....	217
Table 5.33:	Boars, related tables provided with the data CD .....	220
Table 5.34:	Pigs, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors.....	223
Table 5.35:	Pigs, 2009, intercomparison of PM implied emission factors .....	224
Table 5.36:	Pigs, related tables provided with the data CD .....	225
Table 6.1:	Sheep, calculation procedures applied .....	226
Table 6.2:	Sheep and lambs, correction of animal numbers.....	227
Table 6.3:	Sheep, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) .....	228
Table 6.4:	Lambs, calculation procedures applied.....	230
Table 6.5:	Lambs, related tables provided with the data CD .....	231
Table 6.6:	Adult sheep, calculation procedures applied.....	231
Table 6.7:	Sheep without lambs, related tables provided with the data CD.....	233
Table 6.8:	Sheep, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors.....	234
Table 6.9:	Sheep, collective description, related tables provided with the data CD.....	235
Table 6.10:	Goats, calculation procedures applied.....	236
Table 6.11:	Goats, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ).....	237

Table 6.12:	Goats, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors .....	238
Table 6.13:	Goats, related tables provided with the data CD .....	239
Table 7.1:	Horses, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) .....	241
Table 7.2:	Horses and mules/asses, emission factors for particle emissions from housing .....	242
Table 7.3:	Heavy horses, calculation procedures applied .....	243
Table 7.4:	Heavy horses, related tables provided with the data CD .....	244
Table 7.5:	Light horses and ponies, calculation procedures applied .....	245
Table 7.6:	Light horses and ponies, related tables provided with the data CD .....	247
Table 7.7:	Horses, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors .....	249
Table 7.8:	Horses, related tables provided with the data CD .....	249
Table 7.9:	Mules and asses, calculation procedures applied .....	250
Table 7.10:	Mules and asses, compilation of input data and national emission results (constant in time) .....	252
Table 7.11:	Mules and asses, related tables provided with the data CD .....	253
Table 8.1:	Buffalo, calculation procedures applied .....	254
Table 8.2:	Buffalo, partial emission factors used in the inventory .....	257
Table 8.3:	Buffalo, related tables provided with the data CD .....	258
Table 9.1:	Poultry, categorisation and characterisation .....	259
Table 9.2:	Poultry, emission factors for $NH_3$ from application of poultry manure (related to UAN) .....	260
Table 9.3:	Poultry, partial emission factors for $N_2O$ , $NO$ , and $N_2$ from storage of poultry excreta .....	260
Table 9.4:	Laying hens, calculation procedures applied .....	261
Table 9.5:	Laying hens, performance data .....	262
Table 9.6:	Laying hens, diets used in laying hen feeding, related energies and crude protein content .....	266
Table 9.7:	Laying hens, partial emission factors for $NH_3$ losses from housing (in $kg\ NH_3-N$ per $kg\ N$ excreted) .....	271
Table 9.8:	Laying hens, emission factors for particle emissions from housing .....	271
Table 9.9:	Laying hens, related tables provided with the data CD .....	272
Table 9.10:	Broilers, calculation procedures applied .....	273
Table 9.11:	Broilers, growth rate relative to reference, according to linear trend in Figure 9.3 ( $r_g$ , in $kg\ kg^{-1}$ ) .....	275
Table 9.12:	Broilers, national total of German broiler meat production (in $10^6\ kg\ a^{-1}$ ) .....	275
Table 9.13:	Broilers, duration of cleansing period $\tau_{service}$ (in $d\ ro^{-1}$ ) .....	277
Table 9.14:	Broilers, time series of raw protein content in feed $x_{XP}$ ( $kg\ kg^{-1}$ ), related to fresh matter .....	281
Table 9.15:	Broilers, amounts of $N$ inputs with straw in German broiler houses .....	284
Table 9.16:	Broilers, derivation of partial emission factors for $NH_3$ losses from housing .....	285
Table 9.17:	Broilers, related tables provided with the data CD .....	286
Table 9.18:	Pullets, calculation procedures applied .....	287
Table 9.19:	Pullets, phase-related diet mass intake (fresh matter) and ME contents of feed .....	289
Table 9.20:	Pullets, amounts of $N$ inputs with straw in German pullet houses .....	292
Table 9.21:	Pullets, related tables provided with the data CD .....	293
Table 9.22:	Geese, calculation procedures applied .....	294
Table 9.23:	Geese, related tables provided with the data CD .....	296
Table 9.24:	Ducks, calculation procedures applied .....	297
Table 9.25:	Ducks, amounts of $N$ inputs with straw in German broiler houses .....	301
Table 9.26:	Ducks, related tables provided with the data CD .....	302
Table 9.27:	Turkeys, calculation procedures applied .....	303
Table 9.28:	Turkeys, animal performance and feed intake data from Poultry Almanacs and other sources .....	305
Table 9.29:	Turkeys, phase feeding, feed nitrogen contents ( $x_N$ ) and specific ME contents ( $\eta_{ME, feed}$ ) .....	307
Table 9.30:	Turkeys, amounts of $N$ inputs with straw in German turkey houses .....	309
Table 9.31:	Turkeys, derivation of partial emission factors for $NH_3$ losses from housing .....	310
Table 9.32:	Turkeys, related tables provided with the data CD .....	310
Table 9.33:	Poultry, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors .....	313
Table 9.34:	Poultry, 2009, intercomparison of PM implied emission factors .....	314
Table 9.35:	Poultry, related tables provided with the data CD .....	315
Table 9.36:	Other poultry (poultry except laying hens and broilers), related tables provided with the data CD .....	315
Table 10.1:	Cultures with fertilizers, calculation procedures applied .....	316
Table 10.2:	Attribution of German national categories of $N$ fertilizers to SNAP categories .....	317
Table 10.3:	Cultures with fertilizers, recommended amounts of nitrogen fertilizers .....	319
Table 10.4:	Mineral fertilizers, $NH_3$ emission factors as functions of spring temperature $t_s$ ( $t_s$ in $^{\circ}C$ ) .....	320
Table 10.5:	Sewage sludge applied within agriculture (in $Gg\ a^{-1}$ dry matter) (statistical data) .....	328
Table 10.6:	Sewage sludge, nitrogen content (in $g\ kg^{-1}\ N$ , related to dry matter) (statistical data) .....	328
Table 10.7:	Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD .....	332
Table 11.1:	Cultures without fertilizers, calculation procedures applied .....	333

Table 11.2:	Crop residues (agricultural crops), data used to calculate N <sub>2</sub> O and N <sub>2</sub> emissions.....	343
Table 11.3:	Crop residues (horticultural crops), data used to calculate N <sub>2</sub> O and N <sub>2</sub> emissions .....	343
Table 11.4:	Soils, 2009, intercomparison of N <sub>2</sub> O implied emission factors .....	350
Table 11.5:	Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD.....	351
Table 12.1:	Fractions <i>Frac<sub>x</sub></i> , related tables provided with the data CD.....	356
Table 12.2:	Fractions <i>Frac<sub>x</sub></i> , 2009, intercomparison of fractions explaining direct and indirect N <sub>2</sub> O emissions..	357
Table 13.1:	Uncertainty of the implied emission factor for NH <sub>3</sub> from manure management (in %)	364
Table 13.2:	Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory .....	368
Table 13.3:	Uncertainty calculation for the German agricultural ammonia inventory.....	371



## 1 Introduction / Einführung

The report in hand describes methods as well as data used for the compilation of the German emission inventory (submission 2012).

Der vorliegende Bericht beschreibt Methoden und Daten zur Erstellung des deutschen Emissionsinventars für die Emissionsberichterstattung 2012.

### 1.1 Scope of the report / Gegenstand des Berichts

In Europe, gaseous and particulate emissions from agriculture have been subject to both national and international regulations, as they adversely affect

- the energy dynamics of the atmosphere (physical climate),
- the formation of tropospheric and the destruction of stratospheric ozone,
- the amount of formation of secondary aerosols,
- terrestrial and aquatic ecosystems due to atmospheric inputs of acidity and nutrients (acidification and eutrophication),
- human health and welfare and
- reduce atmospheric visibility.

These regulations (protocols etc.) intend to establish emission ceilings and to introduce abatement measures. For both purposes emission inventories are needed, which are adequately precise and exhibit an adequate resolution both in time and space.

Relevant guidance documents to establish emission inventories and to report the resulting emissions are provided by the Geneva Convention on Long Range Transboundary Air Pollution (LTRAP, 2005) in form of the Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2009). Within the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, 2005), the IPCC Guidelines and Good Practice Guidance (IPCC, 1996, 2000, 2006) provide the tools.

According to these guidance documents only emissions from arable and animal agriculture themselves and those (indirect) emissions which can directly be traced back to agricultural activities are regarded as agricultural emissions.<sup>5</sup>

The data sets to describe emissions from German agriculture were partly not available (Dämmgen and Grünhage, 2001) and were generated for the first time in a project (Döhler et al., 2002) jointly financed by the German Ministries for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) and for Consumer Protection, Food and Agriculture (BMVEL).

In addition to emission reporting, the inventory is in-

Gasförmige und partikelförmige Emissionen aus der Landwirtschaft sind in Europa

- wegen ihrer Bedeutung für Änderungen des physikalischen Klimas (Wärmehaushalt der Atmosphäre),
- wegen ihrer Einflüsse auf die Bildung troposphärischen und den Abbau stratosphärischen Ozons,
- wegen ihrer Rolle bei der Bildung von Sekundäraerosolen (Stoffhaushalt der Atmosphäre),
- wegen der versauernden und eutrophierenden Wirkung ihrer Reaktionsprodukte auf terrestrische und aquatische Ökosysteme (Stoffhaushalt der Biosphäre),
- wegen der Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit und
- wegen der Verringerung der Sichtweite zum Gegenstand nationaler und internationaler gesetzlicher Regelungen geworden.

Diese Regelungen sehen Emissionsbegrenzungen und die Einführung von emissionsmindernden Maßnahmen vor. Für beides benötigt man hinreichend genaue und zeitlich wie räumlich hinreichend aufgelöste Emissionsinventare.

Die Anforderungen an die Erstellung von Emissionsinventaren sowie die Emissionsberichterstattung werden in Dokumenten zum Genfer Luftreinhalteabkommen (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution) (CLRTAP, 2005) im Emission Inventory Guidebook (EMEP/EEA, 2009), innerhalb der Klimarahmenkonvention (UNFCCC, 2005) in IPCC Guidelines und Good Practice Guidance (IPCC, 1996, 2000) sowie in IPCC (2006) beschrieben.

Diesen Vorgaben zufolge werden nur die Emissionen aus den bewirtschafteten Nutzflächen und der Tierhaltung selbst und die unmittelbar auf sie zurückzuführenden indirekten Emissionen als Emissionen aus der Landwirtschaft berichtet.<sup>5</sup>

Die für die Berechnung der landwirtschaftlichen Emissionen in Deutschland zunächst fehlenden Daten (Dämmgen und Grünhage, 2001) wurden erstmals in einem Gemeinschaftsprojekt der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) erarbeitet (Döhler et al., 2002).

Das Inventar soll neben der Emissionsberichterstat-

<sup>5</sup> CO<sub>2</sub> emissions from urea and liming are reported in the category "landuse, landuse change and forestry" (LULUCF). Emissions from activities preceding agriculture (e.g. the production and transport of mineral fertilizers), emissions from vehicles (including tractors) or stationary installations are dealt with under the categories "production processes", "other mobile sources" and "non-industrial combustion plants".

tended as a tool in policy making (cf Dämmgen et al., 2006; Gauger et al., 2006). This requires, among other things, calculation methods based on process descriptions as far as possible, in order to enable detection and assessment of emission mitigation options. As the approaches of the first inventory were at least partly unsatisfactory, they permanently have been developed and updated. The version used for the present inventory is based on results described in Döhler et al. (2002), but it makes use of the latest available editions of the international guidelines. It also includes results of international co-operation between experts (EAGER<sup>6</sup>).

The report at hand describes the methodology used for the current emission reporting (submission 2012). It replaces the contents of the reports of precedent submissions.

Kapitel 1.2 provides an overview of the emission calculation results.

The emission calculation results are presented in an EXCEL® workbook (see CD supplement) along with additional informations needed to interpret the emission results. For details on the EXCEL® workbook see Chapter 1.4. (The tables given in the EXCEL® workbook are addressed in the text volume in the respective paragraphs.)

The EXCEL® worksheet mentioned above contains an overview of the links between the data tables and the CRF tables to be reported to the UNFCCC (concordance), see Chapter 1.4.

Chapter 2 of the text volume describes terminology, definitions and units used in the subsequent chapters.

In Chapter 3 the fundamentals of the procedures used in emission modelling in animal husbandry are explained.

Chapters 4 to 9 describe the emissions from the various animal categories. Whenever subcategories are formed, e.g. for "other cattle", a collective description is given at the end of the description of the category providing the mean properties of the respective category.

Chapters 10 to 12 deal with the description of emissions from soils, grass land and arable land.

The assessment of the uncertainties of the emission inventory is dealt with in Chapter 13.

Due to space limitations in the following text, equations, tables, figures, and maps are presented in an English Version only. For technical reasons, also in the German text related links are named in English, i. e. Table instead of Tabelle, Figure instead of Abbildung, and Map instead of Karte.

tung auch als Instrument der Politikberatung dienen (vgl. Dämmgen et al., 2006; Gauger et al., 2006). Dies erfordert u. a. möglichst prozessorientierte Berechnungsmethoden, um gezielt Möglichkeiten zur Emissionsminderung aufdecken und prüfen zu können. Die zum Teil unbefriedigenden Ansätze des ersten Inventars wurden beständig verbessert und weiter entwickelt. Sie gründen auf den in Döhler et al. (2002) erarbeiteten Ergebnisse, verwendet aber die jeweils neuesten Ausgaben der internationalen Regelwerke und bezieht Ergebnisse ein, die im internationalen Vergleich benachbarter Staaten erarbeitet wurden (EAGER<sup>6</sup>).

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die für die aktuelle Berichterstattung (Submission 2012) verwendete Methodik. Der vorliegende Bericht ersetzt die Methodenbeschreibungen früherer Berichte.

Kapitel 1.2 gibt einen Überblick über die berechneten Emissionsergebnisse.

Die Emissionsergebnisse sowie ergänzende Daten liegen dem Textband in Form einer umfangreichen EXCEL®-Datei als CD bei, siehe dazu Hinweise in Kapitel 1.4. (Im Textband werden an entsprechenden Stellen Hinweise auf die für die Emissionsberichterstattung relevanten Tabellen in dieser EXCEL®-Datei gegeben.)

Die vorgenannte EXCEL®-Datei enthält auch eine Übersicht über die Bezüge zwischen den Datentabellen und den an UNFCCC zu berichtenden CRF-Tabellen (Konkordanz), siehe Kapitel 1.4.

Kapitel 2 des Textbandes erläutert in den nachfolgenden Kapiteln verwendete Begriffe, Definitionen und Einheiten.

Kapitel 3 beschreibt grundlegende Verfahren und Daten der Emissionsberechnung für die Tierhaltung.

In den Kapiteln 4 bis 9 werden die Emissionen aus den verschiedenen Tierkategorien beschrieben. Werden in einer Tierkategorie (z.B. bei Rindern ohne Milchkühe) Unterkategorien gebildet, so folgt am Ende der Beschreibung der jeweiligen Unterkategorien eine Zusammenfassung der mittleren Kenngrößen.

Kapitel 10 bis 12 enthält die Beschreibung der Emissionen aus Böden, Grünland und Ackerland.

Kapitel 13 geht auf die Bestimmung der Unsicherheiten des Emissionsinventars ein.

Aus Platzgründen werden im nachfolgenden Text neben Gleichungslegenden auch Tabellen, Abbildungen und Karten lediglich in englischer Fassung dargestellt. Aus technischen Gründen erfolgen die Verweise auf Table, Figure und Map anstelle von Tabelle, Abbildung und Karte.

## 1.2 Overview of emission results / Übersicht über Emissionsergebnisse

In the following, a summary of important results of the emission calculations for the emission reporting 2012 (Submission 2012) from German agriculture is presented. The results mainly pertain to the time series 1990 to 2010, but also to the projection for the year 2020. The

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die Berichterstattung 2012 (Submission 2012) aus der deutschen Landwirtschaft gegeben, wobei es zum Einen um die Zeitreihe 1990 bis 2010 geht, zum Anderen um die Pro-

<sup>6</sup> EAGER - European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network. <http://www.eager.ch/index.htm>.

overview is restricted to CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und NH<sub>3</sub> from emission sources covered by the emission reporting for the sector “Agriculture”, i. e. animal husbandry and managed agricultural soils. CO<sub>2</sub> from liming is reported elsewhere in the sector “Landuse, Landuse Change and Forestry”. Emissions from industrial processes associated with agriculture (e. g. fertilizer production) as well as emissions from energy consumption by agriculture are also reported elsewhere.

All relevant data sets and emission results of the current submission are provided in an EXCEL® workbook contained in the CD given as a supplement to the text volume at hand.

All chapters dealing with the description of emission calculation methodology end with an overview of input data and emission results where links are provided to tables in the results file on the data CD which provide the complete data sets.

As the uncertainties of the GHG and the NH<sub>3</sub> inventories will not be dealt with in the following, the reader is referred to Chapter 13.

Differences between current submission and previous submission are dealt with in Chapter 1.3.1.

jektion für das 2020. Die Übersicht beschränkt sich auf CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und NH<sub>3</sub> aus dem Bereich, der durch die Berichterstattung im Berichtssektor „Landwirtschaft“ abgedeckt wird, d. h. die Nutztierhaltung und landwirtschaftlich genutzte Böden, ohne CO<sub>2</sub> aus Kalkung (siehe dazu Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft“) und ohne Emissionen aus Vorleistungsbereich und Energieverbrauch, die ebenfalls in gesonderten Sektoren berichtet werden.

Alle relevanten Datensätze und Emissionsergebnisse für die aktuelle Submission finden sich in einer EXCEL®-Datei auf der CD, die diesem Textband beiliegt.

Am Ende eines jeden Kapitels zur Beschreibung der Berechnungsmethodik findet sich eine Übersicht, welche Eingangsdaten und Emissionsergebnisse in welchen Tabellen in der Ergebnis-Datei auf der CD zu finden sind.

Hinsichtlich der Unsicherheit von Treibhausgas- und NH<sub>3</sub>-Gesamtinventar wird auf Kapitel 13 verwiesen.

Auf die Unterschiede zwischen der aktuellen Submission und der des Vorjahres geht Kapitel 1.3.1 ein.

### 1.2.1 CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions / CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen

Figure 1.1 displays the time series of trace gas emissions of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O from German agriculture calculated for the years 1990 to 2010. The results are given for the four source sectors enteric fermentation, manure management and soils.

In addition, results are presented for the projection year 2020. The projections for 2020 were calculated based on the data provided in Chapter 3.4.

Figure 1.1 zeigt die für die Jahre 1990 bis 2010 berechnete Zeitreihe der Treibhausgas-Emissionen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der deutschen Landwirtschaft, gegliedert nach den Quellenbereichen Verdauung, Wirtschaftsdünger-Management und Böden. Die zugrunde liegenden Daten sind Table 1.1 zu entnehmen.

Ergänzt wird die Zeitreihe durch die Ergebnisse der Projektion für das 2020. Die Projektion für 2020 wurde auf Grundlage der Vorgaben in Kapitel 3.4 erstellt.

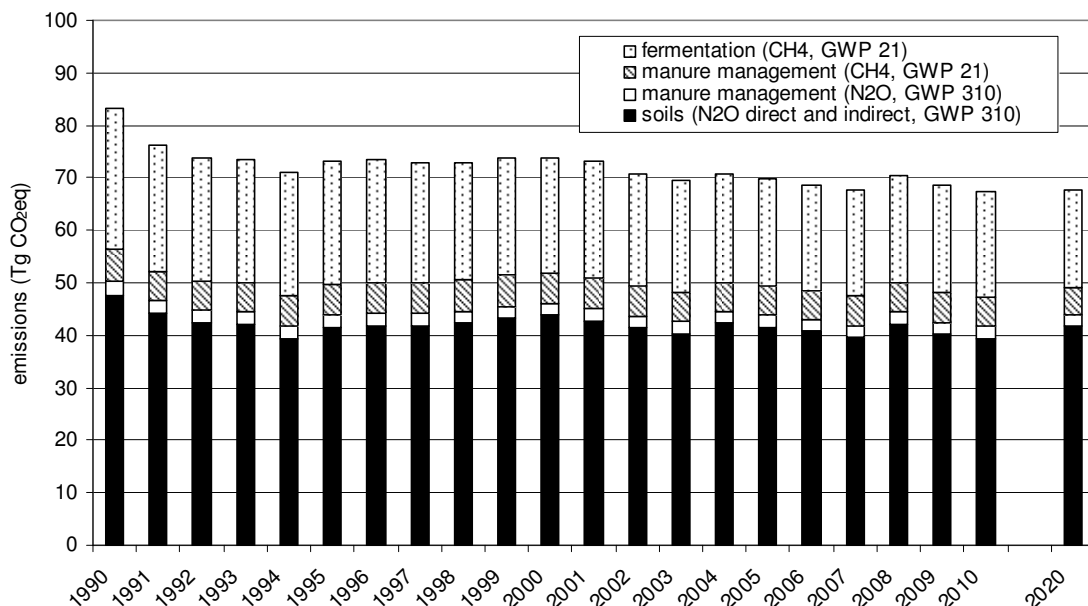


Figure 1.1: Annual THG emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2012)

Table 1.1: Emissions of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O from German agriculture for 1990 - 2010 in Gg CO<sub>2</sub>-eq, Submission 2012

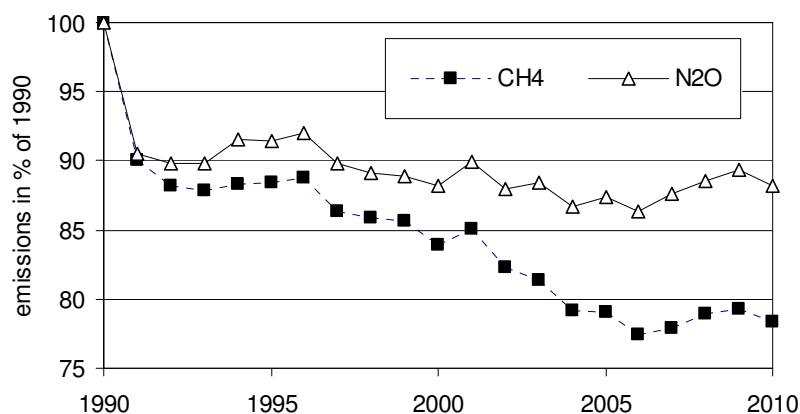
year	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	CH <sub>4</sub> manure management	N <sub>2</sub> O manure management	N <sub>2</sub> O soils
1990	26.67	6.32	2.57	47.66
1991	24.08	5.65	2.33	44.26
1992	23.48	5.61	2.31	42.49
1993	23.41	5.57	2.31	42.14
1994	23.27	5.88	2.35	39.45
1995	23.37	5.83	2.35	41.61
1996	23.42	5.88	2.37	41.85
1997	22.72	5.78	2.31	41.93
1998	22.42	5.91	2.29	42.29
1999	22.41	5.86	2.29	43.27
2000	21.97	5.73	2.27	43.90
2001	22.25	5.81	2.31	42.80
2002	21.44	5.71	2.26	41.43
2003	21.15	5.70	2.27	40.34
2004	20.57	5.57	2.23	42.32
2005	20.48	5.62	2.25	41.52
2006	20.04	5.52	2.22	40.74
2007	20.12	5.59	2.25	39.65
2008	20.41	5.64	2.28	42.16
2009	20.48	5.68	2.30	40.21
2010	20.28	5.57	2.27	39.37

It can be seen from Figure 1.1 and Table 1.1 that the percentage of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions (in CO<sub>2</sub> equivalents) from German agriculture caused by soils amounts to about 60 % of total agricultural CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions. The percentage of CH<sub>4</sub> emissions is in the order of 30 %.

Total CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from German agriculture exhibit a decreasing trend which is dominated by the strong decrease immediately after the German unification. This trend is mostly due to the times series of the emissions from animal husbandry. Figure 1.2 displays the development of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry for the years 1990 to 2010 in % of the respective values in 1990: in 2010 the CH<sub>4</sub> emissions are lower than in 1990 by 22 %, the N<sub>2</sub>O emissions are lower by 12 %.

Aus Figure 1.1 und Table 1.1 geht hervor, dass der Anteil der Böden an den Gesamtemissionen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der deutschen Landwirtschaft (in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) rund 60 % beträgt. Der Anteil von CH<sub>4</sub> aus der tierischen Verdauung liegt bei größenordnungsmäßig 30 %.

Die Gesamtemissionen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der deutschen Landwirtschaft weisen einen abnehmenden Trend auf, der u. a. durch die starke Abnahme unmittelbar nach der deutschen Wiedervereinigung geprägt ist. Dieser Trend geht in erster Linie auf den zeitlichen Verlauf der Emissionen aus der Tierhaltung zurück. Figure 1.2 zeigt dazu die Entwicklung der N<sub>2</sub>O- und CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Nutztierhaltung in Prozent der Werte von 1990: Die CH<sub>4</sub>-Emissionen liegen 2010 um 22 % niedriger als 1990, die N<sub>2</sub>O-Emissionen um 12 %.

Figure 1.2: Development of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from manure management in % of 1990, Submission 2012



The decrease of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry is mostly due to the decrease of animal numbers for dairy cows and other cattle. Figure 1.3 shows the development of animal numbers of dairy cows, other cattle and pigs. These categories are responsible for about 97 % of total CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry (dairy cows ca. 50 %; other cattle ca. 37 %; pigs ca. 11 %). The continued decrease of the numbers of dairy cows and other cattle as well as the increase of pig numbers after 1995 is obvious. (An overview of the animal numbers covering all categories relevant to emission reporting can be found in Table 3.3, Chapter 3.3.1.)

Emission reduction rates exceed the reduction rates in animal populations due to the increase in animal performance (e.g. in milk yields).

Die Abnahme der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Tierhaltung ist überwiegend auf die Abnahme der Tierzahlen bei Milchkühen und übrigen Rindern zurück zu führen. Figure 1.3 zeigt den Verlauf der Tierzahlen für Milchkühe, andere Rinder und Schweine, die insgesamt rund 97 % der Gesamtemissionen an CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Tierhaltung verursachen (Milchkühe ca. 50%; übrige Rinder ca. 37 %; Schweine ca. 11 %). Deutlich sind der abnehmende Trend bei Milchkühen und übrigen Rindern, sowie der Wiederanstieg bei den Schweinen ab 1995. (Eine Übersicht über die Tierzahlen aller in der Berichterstattung auftretenden Tierkategorien findet sich in Table 3.3 in Kapitel 3.3.1.)

Der Rückgang in den Emissionen ist geringer als der in den Tierzahlen, weil gleichzeitig eine Leistungssteigerung pro Tier stattfand (u. a. der Milchleistung).

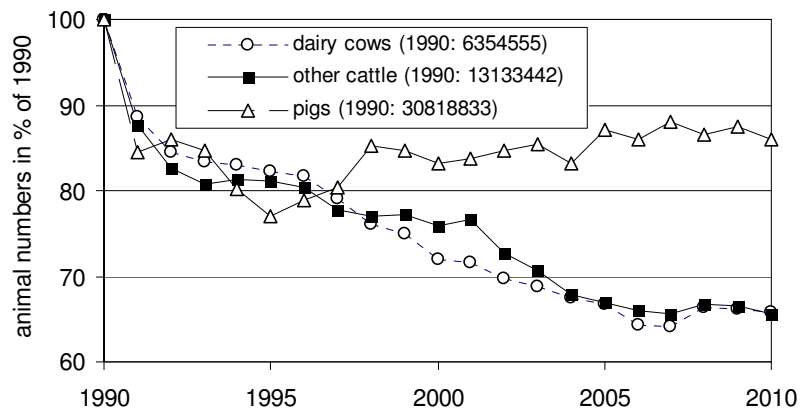


Figure 1.3: Development of animal numbers (dairy cows, other cattle and pigs) in % of 1990, Submission 2012

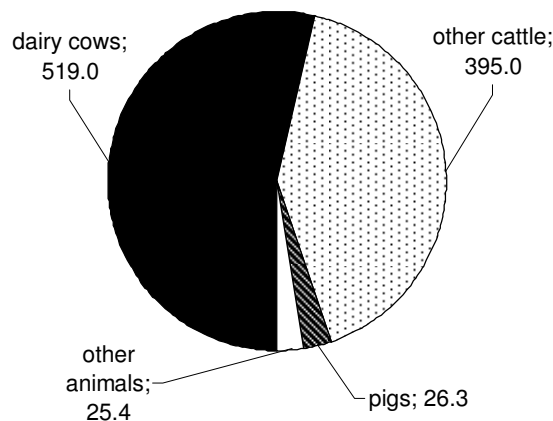


Figure 1.4: CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation in 2010 (in Gg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>), Submission 2012

Figure 1.1 illustrates that CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation contribute a high share to overall GHG emissions from German agriculture, second only to the emissions of N<sub>2</sub>O from soils. As shown in Figure 1.4 for

Aus Figure 1.1 geht hervor, dass die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung nach den N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden den zweitgrößten Beitrag zu den THG-Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft stellen. Bei

2010, more than half of the  $\text{CH}_4$  emissions originates from dairy cows.

Figure 1.5 shows the development of GHG emissions from enteric fermentation and manure management (housing and storage) for dairy cows and fattening pigs as related to performance data (dairy cows: milk yield per place and year; fattening pigs: total weight gain per place and year).

For dairy cows, the emissions per unit of product (kg milk) have decreased steadily due to the increase in milk yields. However, the reduction is not proportional to the increase in milk yields, as the energy requirements for maintenance (about 40 % of the total energy requirements) are not related to milk yields and (as a rule) almost constant.

A similar picture can be obtained for GHG emissions from pig production as related to animal performance. Here, trends are less distinct, as energy requirements for maintenance (in contrast to dairy cows) are related to animal performance and increase with increasing weight gains. Primarily this results in increased  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation and manure management.  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management are less affected, as increased N intake with feeds is compensated by increased N retention leading to moderately increased N excretions. For pigs, the trend in emission rates is less distinct than for dairy cows, and the scatter in input data results in a comparatively high variation of the results obtained.

den Emissionen aus der Verdauung wiederum geht über die Hälfte auf die Milchkühhaltung zurück, wie Figure 1.4 exemplarisch für das Jahr 2010 zeigt.

Figure 1.5 zeigt für Milchkühe und Mastschweine für die Jahre 1990 bis 2010 die Treibhausgasemissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager) als Funktion der Leistung (bei Milchkühen: jährliche Milchleistung pro Tierplatz; bei Mastschweinen: jährlicher Gesamtgewichtszuwachs pro Tierplatz).

Bei den Milchkühen führen beständig zunehmende Milchleistungen zu einer Abnahme der Emissionen pro kg Milch. Die Abnahme ist jedoch nicht proportional. Dies liegt daran, dass der Erhaltungsenergiebedarf (ca. 40 % des Gesamtenergiebedarfs einer Milchkuh) von der Milchleistung unabhängig ist und daher bei der Steigerung der Milchleistung i. d. R. nicht mit ansteigt.

Ein ähnliches, wenn auch nicht so eindeutiges Bild ergibt sich bei den leistungsbezogenen Treibhausgasemissionen aus der Mastschweinehaltung. Der Trend ist relativ gering, da anders als bei der Milchkuh der Erhaltungsenergiebedarf nicht leistungsunabhängig ist, sondern mit größer werdendem Zuwachs ansteigt. Dies führt vorrangig zu einem Anstieg der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus Verdauung und Lager.  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Lager weisen einen geringeren Anstieg aufweisen, da die N-Ausscheidungen ebenfalls nicht so stark ansteigen (einer höheren N-Aufnahme über das Futter steht eine ebenfalls erhöhte N-Retention gegenüber.) Aufgrund des relativ schwach ausgeprägten Trends der Treibhausgase machen sich Schwankungen in den Eingangsdaten deutlicher als bei der Milchkuh bemerkbar.

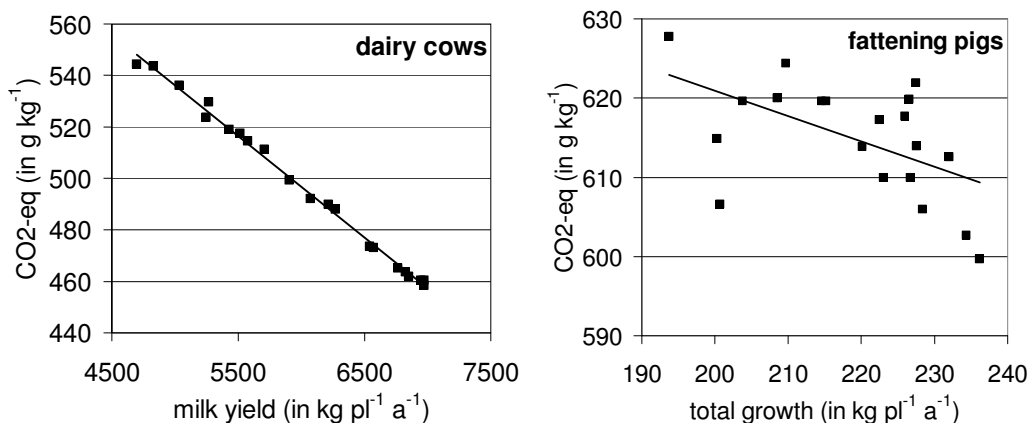


Figure 1.5: Total performance-related GHG emissions from enteric fermentation and manure management (housing, storage) for dairy cows and fattening pigs

As can be seen in Figure 1.1, the interannual fluctuations of total  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2\text{O}$  emissions are to a large extent due to fluctuations of the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils.

Figure 1.1 also illustrates that  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils were higher in 1990 than in subsequent years. From then on they have changed little, and are at a level of about 95 % of the 1990 emissions, depending on fertilizer input. The time series of overall  $\text{N}_2\text{O}$  emissions

Die in Figure 1.1 zu erkennenden interannuellen Schwankungen der  $\text{CH}_4$ - und  $\text{N}_2\text{O}$ -Gesamtemissionen gehen zu einem großen Teil auf die Schwankungen der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden zurück.

Wie aus Figure 1.1 ebenfalls hervorgeht, waren die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Böden 1990 höher als in allen weiteren Jahren und schwanken seither abhängig vom Mineraldüngereinsatz um 95 % des Werts von 1990. Figure 1.6 zeigt die Zeitreihe der  $\text{N}_2\text{O}$ -Gesamtemissionen aus

(i.e. the sum of direct and indirect emissions) is provided in Figure 1.6 where direct emissions comprise emissions resulting from the application of farmyard manure, slurry, mineral fertilizers and sewage sludge as well as from grazing, cultivation of organic soils, biological N fixation and degradation of crop residues. Indirect emissions originate from the (atmospheric) deposition of reactive N species ( $\text{NH}_4$  and  $\text{NO}_3$  resulting from  $\text{NH}_3$  and NO emissions in agriculture) as well as from nitrogen leaching and run-off into surface waters.

landwirtschaftlich genutzten Böden, die sich aus den Beiträgen der direkten und indirekten Emissionen zusammensetzt. Die direkten Emissionen umfassen dabei die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen infolge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und von Klärschlämmen sowie aufgrund von Weidegang, Bewirtschaftung organischer Böden, biologischer N-Fixierung und Zersetzung von Ernterückständen. Die indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen resultieren aus der Deposition von reaktivem Stickstoff ( $\text{NH}_4$  und  $\text{NO}_3$  als Reaktionsprodukten von landwirtschaftlichen  $\text{NH}_3$ - und NO-Emissionen) sowie aus Stickstoff-Auswaschung und -Oberflächenabfluss.

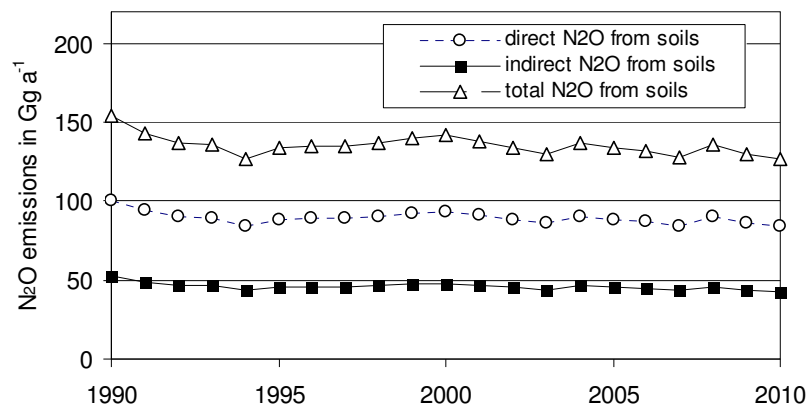


Figure 1.6:  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils (in  $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O}$ ), Submission 2012

For the most part, variations in time of the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils originate from variations in mineral fertilizer consumption. This is illustrated in Figure 1.7 for the timespan from 1990 to 2010.

Die zeitlichen Schwankungen der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden gehen zu einem großen Teil auf die Schwankungen in der Mineraldüngergenanwendung zurück, wie Figure 1.7 anhand der Daten von 1990 bis 2010 zeigt.

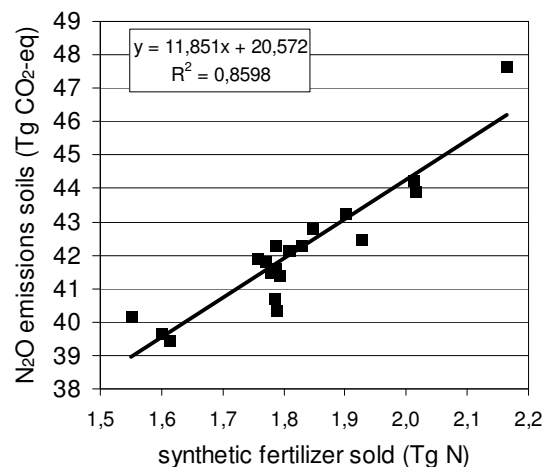


Figure 1.7: Scatter plot of total  $\text{N}_2\text{O}$  emissions (direct and indirect) from agricultural soils over amounts of mineral fertilizer N for the years 1990 to 2010 (Submission 2012)

### 1.2.2 $\text{NH}_3$ emissions / $\text{NH}_3$ -Emissionen

Figure 1.8 shows the Submission 2012 time series of the  $\text{NH}_3$  emissions from German agriculture for the years 1990 to 2010 as well as the results for the projection year 2020. Projection 2020 was calculated based on the data provided in Chapter 3.4.

Figure 1.8 zeigt für die Submission 2012 den zeitlichen Verlauf der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft für die Jahre 1990 – 2010 sowie die Projektion für das Jahr 2020. Die Projektion für 2020 wurde auf Grundlage der Vorgaben in Kapitel 3.4 erstellt.

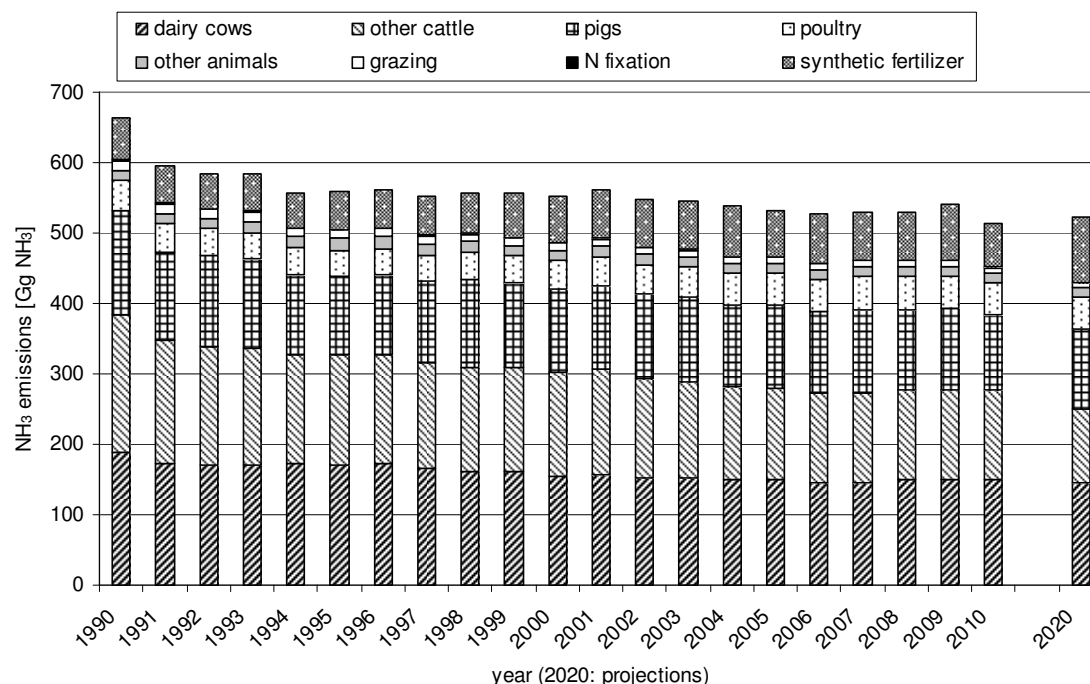


Figure 1.8: Annual  $\text{NH}_3$  emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2012)

Figure 1.8 shows a marked decrease of the  $\text{NH}_3$  emissions from German agriculture in the years immediately after the German unification 1990/1991, while only a weak negative trend is discernible for the years since then.

The  $\text{NH}_3$  time series is a result of counteracting processes. Under unchanged agricultural conditions, decreasing animal numbers (see Figure 1.3) would lead to a decrease of emissions from animal husbandry. However, the increase of animal performance in the years 1990 to 2009 has a partly compensating impact on the emissions. As an example, Figure 1.9 shows the development of emissions from dairy cattle husbandry as a result of decreasing animal numbers and increasing milk yields.

For the main emission sources within the animal categories „cattle“ and „pigs“, i. e. for dairy cows and fattening pigs, Figure 1.10 shows for the example year 2010 the percentages of  $\text{NH}_3$  emissions originating from housing, storage and manure application. It is obvious that for dairy cows the emissions from manure application are predominant, while for fattening pigs the major share of the emissions are originating from housing.

Aus Figure 1.8 ist ersichtlich, dass die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft nach der deutschen Wiedervereinigung 1990/1991 deutlich gesunken sind, während in den Jahren danach nur ein geringer abnehmender Trend zu erkennen ist.

Der zeitliche Verlauf der  $\text{NH}_3$ -Emissionen ist ein Ergebnis von gegenläufigen Effekten. Unter sonst unveränderten Bedingungen würden abnehmende Tierzahlen (Figure 1.3) zu einer Abnahme der Emissionen aus der Nutztierhaltung führen. Eine entgegengesetzte Wirkung hat allerdings der Anstieg der tierischen Leistung. So kompensiert z. B. die Steigerung der jährlichen Milchleistung zum Teil die abnehmende Anzahl der Milchkühe, siehe Figure 1.9.

Figure 1.10 verdeutlicht exemplarisch für 2010 für die Hauptquellen im Bereich Rinder und Schweine, d. h. Milchkühe und Mastschweine, die berechnete prozentuale Verteilung der aus Stall, Lager und Wirtschaftsdünger-Ausbringung resultierenden  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Es wird deutlich, dass bei Milchkühen die Emissionen aus der Wirtschaftsdünger-Ausbringung überwiegen, während dies bei den Mastschweinen für den Stallbereich gilt.

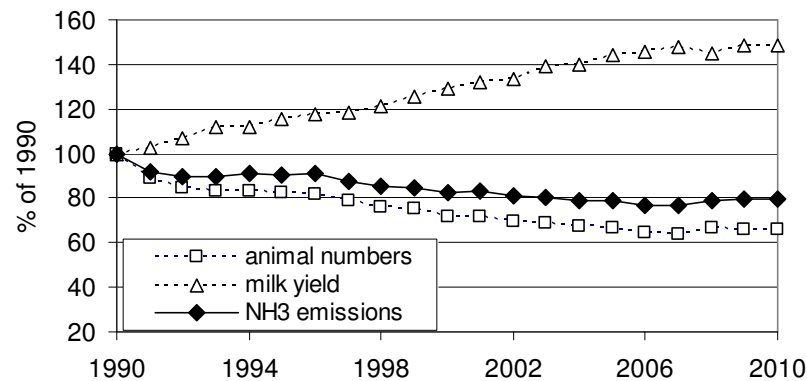


Figure 1.9: Development of dairy cattle numbers, milk yields and NH<sub>3</sub> from dairy cattle husbandry (in % of 1990)

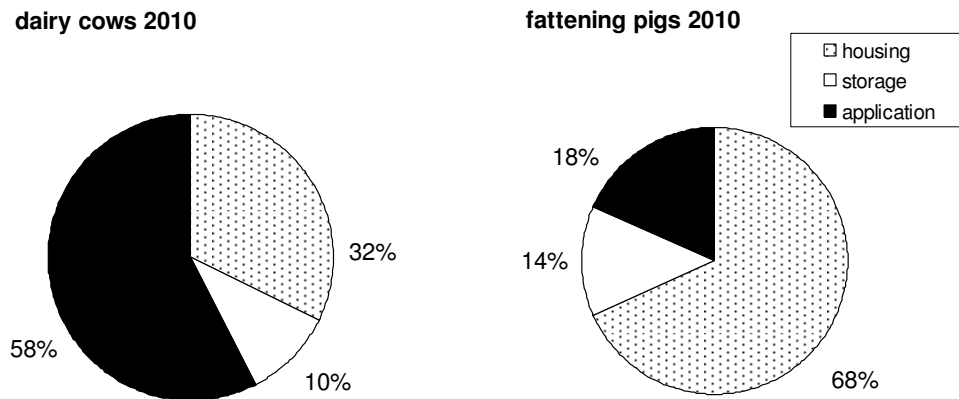


Figure 1.10: Percentages of NH<sub>3</sub> emissions originating from housing, storage and manure application for dairy cows and fattening pigs in 2010 (Submission 2012)

Ammonia emissions as related to unit of product (dairy cows: milk yield per place and year; fattening pigs: total weight gain per place and year) are visualized for the period from 1990 to 2010 in Figure 1.11. They comprise emissions from housing, storage and application of manures.

For dairy cows, the steady increase of milk yields has resulted in steady reductions of emissions related per kg milk produced. However, the reduction is not proportional to the increase in milk yields, as the energy requirements for maintenance (about 40 % of the total energy requirements) are not related milk yields and (as a rule) almost constant.

A similar picture can be obtained for NH<sub>3</sub> emissions from pig production as related to animal performance. Here, trends are less distinct, as energy requirements for maintenance (in contrast to dairy cows) are related to animal performance and increase with increasing weight gains. Increased N intake with feeds is compensated by increased N retention. Hence, N excretion rates and as a consequence, NH<sub>3</sub> emission rates, increase at a somewhat slower rate than weight gain rates.

Abbildung Figure 1.11 zeigt für Milchkühe und Mastschweine für die Jahre 1990 bis 2010 die Ammoniakemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung zusammen als Funktion der Leistung (bei Milchkühen: jährliche Milchleistung pro Tierplatz; bei Mastschweinen: jährlicher Gesamtgewichtszuwachs pro Tierplatz).

Bei den Milchkühen führen beständig zunehmende Milchleistungen zu einer Abnahme der Emissionen pro kg Milch. Die Abnahme ist jedoch nicht proportional. Dies liegt daran, dass der Erhaltungsenergiebedarf, der ca. 40 % des Gesamtenergiebedarfs einer Milchkuh ausmacht, von der Milchleistung unabhängig ist und daher bei der Steigerung der Milchleistung i. d. R. nicht mit ansteigt.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den leistungsbezogenen NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Mastschweinehaltung, auch wenn anders als bei der Milchkuh der Erhaltungsenergiebedarf nicht leistungsunabhängig ist, sondern mit größer werdendem Zuwachs ansteigt. Der damit ansteigenden N-Aufnahme mit dem Futter steht allerdings eine ebenfalls ansteigende erhöhte N-Retention gegenüber, so dass die N-Ausscheidung und damit die NH<sub>3</sub>-Emission insgesamt langsamer ansteigt als der Gewichtszuwachs.

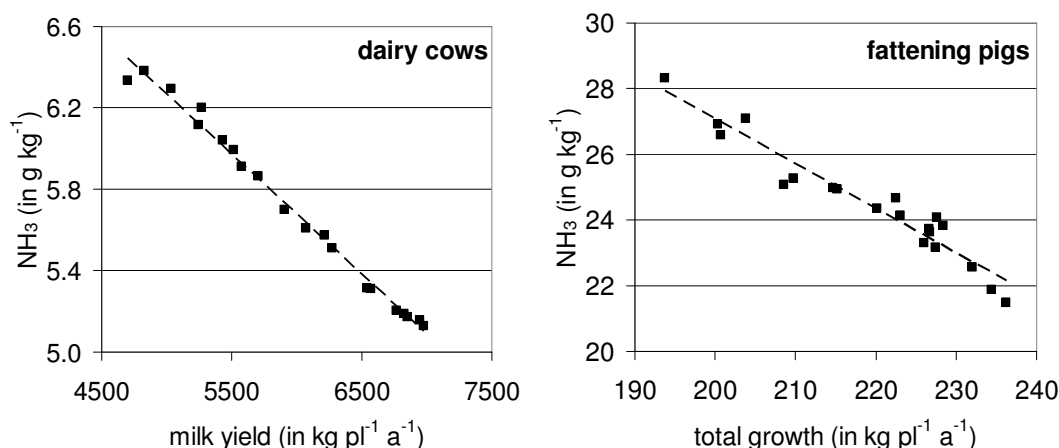


Figure 1.11: Total performance-related  $\text{NH}_3$  emissions from housing, storage and spreading for dairy cows and fattening pigs

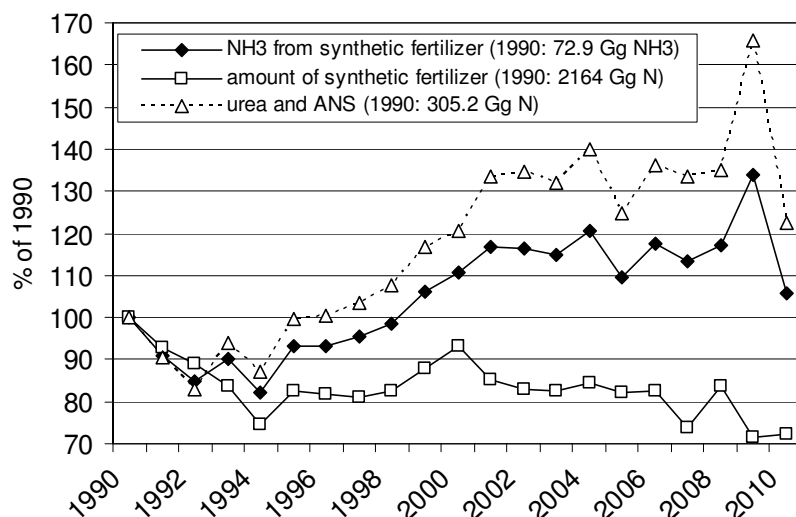


Figure 1.12: Application of mineral fertilizer N (amounts sold), amounts of N in urea and ANS applied, and the  $\text{NH}_3$  emissions from the total application of mineral fertilizers (Submission 2012)

$\text{NH}_3$  emissions from the application of mineral fertilizers are dominated by the application of urea and ANS. Figure 1.12 shows (in percent of 1990) the calculated time series of the  $\text{NH}_3$  emissions from the application of mineral fertilizers, the total amount of mineral fertilizer N applied and the amount of N in urea and ANS applied, which in 1990 represented a share of 14.1 % of the total amount of mineral fertilizer N, increasing to 32.6 % in 2009 and decreasing again to 23.8 % in 2010. It is obvious that in 2009, inspite of a lower total amount of mineral fertilizers than 1990, the  $\text{NH}_3$  emissions from the application of mineral fertilizers exceed that obtained for 1990. For 2010, however,  $\text{NH}_3$  emissions are considerably lower than in 2009, even though the total amount of mineral fertilizers applied did not change remarkably. This result is due to the strong decrease of the application

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung sind maßgeblich durch die Anwendung von Harnstoff und AHL geprägt. Figure 1.12 zeigt (in Prozent von 1990) die berechneten zeitlichen Verläufe der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung, der Mineraldüngeranwendung insgesamt (N-Menge) und des in der Mineraldüngermenge enthaltenen Anteils von Harnstoff-N und AHL-N, der von 14,1 % im Jahr 1990 auf 32,6 % der Mineraldüngerausbringung im Jahr 2009 stieg, um 2010 wieder auf 23,8 % abzufallen. Es zeigt sich deutlich, dass 2009 trotz geringerer Mengen an Mineraldünger als 1990 die  $\text{NH}_3$ -Emission aus der Mineraldüngeranwendung höher als 1990 ist. Für 2010 ergibt sich dagegen trotz einer gegenüber 2009 nahezu gleich bleibenden Gesamtmenge an Mineraldünger eine deutliche Abnahme der  $\text{NH}_3$ -Emission gegenüber 2009, was

of urea and ANS between 2009 and 2010. The obvious interconnection between the amount of urea and ANS applied and the  $\text{NH}_3$  emissions from the total application of mineral fertilizers is caused by the fact that the emission factors of urea and ANS remarkably exceed those of other fertilizers.

mit der überproportionalen Abnahme der Harnstoff- und AHL-Anwendung zusammenhängt. Die deutliche Abhängigkeit der  $\text{NH}_3$ -Emissionen von der Menge an Harnstoff und AHL ist eine unmittelbare Folge der im Vergleich zu den übrigen Düngern erheblich größeren Emissionsfaktoren für Harnstoff und AHL.

### 1.3 Changes with respect to the previous report and improvements planned / Änderungen gegenüber dem vorherigen Bericht und geplante Verbesserungen

#### 1.3.1 Overview / Überblick

An internal review process was initiated during the preparations of the 2012 reporting round. This was supplemented by annotations and proposals made in peer reviews of publications of sub-models used in GAS-EM. Both resulted in revisions of some of the GAS-EM sub-models.

In addition, expert judgement led to a revision of a number of emission factors, in particular of  $\text{NH}_3$  emissions in poultry production and the application of manures from all animal subcategories.

Frequency distributions of housing and storage facilities as well as of manure application techniques were updated as a result of the 2010 agricultural census (LZ2010) and an additional special inquiry on manure spreading (spring 2011). Previous frequency distribution dated back to 1999 (RAUMIS results for 1999). The gap between these data and the new census data was closed by linear interpolation.

Chapter 1.3.2 describes the most important differences between the emissions calculated for the 2011 and 2012 submissions, respectively.

Single alterations with respect to sub-models and input data and their effect on the emissions as compared to the 2011 submission can be found in Chapter 1.3.3.

Changes anticipated for forthcoming submissions are listed in Chapter 1.3.4.

Zur Vorbereitung der Berichterstattung 2012 fand im Rahmen der Qualitätssicherung ein interner Review-Prozess statt. Dieser wurde durch Anmerkungen und Vorschlägen aus Peer-Reviews zu Publikationen über Teilmodelle des Inventarmodells GAS-EM ergänzt. Dies führte teilweise zur Überarbeitung von Teilmodellen.

Darüber hinaus erfolgte aufgrund von Expertenurteilen die Überarbeitung einer Reihe von Emissionsfaktoren, insbesondere bei den  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Geflügelhaltung und aus der Wirtschaftsdüngerausbringung aus der gesamten Tierhaltung.

Die Häufigkeitsverteilungen von Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren wurden anhand der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung im Frühjahr 2011 aktualisiert. Der Zeitraum zwischen den bislang aktuellsten Daten zu diesen Häufigkeitsverteilungen (RAUMIS-Daten von 1999) und den neuen Daten wurde durch lineare Interpolation überbrückt.

Kapitel 1.3.2 beschreibt die wichtigsten Unterschiede zwischen den Emissionsergebnissen der Submissionen 2011 und 2012.

Eine Liste der einzelnen Änderungen an Inventarmodell und Eingangsdaten gegenüber der Submission 2011 findet sich in Kapitel 1.3.3.

Auf die für kommende Submissionen geplanten Verbesserungen geht Kapitel 1.3.4 ein.

#### 1.3.2 Comparison of emission results 2011/2012 / Vergleich von Emissionsergebnissen 2011/2012

Figure 1.13 and Figure 1.14 illustrate the differences between the  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NH}_3$  emission results of the current Submission 2012 (see Chapters 0 und 1.2.2) and the previous submission (Submission 2011, Rösemann et al., 2011).

Figure 1.13 and Figure 1.14 illustrieren die Unterschiede zwischen den  $\text{CH}_4$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ - und  $\text{NH}_3$ -Emissionsergebnissen der vorliegenden Submission 2012 (siehe Kapitel 0 und 1.2.2) und der Vorjahresberichterstattung (Submission 2011, Rösemann et al., 2011).

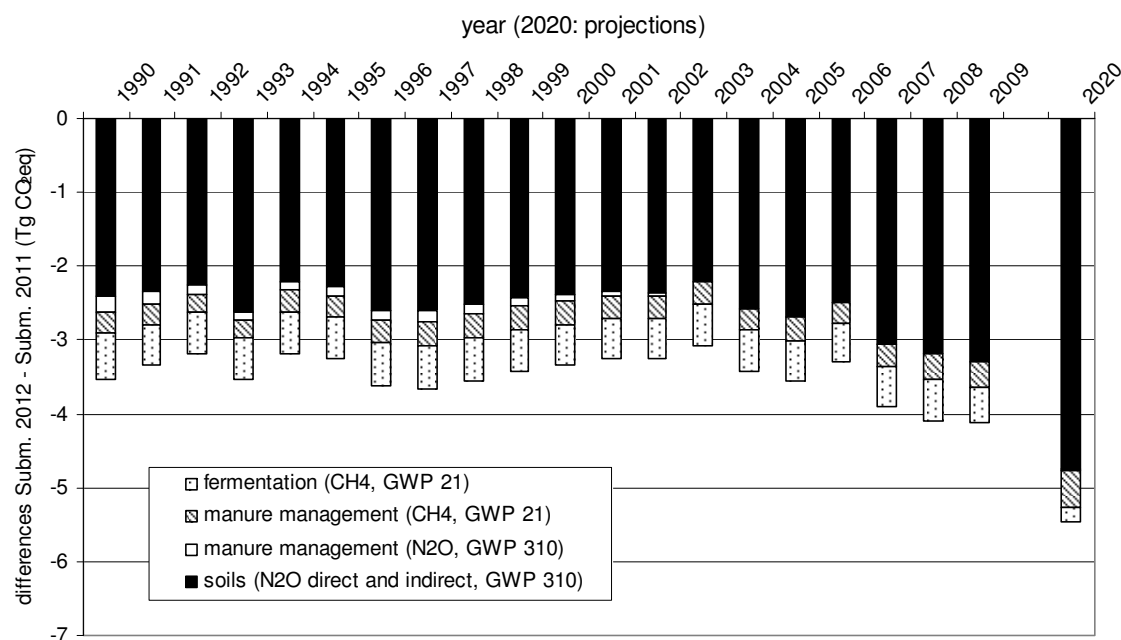


Figure 1.13: Differences of THG emissions between Submission 2012 and Submission 2011

All changes between the submissions 2011 and 2012 resulted in reductions of the amounts of calculated GHG emissions.

For  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation, reductions as compared with the 2011 submission can mainly be attributed to updates of feed properties for cattle.

Calculated  $\text{CH}_4$  emissions from manure management also decreased which is mainly a result of updated frequency distributions of manure management systems.

A decrease in  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management was obtained for the timespan between 1990 and 2003, afterwards a slight increase of 0.07 Tg was calculated that cannot be identified in Figure 1.13. Changes are mainly related to a decrease in modelled N excretion rates for dairy cows and pigs the effect of which is partly eclipsed by the updated frequency distribution for manure management systems.

A complete overview of the changes between submissions 2011 and 2012 is presented in Chapter 1.3.3.

The aforementioned changes in the calculation methods between Submission 2011 and Submission 2012 also apply to the projections 2020. In addition, input data were partly changed and led to differences of the 2020 projections in the 2012 submission as compared to the 2011 submission. For details see Chapter 3.4.

Figure 1.14 displays the differences between the  $\text{NH}_3$  emission results of Submission 2012 and Submission

Alle Veränderungen von der Submission 2011 zur vorliegenden Submission 2012 führten zu Abnahmen bei der berechneten Treibhausgasen.

Die Abnahme der  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung gegenüber der Submission 2011 geht im Wesentlichen auf eine Aktualisierung der Futterkennwerte bei den Rindern zurück.

Im Wirtschaftsdünger-Management ist ebenfalls eine Abnahme der  $\text{CH}_4$ -Emission zu verzeichnen. Dies ist überwiegend auf aktualisierte Verteilungen der Managementsysteme zurückzuführen.

Die Abnahme der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission aus dem Wirtschaftsdünger-Management beschränkt sich auf die Jahre 1990 bis 2003 und schlägt für Jahre danach in eine in Figure 1.13 nicht erkennbare geringe Erhöhung bis 0,07 Tg um. Diese Änderungen sind überwiegend auf modellbedingt verringerte N-Ausscheidungen bei Milchkühen und Schweinen zurückzuführen, deren Effekt durch die Aktualisierung der Verteilungen der Managementsysteme überlagert wird.

Eine vollständige Übersicht über die von Submission 2011 zu Submission 2012 vorgenommenen Änderungen findet sich in Kapitel 1.3.3.

Die vorgenannten Änderungen in den Berechnungen zwischen Submission 2011 und Submission 2012 wirken sich auch bei der Projektion 2020 aus. Zusätzlich flossen in die Berechnung der Projektion 2020 in der Submission 2012 gegenüber der Submission 2011 veränderte Daten ein, siehe Kapitel 3.4.

Figure 1.14 zeigt die Unterschiede zwischen den  $\text{NH}_3$ -Ergebnissen der Submission 2012 und der Submis-



2011 for the various source categories contributing to the total differences between Submission 2012 and Submission 2011. For the total differences see Table 1.2.

sion 2011 für die verschiedenen Quellgruppen auf, die zur Gesamtveränderung von Submission 2011 zu Submission 2012 beitragen. Zur Gesamtveränderung siehe Table 1.2.

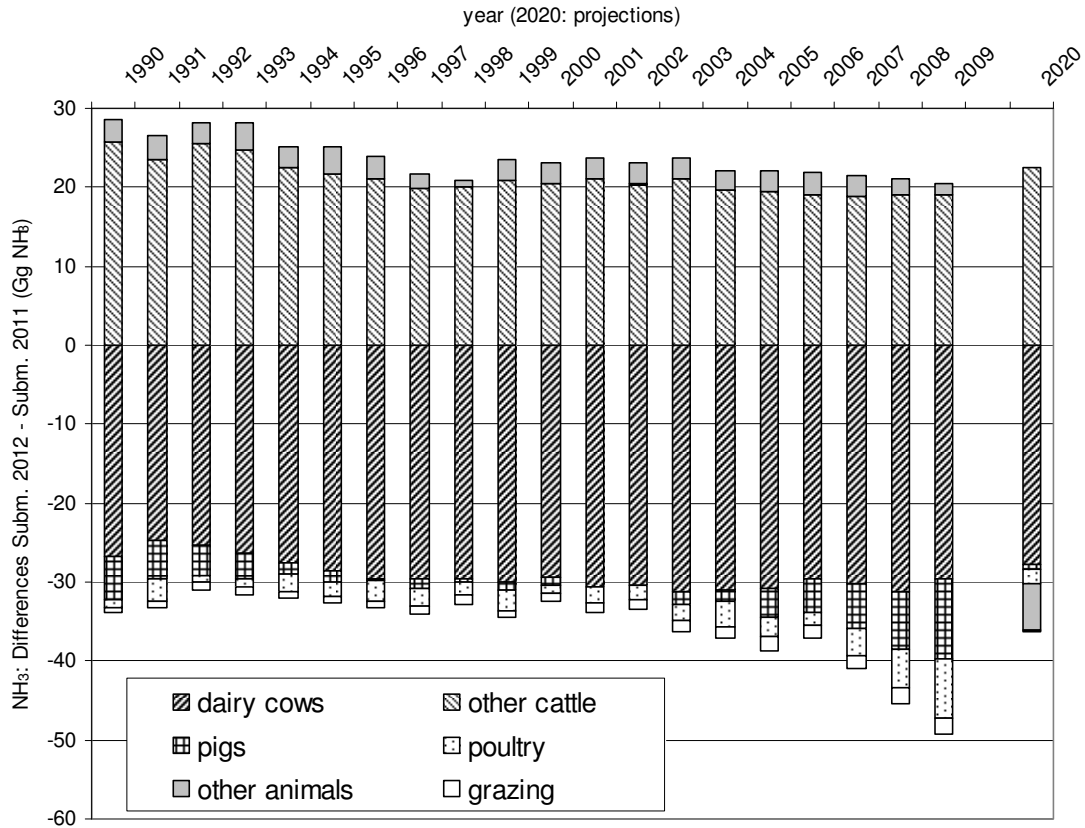


Figure 1.14: Differences of NH<sub>3</sub> emissions between Submission 2012 and Submission 2011

Table 1.2: Total differences of NH<sub>3</sub> emissions (Submission 2012 - Submission 2011)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gg	-5.3	-6.5	-2.8	-3.3	-6.7	-7.6	-9.4	-12.4	-12.0	-11.1
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Gg	-9.3	-10.1	-10.2	-12.5	-15.0	-16.6	-15.2	-19.6	-24.3	-28.9
Gg										<b>2020</b>
										-13.8

The decrease of NH<sub>3</sub> emissions from “dairy cows”, “pigs”, “poultry” and “grazing” in

Figure 1.14 can be attributed to decreased N excretion rates and updated national emission factors (poultry housing). However, the effect of these reductions is partly compensated by increased NH<sub>3</sub> emissions from other cattle and from lambs (part of “other animals”).

New data could be obtained for the frequency of diets with reduced N contents fed in pig production outside Niedersachsen. For the first time this could be dealt with in the inventory and led to reductions in calculated emis-

Die Abnahme der NH<sub>3</sub>-Emission bei „Milchkühen“, „Schweinen“, „Geflügel“ und „Weidegang“ in

Figure 1.14 ist auf eine niedrigere N-Ausscheidung sowie – bei Geflügel – auf aktualisierte nationale Stall-Emissionsfaktoren zurück zu führen. Diese wird teilweise durch Zunahme der N-Ausscheidungen und damit auch der NH<sub>3</sub>-Emissionen bei den übrigen Rindern sowie bei den Lämmern (Teil der „übrigen Tiere“) kompensiert.

Aufgrund neuer Daten konnte das Inventar für die Submission 2012 erstmals die emissionsreduzierende Wirkung der N-angepasste Fütterung von Sauen und Mastschweinen auch außerhalb von Niedersachsen be-

sions.

Furthermore, air scrubbers used in pig production could be considered in the inventory for the first time. Again, this resulted in a reduction of  $\text{NH}_3$  emissions.

As a result of the 2010 official agricultural census (LZ2010) and the inquiry in manure application procedures, the frequency distributions for housing and storage facilities as well as manure application techniques were updated. Information concerning grazing was also updated. The 2010 inquiry concerning manure management revealed reduced times between application and incorporation of manures, resulting in reduced  $\text{NH}_3$  emissions. As the data gap between 2010 (see Chapter 3.3.2.3) and 1999 (RAUMIS) was bridged by linear regression, an emission reduction was also calculated for the years from 2000 onwards. However, the effect was partly compensated by the fact that an increased share of manures was applied to grassland, crops and permanent crops where emission factors are higher than for bare soil with incorporation.

No changes have to be reported for  $\text{NH}_3$  emissions resulting from the application of mineral fertilizers as reported in the 2011 and 2012 submissions.

Changes in the calculations regarding  $\text{NH}_3$  emissions from biological N fixation have to be attributed to the correction of a transcription error. Changes are minimal and cannot be depicted in Figure 1.14.

A complete overview of the changes between submissions 2011 and 2012 is presented in Chapter 1.3.3.

The aforementioned changes in the calculation methods between Submission 2011 and Submission 2012 also applied to the projections 2020. In addition, input data were partly changed and led to differences of the 2020 projections in the 2012 submission as compared to the 2011 submission. For details see Chapter 3.4.

### 1.3.3 *Details of changes with respect to the previous report / Details der Änderungen gegenüber dem vorherigen Bericht*

#### **Structure of the report**

In former reports, the description of frequency distributions of housing types, manure storage and application facilities as well as mean spring and annual temperatures (Chapter 15 in Rösemann et al., 2011) were dealt with in separate chapters. They are now integrated in Chapter 3.

The structuring of Chapter 3 was revised.

The detailed description of procedures used in slurry separation and fermentation was dropped. Due to lack of input parameters (frequency, amounts of slurry treated) the inventory does not consider these techniques.

Chapter 8.1, dealing with fur animals, was dropped due to lack of input data.

NMVOC emissions (see Chapters 3.2.3.4 and 10) are no longer reported in the inventory. The respective sections in the chapters dealing with animals as well as Chapter 10.5 (emissions from plants) were dropped.

rücksichtigen.

Daneben trägt zur Verringerung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen gegenüber dem vorherigen Inventar auch die erstmalige Berücksichtigung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung bei.

Auf Grundlage der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung wurden die Häufigkeitsverteilungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Daten zum Weidegang aktualisiert. Die Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung erbrachte für das Jahr 2010 verkürzte Einarbeitungszeiten und damit auch verringerte  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Infolge des linearen Übergangs zwischen der alten Datenbasis von 1999 (RAUMIS) und den neuen Daten für 2010 (siehe Kapitel 3.3.2.3) wirkt sich diese Emissionsreduktion auch auf die Jahre 2000 bis 2009 aus. Teilkompensierend wirkt die vermehrte Ausbringung auf bestelltes Ackerland, Grünland und Dauerkulturen mit höheren Emissionsfaktoren im Vergleich zur Ausbringung auf unbewachsenes Ackerland mit Einarbeitung.

Die Ergebnisse für  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Ausbringung von Mineraldünger haben sich von Submission 2011 zu Submission 2012 nicht verändert.

Die Veränderungen bei der biologischen N-Fixierung aufgrund der Korrektur eines Übertragungsfehlers bei den Eingabedaten sind so minimal, dass sie in Figure 1.14 nicht dargestellt werden können.

Eine vollständige Übersicht über die von Submission 2011 zu Submission 2012 vorgenommenen Änderungen findet sich in Kapitel 1.3.3.

Die vorgenannten Änderungen in den Berechnungen zwischen Submission 2011 und Submission 2012 wirken sich auch bei der Projektion 2020 aus. Zusätzlich flossen in die Berechnung der Projektion 2020 in der Submission 2012 gegenüber der Submission 2011 veränderte Daten ein, siehe Kapitel 3.4.

#### **Struktur des Berichtes**

Das in bisherigen Berichten separate Kapitel zur Bereitstellung von Häufigkeitsverteilungen von Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie der Frühlings- und Jahresmitteltemperaturen (Kapitel 15 in Rösemann et al., 2011) wurde in Kapitel 3 integriert.

Die Gliederung von Kapitel 3 wurde überarbeitet.

Details zur Verfahrensweise bei Gülletrennung und –vergärung werden nicht mehr beschrieben, da beides im Inventar derzeit mangels Eingangsdaten zur Häufigkeit der Anwendung und der betroffenen Güllemengen nicht berücksichtigt wird.

Das bisherige Kapitel 8.1 über Pelztierhaltung entfällt, da über Pelztierhaltung mangels Eingangsdaten nicht berichtet werden kann.

NMVOC-Emissionen werden ab dieser Submission nicht mehr berichtet (siehe Kapitel 3.2.3.4 und 10). Daher entfallen die entsprechenden Unterkapitel in den Tierkapiteln sowie das bisherige Kapitel 10.5 über

Emissions of carbon species originating from the application of pesticides (NMVOC) and of CO<sub>2</sub> from the application of lime are no longer reported (Chapter 12 in the previous report (Rösemann et al., 2011)).

The application of pesticides covered by the POP protocols has been banned for a long time. CO<sub>2</sub> emissions from the application of limestone are not reported as originating from agricultural soils (CRF sector 4.D), but under "Landuse, Landuse change and Forestry" (LULUCF, CRF sector 5).

All statements referring to changes in reporting relate to numbering of chapters in the report at hand.

#### **Chapter 3.2.3.2 Carbon excretions**

The description of the calculation of VS excretion rates was supplemented by the approach given in Dämmgen et al. (2011a), which goes beyond the IPCC methodology. In the present inventory, the updated approach is applied to those animal subcategories for which sufficient data are available. For the description of the resulting consequences for CH<sub>4</sub>-emissions from manure management see descriptions of changes in the chapter of the accordant animal categories.

#### **Chapter 3.2.4.4 Bedded systems**

In the September 2010 in-country-review, members of the ERT recommended to revise the N contents of straw used as bedding material. Hence, the N content was slightly increased to the level of N contents that is used to describe emissions from crop residues. This change results in increased availability of N in the mass flow within manure management and provides the basis for increased emissions of N species.

The hitherto falsly used emission factor for CH<sub>4</sub> from deep litter systems of 0.02 kg kg<sup>-1</sup> was replaced by the correct factor (0.17 kg kg<sup>-1</sup>). As a result, increased emissions for deep litter systems are obtained.

The inquiry in details of manure application procedures performed in spring 2011 yielded new frequency distributions for application techniques and the time spans between application and incorporation of leachate. The assumptions made in previous submissions were replaced where leachate was spread equally to grass land (without incorporation) and to arable land.

#### **Chapter 3.3 Gap filling procedures within GAS-EM**

In earlier submissions, data gaps in timeseries of animal numbers were closed by retaining the latest reported value. From now on, data gaps are closed by linear interpolation.

#### **Chapter 4.2 Data for all cattle**

The list of emission factors for NH<sub>3</sub> from manure application was completed. Changes had become necessary in particular for the treatment of leachate, as the results of the 2010 agricultural census (LZ2010) allowed for

NMVOC-Emissionen aus Pflanzenbeständen.

Das Kapitel 12 aus Rösemann et al. (2011), das sich mit Emissionen von Kohlenstoff aus Pestiziden (NMVOC) und CO<sub>2</sub> aus Düngekalkung befasste, entfällt ab dem vorliegenden Bericht.

Die Anwendung der POP-Protokoll-relevanten Pestizide ist in Deutschland seit langem gesetzlich verboten. CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Düngekalk-Anwendung bei landwirtschaftlichen Böden werden nicht im Bereich landwirtschaftlicher Böden (CRF-Sektor 4.D), sondern im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF, CRF-Sektor 5) berichtet.

Alle nachfolgenden Angaben zu Änderungen in einzelnen Berichtskapiteln beziehen sich auf die Kapitel-Nummerierung im vorliegenden Bericht.

#### **Kapitel 3.2.3.2 Kohlenstoff-Ausscheidungen**

Die Beschreibung der VS-Ausscheidungsberechnung wurde um den gegenüber IPCC aktualisierten Ansatz nach Dämmgen et al. (2011a) ergänzt. Dieser Ansatz wird im Inventar der aktuellen Submission bei allen Tieren zugrunde gelegt, bei denen die dafür benötigten Daten verfügbar sind. Zu den Auswirkungen dieser Änderungen auf die CH<sub>4</sub>-Emission aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe weiter unten bei den Änderungen in den entsprechenden Tierkapiteln.

#### **Kapitel 3.2.4.4 Eingestreute Systeme**

Auf Anregung der Gutachter beim In-Country-Review im September 2010 wurde der N-Gehalt des für die Einstreu eingesetzten Stroh angehoben und damit an den N-Gehalt angeglichen, der im Rahmen der Berechnung von Emissionen aus Ernterückständen verwendet wird. Diese Änderung führt zu einer vermehrten Verfügbarkeit von N im Wirtschaftsdünger-Management und damit tendenziell zu einem Anstieg der Emissionen von N-Spezies.

Der bislang für Tiefstreu fälschlich verwendete Methan-Umwandlungsfaktor (0,02 kg kg<sup>-1</sup>) wurde durch den korrekten Wert 0,17 kg kg<sup>-1</sup> ersetzt, womit die Methan-Emissionen aus Tiefstreusystemen entsprechend ansteigen.

Die Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung im Frühjahr 2011 erbrachte Daten zur Verteilung der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten für Jauche. Sie ersetzen die Annahme aus früheren Submissionen, nach der Jauche zu jeweils 50 % auf Ackerland (ohne Einarbeitung) und auf Grünland breit verteilt wurde.

#### **Kapitel 3.3 Datenlückenschließung in GAS-EM**

Datenlücken in den Zeitreihen der Tierzahlen wurden entgegen der früheren Vorgehensweise nicht mehr durch Beibehaltung des letzten bekannten Wertes, sondern durch Interpolation geschlossen.

#### **Kapitel 4.2 Daten für alle Rinder**

Die Liste der Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub> aus der Ausbringung wurde vervollständigt. Dies wurde insbesondere für die Ausbringung von Jauche erforderlich, da die Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ

leachate application a more detailed treatment than the RAUMIS frequency distributions hitherto available.

#### **Chapter 4.3 Dairy cows**

As a result of the 2010 official agricultural census (LZ2010) and the inquiry in manure application procedures, the frequency distributions for housing and storage facilities as well as manure application techniques were updated. Information concerning grazing was also updated.

A comparison with emission inventories of neighbouring European countries revealed that the N excretion rates of dairy cows as hitherto modelled were too high. The investigation into the N balance revealed overestimations of energy requirements and of the protein to energy ratio. This resulted in an overestimation of the overall N intake.

The recalculation of energy requirements during lactation and of diet properties using nationally accepted standard values in DLG (2005) resulted in a significantly reduced N excretion rate (13 % for conditions as in 2009). This is in line with the neighbouring European countries. As a result of this recalculation, lower TAN contents of the excreta were obtained, and subsequently also reductions of NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from manure management of dairy cows.

In addition reduced GE intake rates were calculated along with reduced CH<sub>4</sub> emission rates from enteric fermentation per animal place and year. Also a reduction in digestibility was obtained.

The distribution of N excreted between slurry and straw based systems and during grazing changed slightly; here, the distribution of N excretions as affected by grazing was dealt with similar to the calculation of feed properties.

The duration of grazing time influences N and C excretion rates as well as feed intake. The respective sub-modules were changed in a way that variable grazing times can be accounted for. As a result, increased amounts of N are excreted during grazing, while N excretion rates in the house decreased.

The assessment of VS excretions rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). In combination with other model modifications, decreased CH<sub>4</sub> emission rates per animal place from manure management were obtained.

#### **Chapter 4.4 Calves**

In the 2012 submission, calves are assumed to have been kept equally on unslatted concrete floors with bedding material and in deep litter systems for the period from 1990 to 2002. Tied systems have not been allowed in calf production since 2003. All calves are now assumed to be kept in deep litter systems.

2010) im Gegensatz zu den früheren RAUMIS-Daten eine differenziertere Behandlung der Jauche-Ausbringung zulassen.

#### **Kapitel 4.3 Milchkühe**

Auf Grundlage der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung wurden die Häufigkeitsverteilungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Daten zum Weidegang aktualisiert.

Der Vergleich mit europäischen Nachbarländern erbrachte, dass die mit dem bisherigen deutschen Milchkuhmodell berechnete N-Ausscheidung zu hoch war. Aus der Überprüfung der tierischen Stickstoffbilanz ging hervor, dass aufgrund der Berechnung eines zu hohen Energiebedarfs und einer Überschätzung des Verhältnisses von Rohproteingehalt zu Energiegehalt im Futter eine zu hohe N-Aufnahme berechnet wurde.

Die Anpassung des Energiebedarfs für die Laktation und der Energie-Kennwerte des Futters an national akzeptierte Vorgaben in DLG (2005) führte für das Vergleichsjahr 2009 zu einer Senkung der auf den pro Tierplatz bezogenen N-Ausscheidung um knapp 13 % auf ein mit den europäischen Nachbarländern vergleichbares Niveau. Als Konsequenz der vorgenannten Anpassungen ergibt sich eine Abnahme des TAN-Gehaltes sowie eine Senkung von NH<sub>3</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement von Milchkühen.

Weitere Folgen der vorgenannten Modelländerungen sind eine Verringerung der Gesamtenergie-Aufnahme GE und damit auch der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung (pro Tierplatz und Jahr) sowie eine Abnahme der Verdaulichkeit.

Die Verteilung der N-Ausscheidungen auf güllebasierte und strohbasierte Systeme sowie auf den Weidegang hat sich leicht geändert, da die Berücksichtigung des Weidegangs bei der Verteilung der N-Ausscheidungen an die Vorgehensweise bei der Fütterung angeglichen wurde.

Die Berücksichtigung der Weidedauer wurde im Teilmodul „N-Ausscheidung“ an die Vorgehensweise bei den Teilmodulen „Fütterung“ und „C-Ausscheidung“ angepasst. Dies führt dazu, dass mehr N auf der Weide ausgeschieden wurde, während die N-Ausscheidungen bei der Stallhaltung etwas zurückging.

Die Berechnung der VS-Ausscheidung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. Dies führt im Zusammenhang mit allen anderen die Futteraufnahme betreffenden Änderungen zu einer Abnahme der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management pro Tierplatz und Jahr.

#### **Kapitel 4.4 Kälber**

Für die Kälberhaltung wird für die Submission 2012 davon ausgegangen, dass Kälber bis 2002 zu 50 % in Anbindehaltung auf planbefestigtem Boden mit Einstreu und 50 % auf Tiefstreu gehalten wurden und seit 2003 wegen des Verbots der Anbindehaltung zu 100 % auf Tiefstreu stehen.

#### Chapter 4.5 Heifers

As a result of the 2010 official agricultural census (LZ2010) and the inquiry in manure application procedures, the frequency distributions for housing and storage facilities as well as manure application techniques were updated. Information concerning grazing was also updated.

Expert judgement elaborated within KTBL led to a revision of RAUMIS data concerning the use of bedding material. All straw based systems are now considered to consist of unslatted concrete floors covered with a layer of bedding material. The use of deep litter systems is no longer taken into account. As a result, emissions of CH<sub>4</sub> and the N species from manure management are likely to decrease.

The assessment of VS excretions rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). In combination with other model modifications and updated input parameters, increased CH<sub>4</sub> emission rates per animal place from the manure management were obtained.

The examination of the animals' N balance yielded that the approach used hitherto did not allow the protein requirements to be met. Hence, a re-calculation of both the energy requirements and of the feed protein contents had to be made. This resulted in increased N excretion rates per animal place, and subsequently in considerably increased emissions rates of all N species. The increase is boosted by the fact that the TAN contents of excreta had to be updated. As a result, NH<sub>3</sub> emissions in particular increase.

N<sub>2</sub>O emissions per animal place also increase significantly.

The revision of the model also results in reduced gross energy intake rates and hence reduced CH<sub>4</sub> emissions per animal place from enteric fermentation.

#### Chapter 4.6 Bulls (mature males)

As a result of the 2010 official agricultural census (LZ2010) and the inquiry in manure application procedures, the frequency distributions for housing and storage facilities as well as manure application techniques were updated. For the first time, information concerning grazing was considered.

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). In combination with other model alterations and updated input data this results in increased CH<sub>4</sub> emissions per place and year from manure management systems.

The examination of the animals' N balance yielded that the approach used hitherto did not allow the protein requirements to be met. Hence, a re-calculation of both the energy requirements and of the feed protein contents had to be made. This resulted in increased N excretion rates per animal place, and subsequently in considerably increased emissions rates of all N species. The increase is boosted by the fact that the TAN contents of excreta had to be updated. As a result, NH<sub>3</sub> emissions per animal place in particular increase, but also N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emis-

#### Kapitel 4.5 Färsen

Auf Grundlage der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung wurden die Häufigkeitsverteilungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Daten zum Weidegang aktualisiert.

Nach einem Expertenurteil von KTBL wurden die bisherigen RAUMIS-Daten, die eine überwiegende Haltung auf Tiefstreu anzeigten, neu interpretiert: Die Haltung auf Tiefstreu entfällt; alle strohbasierten Systeme werden als planbefestigter Boden mit Einstreu geführt. Dies führt tendenziell zu einer Abnahme der auf den Tierplatz bezogenen Emissionen von CH<sub>4</sub> und der N-Spezies aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Die Berechnung der VS-Ausscheidung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. Dies führt im Zusammenhang mit allen anderen Modell- und Eingabedaten-Änderungen zu einer Zunahme der tierplatzbezogenen CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Die Überprüfung der tierischen N-Bilanz erbrachte, dass mit dem bisherigen Modellansatz der Bedarf an Rohprotein nicht gedeckt werden kann. Es erfolgte eine Überarbeitung der Energiebedarfsberechnung und der Futterkennwerte. Damit verbunden ist ein Anstieg der tierplatzbezogenen N-Ausscheidungen und damit auch der Emissionen von N-Spezies. Letzterer fällt, da sich auch der TAN-Gehalt der Ausscheidungen gegenüber der früheren Modellversion erhöht hat, für NH<sub>3</sub> relativ hoch aus.

Die Gesamtemission von N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management steigt pro Tierplatz merklich an.

Die Modellüberarbeitung führt zu einer Abnahme der Bruttoenergieaufnahme und damit auch der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung pro Tierplatz und Jahr.

#### Kapitel 4.6 Mastbullen

Auf Grundlage der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung wurden die Häufigkeitsverteilungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Daten zum Weidegang aktualisiert. Weidehaltung wird erstmalig im Inventar berücksichtigt.

Die Berechnung der VS-Ausscheidung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. Dies führt im Zusammenhang mit allen anderen Modell- und Eingabedaten-Änderungen tendenziell zu einer Zunahme der tierplatzbezogenen CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Die Überprüfung der tierischen N-Bilanz erbrachte, dass mit dem bisherigen Modellansatz der Bedarf an Rohprotein nicht gedeckt werden kann. Es erfolgte eine Überarbeitung der Energiebedarfsberechnung und der Futterkennwerte. Als Folge davon ist ein merklicher Anstieg der tierplatzbezogenen N-Ausscheidungen zu verzeichnen. Dieser führt zu einem erheblichen Anstieg von Emissionen aller N-Spezies. Dieser Anstieg fällt, da sich auch der TAN-Gehalt der Ausscheidungen gegenüber der früheren Modellversion erhöht hat, insbesondere

sions per place and year from manure management. CH<sub>4</sub> emissions per animal place from enteric fermentation, however, slightly decrease.

The results of the 2010 agricultural census (LZ2010) allowed for a more detailed treatment of grazing and its effects on excreta. Consideration of the specific properties of pasture grass has an effect on emissions of all N species and of CH<sub>4</sub>.

In addition, CH<sub>4</sub> emissions from manure management are affected by the modified calculation procedures for VS excretion rates (see above).

#### **Chapter 4.7 Suckler cows**

As a result of the 2010 official agricultural census (LZ2010) and the inquiry in manure application procedures, the frequency distributions for housing and storage facilities as well as manure application techniques were updated. Information concerning grazing was also updated.

Based on an expert judgement by KTBL, the frequency of deep litter systems was increased for the period between 1990 and 2009. This confirms an assumption of the experts of the September 2010 in-country-review. This modification results in increased emissions per animal place of CH<sub>4</sub> and N species from manure management.

The relative share of metabolic energy (ME) taken in during grazing as compared to the overall ME intake with roughage is calculated as a function of the duration of grazing. Former submissions made a general assumption that this share was constant and 50 %. If the new calculations lead to a share of less than 50 %, the gross energy input decreases as compared to the hitherto used data; subsequently the CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation - and *vice versa*.

The assessment of VS excretions rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). The decreased VS excretion rates obtained are more than counterbalanced by the changes in the frequency distributions in housing and storage facilities. On overall increase in CH<sub>4</sub> emission rates from manure management results (comparison with 2009).

#### **Chapter 4.8 Bulls (mature males)**

As a result of the 2010 official agricultural census (LZ2010) and the inquiry in manure application procedures, the frequency distributions for housing and storage facilities as well as manure application techniques were updated. For the first time, information concerning grazing was considered.

The amount of daily requirements of metabolizable energy was updated according to recent literature (new value 110 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> instead of 100 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). This leads to an increase of CH<sub>4</sub> emissions per animal place from enteric fermentation and storage by 10 %. (N emissions remain unchanged as they are prescribed by an

für NH<sub>3</sub> besonders hoch aus. Die Gesamtemissionen pro Tierplatz von N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management steigen infolge dieser Änderung ebenfalls, während die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung etwas sinken.

Zur Berücksichtigung der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) wurde die Möglichkeit zur Berechnung der Auswirkungen von Weidegang geschaffen. Dies wirkt sich wegen der Futtereigenschaften von Weidegras auf alle N-Spezies- und CH<sub>4</sub>-Emissionen aus.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden überdies durch die Modifikation der Berechnung der VS-Ausscheidungen beeinflusst (s. o.)

#### **Kapitel 4.7 Mutterkühe**

Auf Grundlage der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung wurden die Häufigkeitsverteilungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Daten zum Weidegang aktualisiert.

Für die Jahre 1990 bis 2009 wird aufgrund eines KTBL-Expertenurteils eine größere Häufigkeit für die Haltung auf Tiefstreu zugrunde gelegt. Dies entspricht der Einschätzung der Gutachter des In-Country-Reviews im September 2010. Diese Modifikation führt tendenziell zu einer Erhöhung der tierplatzbezogenen Emissionen von CH<sub>4</sub> und der N-Spezies aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der relative Anteil der mit dem Weidegras aufgenommenen metabolisierbaren Energie (ME) an der Gesamt-ME-Aufnahme mit dem Raufutter wird nun in Abhängigkeit von der Weidedauer berechnet, womit die frühere konstante Schätzung von 50 % aufgegeben wird. In Fällen, in denen die Berechnung mehr (weniger) als 50 % ergibt, fällt (steigt) die Bruttoenergie-Aufnahme pro Tierplatz und Jahr und damit die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung im Vergleich zur früheren Modellversion tendenziell ab (an).

Die Berechnung der VS-Ausscheidung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. Dies führt zu einer Verringerung der VS-Ausscheidung, die allerdings durch die Änderungen bei der Häufigkeitsverteilung der Haltungs- und Lagerverfahren überkompensiert wird, so dass sich insgesamt ein Anstieg der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management ergibt (Vergleichsjahr 2009).

#### **Kapitel 4.8 Zuchtbullen**

Auf Grundlage der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung wurden die Häufigkeitsverteilungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Daten zum Weidegang aktualisiert. Weidehaltung wird erstmalig im Inventar berücksichtigt.

Der tägliche Bedarf an umsetzbarer Energie wurde nach aktueller Literatur angepasst (jetzt 110 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> statt früher 100 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>). Damit verbunden sind entsprechend höhere Emissionen von CH<sub>4</sub> pro Tierplatz aus Verdauung und Lager. (Die N-Emissionen bleiben unverändert, da die N-Ausscheidung als unveränderter

unchanged default value.)

According to IPCC, VS excretion rates are proportional to the energy intake rates; hence, increased energy intake rates will result in increased VS excretion rates. However, due to changes in the frequency distributions for housing and storage facilities, this increase is more than compensated. The overall result is a reduction of CH<sub>4</sub> emissions per animal place from manure management.

#### *Chapter 4.9 Aggregation for other cattle*

The reduction of the digestibility of energy in feeds (as compared to the 2011 submission) is a consequence of an update of feed properties (using information provided in DLG, 2005)

#### *Chapter 5.2 Data for all pigs*

The list of emission factors for NH<sub>3</sub> during and after application was completed. This was in particular important for leachate, as the results of the 2010 agricultural census (LZ2010) allow for a more sophisticated treatment of leachate application than the frequency distributions provided by RAUMIS in previous submissions.

#### *Chapter 5.3 Sows and suckling-pigs*

As a result of the 2010 official agricultural census (LZ2010) and the inquiry in manure application procedures, the frequency distributions for housing and storage facilities as well as manure application techniques were updated.

The animal numbers provided by the official statistics do not meet the requirements of the inventory. Thus, a recalculation of the animal numbers used in the inventory was carried out based on the work of Haenel et al. (2011b). The number of suckling-pigs now exceeds that of earlier calculations.

In German emission reporting, suckling-pigs are sows are regarded as a unit. They do not form a separate subcategory. Thus their emissions are not reported separately. The new and modified assessment of animal numbers led to an increased number of suckling-pigs. Hence, the numbers of pigs dealt with as emitters decreased in comparison with the 2011 submission.

Based on the publications concerning the energy requirements of pigs (Haenel 2011a) recommended that the mean live weight of sows be 220 kg an<sup>-1</sup> rather than 200 kg an<sup>-1</sup> (as in earlier submissions), and that the final weight of suckling-pigs be reduced from 8.5 to 8.0 kg an<sup>-1</sup>. At the same time, the duration of the lactation period was increased from 25 to 28 d per production cycle. These changes result in increased energy requirements, feed intake and gross energy intake and subsequently increased VS excretion rates and increased CH<sub>4</sub> emissions per animal place from manure management.

The animals' N balance now takes net weight gains of the sows (N retention). The N retention of suckling-pigs was updated. These changes can partly compensate the higher N excretion rates due to increased weights. As a consequence, increased emission rates for N species per

Defaultwert vorgegeben ist.)

Die Berechnung der VS-Ausscheidung erfolgt weiterhin nach dem IPCC-Schema proportional zur Energieaufnahme, so dass deren Erhöhung zu einer entsprechenden Erhöhung der VS-Ausscheidung führt. Diese wird durch die Änderungen bei der Häufigkeitsverteilung der Haltungs- und Lagerverfahren überkompensiert, so dass die CH<sub>4</sub>-Emissionen pro Tierplatz aus dem Wirtschaftsdünger-Management insgesamt abnehmen.

#### *Kapitel 4.9 Zusammenfassung für übrige Rinder*

Die Abnahme der Verdaulichkeit der Futterenergie gegenüber der Submission 2011 geht auf die Aktualisierung der Futterkennwerte in Anlehnung an DLG (2005) zurück.

#### *Kapitel 5.2 Daten für alle Schweine*

Die Liste der Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub> aus der Ausbringung wurde vervollständigt. Dies wurde insbesondere für die Ausbringung von Jauche erforderlich, da die Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ2010) im Gegensatz zu den aus früheren RAUMIS-Häufigkeitsverteilungen verfügbaren Daten eine differenziertere Behandlung der Jauche-Ausbringung zulassen.

#### *Kapitel 5.3 Sauen und Saugferkel*

Auf Grundlage der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung wurden die Häufigkeitsverteilungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren aktualisiert.

In Folge der Publikation von Haenel et al. (2011b) erfolgte eine Überarbeitung der Berechnung der für das Inventar benötigten mittleren Population der Saugferkel. Es ergibt sich dadurch eine größere Saugferkelpopulation.

Da die Saugferkel im Hinblick auf die Emissionserzeugung bei den Sauen mitgerechnet werden und keine eigene Tierkategorie bilden, liefern sie keinen Beitrag zu der dem Inventar zugrunde liegenden Schweinegesamzahl. Dadurch, dass die Saugferkelpopulation durch die modifizierte Modellierung größer geworden ist, hat die Gesamtzahl der dem Inventar zugrunde gelegten Schweine gegenüber der Submission 2011 abgenommen.

In Folge der Publikation von Haenel et al. (2011a) wurden das mittlere Sauengewicht von 200 auf 220 kg an<sup>-1</sup> angehoben, das Absetzgewicht der Saugferkel von 8,5 auf 8,0 kg an<sup>-1</sup> gesenkt, die Laktationsdauer von 25 auf 28 Tage angehoben, sowie die täglichen Energiebedarfwerte für alle Fütterungsphasen aktualisiert. Diese Änderungen erhöhen Energiebedarf, Futteraufnahme und Bruttoenergieaufnahme sowie die VS-Ausscheidung pro Tierplatz mit der Folge, dass die entsprechenden CH<sub>4</sub>-Emissionen ebenfalls ansteigen.

In der tierischen N-Bilanz wird nun die Netto-Gewichtszunahme der Sau berücksichtigt (N-Retention). Die N-Retention durch die Ferkel wurde aktualisiert. Beide Änderungen können nur einen Teil des Anstiegs der gewichtsbedingt höheren N-Ausscheidungen kompensieren. Als Folge entstehen höhere Emissionen der N-

animal place are calculated.

Typical feeds for lactating sows have higher digestibilities for energy. The extended lactation phase thus results in higher mean digestibilities for energy of the diets.

Based on information provided by StatBA, the 2012 submission can consider N reduced feeding in federal states other than Niedersachsen (where this has been taken into account in previous submissions already). Thus, the resulting mean N excretion of sows decreased, and subsequently the emission rates of N species.

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). Inter alia, the increased ash contents of feeds as compared to the IPCC methodology result in reduced CH<sub>4</sub> emissions from manure management systems.

For the first time, the effect of air scrubbers on NH<sub>3</sub> and particle (PM) emissions was taken into account.

#### **Chapter 5.4 Weaners**

As a result of the 2010 official agricultural census (LZ2010) and the inquiry in manure application procedures, the frequency distributions for housing and storage facilities as well as manure application techniques were updated.

The animal numbers provided by the official statistics do not meet the requirements of the inventory. Thus, a recalculation of the animal numbers used in the inventory was carried out based on the work of Haenel et al. (2011b). The number of weaners falls below that of earlier calculations.

The initial weight of weaners equals the final weight of suckling-pigs. The latter was changed from 8.5 kg an<sup>-1</sup> to 8.0 kg an<sup>-1</sup>, as suggested by experts. This reduces the calculated mean animal weight for pigs. It also results in a slight increase of the annual gross energy intake per animal place. Increased weight gains result in increased N retention which exceeds the increased N intake rate slightly. The overall result is a slight reduction of the annual N excretion rates per animal place.

The lower initial weight leads to an extension of the first two fattening phases where feed with a comparative digestibility for energy is fed. This leads to an increased mean digestibility for energy.

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). Inter alia, the increased ash contents of feeds as compared to the IPCC methodology result in reduced CH<sub>4</sub> emissions per animal place from manure management systems.

For the first time, the effect of air scrubbers on NH<sub>3</sub> and particle (PM) emissions was taken into account.

Spezies pro Tierplatz.

Infolge der Verlängerung der Laktationsphase, in der Futter mit einer höheren Energieverdaulichkeit verfüttert wird, steigt die über alle Fütterungsphasen gemittelte Energieverdaulichkeit geringfügig an.

Aufgrund der Bereitstellung entsprechender Daten durch das StatBA im August 2011 berücksichtigt das Inventar ab der Submission 2012 die N-reduzierte Fütterung bei Sauen nicht mehr nur in Niedersachsen, sondern bundesweit. Dies führt zu einer Abnahme der über alle Sauen gemittelten N-Ausscheidung und damit auch der Emissionen von N-Spezies.

Die VS-Berechnung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. U.a. aufgrund des im Vergleich zum IPCC-Defaultwert höheren Aschegehaltes (des Futters) wirkt sich die Änderung mindernd auf die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus.

Die NH<sub>3</sub>-mindernde Wirkung von Abluftreinigungsanlagen wird erstmalig berücksichtigt. Gleiches gilt für die Reinigung der Stallabluft von Staub (PM).

#### **Kapitel 5.4 Aufzuchtferkel**

Auf Grundlage der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung wurden die Häufigkeitsverteilungen der Haltungs-, Lager, und Ausbringungsverfahren aktualisiert.

In Folge der Publikation von Haenel et al. (2011b) erfolgte eine Überarbeitung der Berechnung der für das Inventar benötigten Tierzahlen aus den offiziellen Tierzahlen. Es ergeben sich dadurch niedrigere Aufzuchtferkelzahlen.

Das Anfangsgewicht, das dem Absetzgewicht der Saugferkel entspricht, wurde auf Anraten von Experten von 8,5 auf 8,0 kg an<sup>-1</sup> gesenkt. Diese Änderung führt zu einer geringfügigen Abnahme des mittleren Tiergewichtes sowie einem leichten Anstieg von jährlicher Bruttoenergieaufnahme pro Tierplatz. Die Folge des vergrößerten Zuwachses führt zu einem Anstieg der N-Retention, die in der tierischen N-Bilanz die angestiegene N-Aufnahme leicht überkompensiert. Als Folge ist eine leichte Abnahme der N-Ausscheidung pro Tierplatz und Jahr zu verzeichnen.

Infolge des niedrigeren Anfangsgewichtes ergibt sich eine Verlängerung der ersten der beiden Aufzuchtphasen, in der Futter mit einer höheren Energieverdaulichkeit verfüttert wird: Daher steigt der Mittelwert der Energieverdaulichkeit geringfügig an.

Die VS-Berechnung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. U.a. aufgrund des im Vergleich zum IPCC-Defaultwert höheren Aschegehaltes (des Futters) wirkt sich die Änderung mindernd auf die CH<sub>4</sub>-Emissionen pro Tierplatz aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus.

Die NH<sub>3</sub>-mindernde Wirkung von Abluftreinigungsanlagen wird erstmalig berücksichtigt. Gleiches gilt für die Reinigung der Stallabluft von Staub (PM).



**Chapter 5.5 Fattening pigs**

As a result of the 2010 official agricultural census (LZ2010) and the inquiry in manure application procedures, the frequency distributions for housing and storage facilities as well as manure application techniques were updated.

The animal numbers provided by the official statistics do not meet the requirements of the inventory. Thus, a recalculation of the animal numbers used in the inventory was carried out based on the work of Haenel et al. (2011b). The number of fattening pigs now exceeds that of earlier calculations.

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). Inter alia, the increased ash contents of feeds as compared to the IPCC methodology result in reduced CH<sub>4</sub> emissions per animal place from manure management systems.

Until now the number of animal rounds per year was deduced from initial and final weights, the mean daily weight gain and times for cleansing and service between the rounds, as no information on animal rounds was available directly. An inquiry in the federal states' pig feeding experts in 2010 yielded actual numbers of animal rounds. They are lower than the estimated ones used before. As a result, overall emissions per animal place and year are lower than those calculated with earlier model versions.

Based on information provided by StatBA, the 2012 submission can consider N reduced feeding in federal states other than Niedersachsen (where this has been taken into account in previous submissions already). Thus, the resulting mean N excretion of fattening pigs decreased, and subsequently the emission rates of N species.

For the first time, the effect of air scrubbers on NH<sub>3</sub> and particle (PM) emissions was taken into account.

**Chapter 5.6 Breeding boars**

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). Inter alia, the increased ash contents of feeds as compared to the IPCC methodology result in reduced CH<sub>4</sub> emissions per animal place from manure management systems.

Expert judgement suggested to use mean animal weights of 200 kg an<sup>-1</sup> rather than 180 kg an<sup>-1</sup>. This change has an influence on the calculated mean weights of pigs. It has no effect on emission calculations as the simple methodology used for the assessment of energy requirements does not reflect animal weights.

**Chapter 5.7 Pigs – collective description**

Increased animal weights for sows and boars are used for the 2012 and subsequent submissions. Suckling-pigs are included in the calculation of mean weights. This results in increased mean weights for pigs in the collective description.

**Kapitel 5.5 Mastschweine**

Auf Grundlage der Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) und der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung wurden die Häufigkeitsverteilungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren aktualisiert.

In Folge der Publikation von Haenel et al. (2011b) erfolgte eine Überarbeitung der Berechnung der für das Inventar benötigten Tierzahlen aus den offiziellen Tierzahlen. Es ergeben sich dadurch höhere Mastschweinezahlen.

Die VS-Berechnung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. U.a. aufgrund des im Vergleich zum IPCC-Defaultwert höheren Aschegehaltes (des Futters) wirkt sich die Änderung mindernd auf die auf den Tierplatz bezogenen CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus.

Bisher wurde die jährliche Anzahl an Mastdurchgängen aus Anfangsgewicht, Mastendgewicht, mittlerer täglicher Zunahme und angenommener Stallreinigungsdauer zwischen aufeinanderfolgenden Durchgängen berechnet, da keine Daten zur Durchgangszahl vorlagen. Nach einer im Jahr 2010 vorgenommenen Umfrage in den Bundesländern liegen die tatsächlichen Durchgangszahlen vor. Sie sind niedriger als die früher berechneten Werte. Daraus ergibt sich im Vergleich zur früheren Modellversion eine Verringerung der Gesamtemissionen pro Tierplatz und Jahr.

Aufgrund der Bereitstellung entsprechender Daten durch das StatBA im August 2011 berücksichtigt das Inventar ab der Submission 2012 die N-reduzierte Fütterung bei Mastschweinen nicht mehr nur in Niedersachsen, sondern bundesweit. Dies führt zu einer Abnahme der über alle Mastschweine gemittelten N-Ausscheidung und damit auch der Emissionen von N-Spezies.

Die NH<sub>3</sub>-mindernde Wirkung von Abluftreinigungsanlagen wird erstmals berücksichtigt. Gleiches gilt für die Reinigung der Stallabluft von Staub (PM).

**Kapitel 5.6 Zuchteber**

Die VS-Berechnung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. U.a. aufgrund des im Vergleich zum IPCC-Defaultwert höheren Aschegehaltes (des Futters) wirkt sich die Änderung mindernd auf die tierplatzbezogenen CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus.

Das mittlere Tiergewicht wurde nach einem Expertenurteil von 180 kg an<sup>-1</sup> auf 200 kg an<sup>-1</sup> heraufgesetzt. Dies beeinflusst lediglich die Berechnung des über alle Schweine gemittelten Gewichtes, da das Ebergewicht wegen des einfachen Rechenverfahrens nicht in die Berechnung des Eber-Energiebedarfs eingeht.

**Kapitel 5.7 Schweine – zusammenfassende Daten**

Die ab der Submission 2012 größeren Tiergewichte bei Sauen und Ebern sowie die explizite Berücksichtigung der Saugferkel führen zu einem Anstieg beim mittleren Schweinegewicht.

**Chapters 6.2 Sheep – all subcategories, 6.3 Lambs, 6.4 Ewes and other adult sheep**

For the first time, the 2010 agricultural census (LZ2010) ascertained official data for the extent to which sheep are grazed. A time series covering the years from 1990 onwards cannot be reconstructed. Hence, the results obtained for 2010 are used for the whole reporting period from 1990 onwards and replace the assumptions valid for previous submissions.

N excretion rates were hitherto estimate for intensive fattening of lambs ( $3 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ ). However, less intensive grazing results in increased N excretion rates ( $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ ). In order to cover both variants, the N excretion rate for lambs was set to  $4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . This results in increased emission rates of N species.

For the overall  $\text{NH}_3$  emission rates per animal place, the changes described above result in a distinct increase.

**Chapter 6.6 Goats**

For the first time, goat numbers were counted in the 2010 official agricultural census (LZ2010). The results fall below the previous estimates; they are about one third smaller than the number estimated in 2009.

**Chapter 7.2 Heavy horses**

The time series of animal numbers was updated. Previously, gaps in the series were closed by retaining the last value reported. The new procedure uses linear interpolation.

**Chapter 7.3 Light horses and ponies**

The time series of animal numbers was updated. Previously, gaps in the series were closed by retaining the last value reported. The new procedure uses linear interpolation.

For the application of manures, the assumptions made for heavy horses were taken over accordingly (no incorporation). This results in higher  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from application.

**Chapter 7.5 Mules and asses**

For the application of manures, the assumptions made for heavy horses were taken over accordingly (no incorporation). This results in higher  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from application.

**Chapter 9 Poultry**

Previously, gaps in the series of animal numbers were closed by retaining the last value reported. In the 2012 submission, these gaps are closed using linear interpolation.

**Chapter 9 Laying hens**

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). As a result, higher VS excretion rates were obtained leading to increased  $\text{CH}_4$  emissions per animal place from manure management systems.

**Kapitel 6.2 Schafe insgesamt, 6.3 Lämmer, 6.4 Mutter-schafe und übrige erwachsene Schafe**

Für Schafe wurden erstmals in der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) offizielle Daten zum Weidegang erhoben. Eine Zeitreihe ab 1990 lässt sich nicht erstellen. Daher werden die Ergebnisse der Landwirtschaftszählung 2010 für alle Jahre ab 1990 eingesetzt. Sie ersetzen die noch bis zur Submission 2011 getroffenen Annahmen.

Bei der N-Ausscheidung von Lämmern wurde bislang von den Werten für Intensivmast ausgegangen ( $3 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). Um die höhere N-Ausscheidung bei Weidemast ( $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) zu berücksichtigen, wurde das Inventar für Lämmer mit einer N-Ausscheidung von  $4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  berechnet. Dies führt zu einer Erhöhung der Emissionen von N-Spezies.

Insgesamt führen die vorgenannten Änderungen zu einem merklichen Anstieg der  $\text{NH}_3$ -Emissionen pro Tierplatz.

**Kapitel 6.6 Ziegen**

Für 2010 wurde die Tierzahl erstmals wieder amtlich erhoben (Landwirtschaftszählung 2010, LZ 2010). Sie ist um etwa ein Drittel kleiner als die zuletzt für 2009 durch das Statistische Bundesamt geschätzte Zahl.

**Kapitel 7.2 Großperde**

Die Zeitreihe der Tierzahlen wurde aktualisiert, indem Datenlücken nicht mehr durch Beibehaltung des letzten davor berichteten Wertes, sondern durch Interpolation oder neue Datenwerte geschlossen wurden.

**Kapitel 7.3 Kleinpferde und Ponys**

Die Zeitreihe der Tierzahlen wurde aktualisiert, indem Datenlücken nicht mehr durch Beibehaltung des letzten davor berichteten Wertes, sondern durch Interpolation oder neue Datenwerte geschlossen wurden.

Die Annahmen zur Wirtschaftsdünger-Ausbringung werden an die bei den Großperden angeglichen (keine Einarbeitung). Dies führt zu höheren tierplatzbezogenen  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Ausbringung.

**Kapitel 7.5 Maultiere und Esel**

Die Annahmen zur Wirtschaftsdünger-Ausbringung werden an die bei den Großperden angeglichen (keine Einarbeitung). Dies führt zu höheren tierplatzbezogenen  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Ausbringung.

**Kapitel 9 Geflügel**

Lücken in den Tierzahlen, die bislang durch Beibehaltung des letzten zuvor berichteten Wertes gefüllt wurden, wurden für die Submission 2012 durch lineare Interpolation geschlossen.

**Kapitel 9.3 Legehennen**

Die VS-Berechnung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. Es ergibt sich eine höhere VS-Ausscheidung und damit auch höhere tierplatzbezogene  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

The NH<sub>3</sub> emissions factors for housing were updated following the results obtained in KTBL working group “emissions factors in animal production”. The new data consider changes in housing practices, e.g. keeping hens in small groups rather than single in cages. As a result, the NH<sub>3</sub> emissions per animal place have decreased since 2000 by a yearly increasing rate, which leads to changes from the values reported in the 2011 submission.

#### **Chapter 9.4 Broilers**

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). As a result, lower VS excretion rates were obtained leading to lower CH<sub>4</sub> emissions per animal place from manure management systems.

In the 2011 submission, animal numbers for 2008 and 2009 had to be extrapolated from data reported for the previous years. These data were replaced by interpolated data using the census data of 2007 and 2010. Therefore the animal numbers of 2008 and 2009 have changed for submission 2012.

The model uses the overall national annual weight gain to calculate mean weight gain rates per individual. This figure was constant in the official statistics. With changes in animal numbers after 2008, individual final weights changed. As a consequence reduced final weights were obtained leading to reduced N excretion rates per place and year.

The NH<sub>3</sub> emissions factors for housing were updated following the results obtained in KTBL working group “emissions factors in animal production”. The new factors lead to a reduction of NH<sub>3</sub> emissions per place and year.

#### **Chapter 9.5 Pullets**

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). As a result, lower VS excretion rates were obtained leading to lower CH<sub>4</sub> emissions per animal place from manure management systems.

A transcription error was detected and corrected for N contents of feeds. This resulted in a reduction of N excretion rates by 5 to 6 % and subsequently lower emissions per animal place of N species.

The NH<sub>3</sub> emissions factors for housing were updated following the results obtained in KTBL working group “emissions factors in animal production”. In previous submissions, the emission factor for broilers had been used. The new factors falls below the one previously used and results in a reduction of NH<sub>3</sub> emissions per place and year.

#### **Chapter 9.7 Ducks**

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). As a result, lower VS excretion rates were obtained leading to lower CH<sub>4</sub> emissions per animal place from manure management systems.

The NH<sub>3</sub> emissions factors for housing were updated following the results obtained in KTBL working group

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für die Haltungsverfahren wurden anhand der Ergebnisse der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ aktualisiert. Dabei wurde auch die ab 2010 geänderte Haltungspraxis berücksichtigt (u. a. emissionsärmere Kleingruppenhaltung anstelle der Käfighaltung). Als Folge ergibt sich im Vergleich zur Submission 2011 eine ab dem Jahr 2000 jährlich stärker werdende Verringerung der tierplatzbezogenen NH<sub>3</sub>-Emissionen.

#### **Kapitel 9.4 Masthähnchen und -hühnchen**

Die VS-Berechnung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. Es ergibt sich eine niedrigere VS-Ausscheidung und damit auch niedrigere tierplatzbezogene CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Die in Submission 2011 für die Jahre 2008 und 2009 aus den Daten vor 2008 extrapolierten Tierzahlen konnten mit Verfügbarkeit der Tierzahl für 2010 nun zwischen 2007 und 2010 interpoliert werden. Dadurch ändern sich in der vorliegenden Submission 2012 die Tierzahlen für 2008 und 2009.

Durch die veränderten Tierzahlen ändert sich ab 2008 auch die Modell-Einganggröße des pro Tierplatz und Jahr erzeugten Zuwachses, da der aus der amtlichen Statistik vorgegebene nationale Gesamtzuwachs unverändert blieb. Als Folge dieser Änderung ergeben sich ab 2008 niedrigere Mastendgewichte und damit auch niedrigere N-Ausscheidungen pro Platz und Jahr.

Der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für den Stall wurde anhand der Ergebnisse der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ aktualisiert. Als Folge ergibt sich eine Verringerung der tierplatzbezogenen NH<sub>3</sub>-Emissionen.

#### **Kapitel 9.5 Junghennen**

Die VS-Berechnung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. Es ergibt sich eine niedrigere VS-Ausscheidung und damit auch niedrigere tierplatzbezogenen CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Beim N-Gehalt des Futters wurde ein Übertragungsfehler korrigiert, was zu einer Absenkung der N-Ausscheidungen von 5 bis 6 % und entsprechend niedrigeren tierplatzbezogenen N-Emissionen führt.

Der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für den Stall wurde anhand der Ergebnisse der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ aktualisiert. Dieser Emissionsfaktor ist deutlich niedriger als der in früheren Submissionen von den Masthähnchen übernommene Wert. Als Folge ergibt sich eine entsprechende Verringerung der tierplatzbezogenen NH<sub>3</sub>-Emissionen.

#### **Kapitel 9.7 Enten**

Die VS-Berechnung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. Es ergibt sich eine niedrigere VS-Ausscheidung und damit auch niedrigere tierplatzbezogene CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für den Stall wurde anhand der Ergebnisse der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfak-

“emissions factors in animal production”. This leads to a reduction of  $\text{NH}_3$  emissions per animal place.

#### **Chapter 9.8 Turkeys**

Input data were revised. The consistent data set makes use of details (final weights, weight gains, duration of fattening, feed utilization) as published in “Geflügeljahrbuch” only. These details cover the whole time series from 1990 onwards. However, the gaps in the time series of the shares of cocks and hens, respectively, could not be closed consistently. Thus, a mean ratio was deduced and applied to the whole time series from 1990 onwards.

The calculation for mean N contents (covering all feeding phases) was updated. As a consequence, updated N excretion rates of turkeys kept between 1990 and 1993 exceed those previously used. For the following years, slightly decreased N excretion rates were assessed in comparison to previous submissions.

The assessment of VS excretion rates was updated as described in Dämmgen et al. (2011a). In combination with the above mentioned changes in input data, lower VS excretion rates were obtained for some years, leading to lower  $\text{CH}_4$  emissions per animal place from manure management systems. The opposite results for the remaining years.

The  $\text{NH}_3$  emissions factors for housing were updated following the results obtained in KTBL working group “emissions factors in animal production”. This leads to a slight reduction of  $\text{NH}_3$  emissions per animal place.

#### **Chapter 10.4 Organic soils**

The area covered by organic soils has been reviewed during the emission reporting for 2012 by the LULUC working group and subsequently corrected. The results were taken over in the agricultural emission inventory for 2012. The areas in the updated report fall below those used in the submission 2011. This results in a reduced  $\text{N}_2\text{O}$  emission rate.

#### **Chapter 11.1 Emissions from biological N fixation**

For 2009 and Sachsen-Anhalt, a transcription error was detected and corrected for the area where peas are cultivated. This results in a minor reduction in N fixation and subsequently in a reduction of  $\text{N}_2\text{O}$ , NO,  $\text{N}_2$  and  $\text{NH}_3$  emissions.

NO emissions are no longer reported as neither IPCC nor EMEP (2009) provide a methodology.

#### **Chapter 11.2 Emissions from animal grazing**

The emission factor for NO from excreta dropped during grazing was updated. The new factor (0.7 % of the N input) amounts to about a third of the value previously used. NO emissions decrease accordingly.

toren Tierhaltung“ aktualisiert. Als Folge ergibt sich eine Verringerung der tierplatzbezogenen  $\text{NH}_3$ -Emissionen.

#### **Kapitel 9.8 Puten**

Die Eingangsdaten wurden auf eine konsistente Basis gestellt. Angaben zu Endgewicht, Gewichtszunahme, Mastdauer, Futterverwertung beruhen ab Submission 2012 konsequent auf Daten aus den Geflügeljahrbüchern ab 1990 bis heute. Die großen Lücken in den Daten zum relativer Populationsanteil der Hähne konnten nicht konsistent geschlossen werden, weshalb ein für alle Jahre ab 1990 geltender Wert angenommen wurde (Mittelwert der vorhandenen Daten).

Die Berechnung des über alle Fütterungsphasen gemittelten Futter-N-Gehaltes wurde überarbeitet. Als Folge dieser Korrekturen liegt die N-Ausscheidung aller Puten in den Jahren 1990 bis 1993 für die vorliegende Submission höher als in früheren Submissionen, während für den Rest der Zeitreihe eine Abnahme gegenüber der früheren Submission zu verzeichnen ist.

Die VS-Berechnung wurde nach Dämmgen et al. (2011a) aktualisiert. Im Zusammenhang mit den nachstehend beschriebenen Änderungen bei den Eingangsdaten ergeben sich in manchen Jahren niedrigere VS-Ausscheidungen und damit auch niedrigere tierplatzbezogene  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management. In den übrigen Jahren sind die Veränderungen entgegengesetzt.

Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für den Stall wurde anhand der Ergebnisse der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ aktualisiert. Als Folge ergibt sich eine geringfügige Verringerung der tierplatzbezogenen  $\text{NH}_3$ -Emissionen.

#### **Kapitel 10.4 Organische Böden**

Die Fläche der organischen Böden wurde im Rahmen der Berichterstattung für 2012 durch die LULUCF-Arbeitsgruppe nochmals überprüft und korrigiert. Diese Daten wurden für das landwirtschaftliche Emissionsinventar zur Berichterstattung 2012 übernommen. Die aktualisierten Flächen sind kleiner als in der Submission 2011, woraus sich eine Abnahme der berechneten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen ergibt.

#### **Kapitel 11.1 Emissionen aus biologischer N-Fixierung**

Bei der biologischen N-Fixierung wurde für das Jahr 2009 in Sachsen-Anhalt ein Übertragungsfehler bei der Anbaufläche von Frischerbsen korrigiert. Daraus resultiert eine geringfügig niedrigere N-Fixierung und eine entsprechende Änderung der Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$ , NO,  $\text{N}_2$  und  $\text{NH}_3$ .

NO-Emissionen werden nicht mehr berichtet, da weder IPCC noch EMEP (2009) hierfür eine Methode angeben.

#### **Kapitel 11.2 Emissionen aus Weidegang**

Der Emissionsfaktor für NO aus den Ausscheidungen während des Weidegangs wurde aktualisiert. Er beträgt mit 0,7 % nur noch rund ein Drittel des früheren Wertes. Entsprechend nehmen die NO-Emissionen ab.

*Chapter 11.3 Emissions from crop residues*

In previous submissions, the amount of matter harvested for maize for silage was the same as that for maize grown for grain production. The 2012 submission plausibly assumes that the entire above ground biomass is considered as yield and removed from the fields. As the area cultivated with maize for silage is comparatively large, this results in a considerable increase of the fraction of crop residues removed from the field  $Frac_R$ .

NO emissions are no longer reported as neither IPCC nor EMEP (2009) provide a methodology.

*Chapter 11.4 N<sub>2</sub>O from atmospheric deposition*

A transcription error of uncertainties was detected and corrected. The effect is of minor importance for the overall uncertainty of the greenhouse gas emission inventory.

*Chapter 12.1.7  $Frac_{NCR0}$  and  $Frac_{NCR0}$* 

The assessment of the N contents of agricultural and horticultural plants except legumes ( $Frac_{NCR0}$ ) and of legumes ( $Frac_{NCR0}$ ) was modified. They now relate to the whole plant including the harvested parts and not just harvest residues.

*Chapter 12.1.9  $Frac_R$* 

The changes in the treatment of maize for silage (see above, comments regarding Chapter 11.3) result in a significantly increased fraction of crop residues removed from the field  $Frac_R$  that describes the ratio of harvested crops to the above ground biomass.

*Chapter 13.5 Uncertainties of the NH<sub>3</sub> emission factor*

The calculation procedure yielding the results collated in Table 13.1 were updated. The changes in Table 13.1 and Table 14.1 in Rösemann et al. (2011) originate on model modifications as well as on updated frequency distributions for housing and storage facilities and application procedures. (see Chapters 1.3.3 and 1.3.1 in Rösemann et al., 2011). Also, in Rösemann et al. (2011), the year of reference was 2008.

**1.3.4 Improvements planned / geplante Verbesserungen***Data management:*

- Data processing and the calculation of emissions will change from working with spread sheet files to a relational data base and procedural programs. Work has been in progress since 2010 and serves mainly to improve QS and QC. Inter alia, plausibility checks will be made easier.
- Work is in progress on closing data gaps by interpolation or extrapolation as required by IPCC instead of the method applied hitherto of adopting the latest data available when there are no proxy-based gap filling methods available.

*Kapitel 11.3 Emissionen aus Ernterückständen*

Hinsichtlich der Ernteabfuhr wurde Silomais mangels Daten in früheren Submissionen wie Körnermais behandelt. Ab der vorliegenden Submission 2012 wird mit der plausibleren Approximation gerechnet, dass die gesamte oberirdische Biomasse von Silomais als Erntegut vom Feld abgefahren wird. Dies führt aufgrund der relativ großen Anbaufläche von Silomais zu einem merklichen Anstieg bei der Verhältnisgröße  $Frac_R$ .

NO-Emissionen werden nicht mehr berichtet, da weder IPCC noch EMEP (2009) hierfür eine Methode angeben.

*Kapitel 11.4 N<sub>2</sub>O aus Deposition*

In der Berechnung der Unsicherheit wurde ein Fehler korrigiert. Die Auswirkung auf die Gesamtunsicherheit des Treibhausgas-Inventars ist gering.

*Kapitel 12.1.7  $Frac_{NCR0}$  und  $Frac_{NCR0}$* 

Die Berechnung der N-Gehalte von Ackerbau- und Gartenbaukulturen ohne Leguminosen ( $Frac_{NCR0}$ ) und von Leguminosen ( $Frac_{NCR0}$ ) wurde modifiziert. Sie beziehen sich jetzt auf die ganze Pflanze incl. Ernte und nicht mehr nur auf die Ernterückstände.

*Kapitel 12.1.9  $Frac_R$* 

Die Änderungen bei der Behandlung von Silomais-Ernterückständen (siehe Änderungen zu Kapitel 11.3) führen zu einem merklichen Anstieg bei der Verhältnisgröße  $Frac_R$ , die die vom Feld abgefuhrte Ernte in Relation zur oberirdischen Biomasse beschreibt.

*Kapitel 13.5 Unsicherheiten des EF für NH<sub>3</sub>*

Die Berechnung der Inhalte von Table 13.1 wurde aktualisiert. Die Unterschiede zwischen Table 13.1 und Table 14.1 in Rösemann et al. (2011) beruhen auf Modelländerungen und Änderungen bei den Häufigkeiten von Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren (siehe Kapitel 1.3.3 und Kapitel 1.3.1 in Rösemann et al., 2011) sowie dem Umstand, dass in Rösemann et al. (2011) das Bezugsjahr 2008 war.

*Datenmanagement:*

- Datenhaltung und Emissionsberechnungen werden von Tabellenkalkulationsdateien auf eine relationale Datenbank sowie prozedurale Programme umgestellt. Dieser Schritt, zu dem die Arbeiten 2010 begonnen haben, dient vorrangig QK/QS-Zwecken. So wird u. a. die Automatisierung von Plausibilitätschecks erleichtert.
- Die Arbeiten zur Schließung von Datenlücken, die durch Beibehaltung des letzten berichteten Wertes geschlossen wurden, durch IPCC-konforme Interpolation bzw. Extrapolation werden fortgesetzt (sofern keine Methoden zur Nutzung von Proxy-Größen verfügbar sind).

*Emission calculations:*

- In its in-country-review in September 2010, the ERT recommended the assessment of a national methane conversion factor for dairy cows. Here, work is in progress.
- The modelling of pig feeding is being improved. Meanwhile, the necessary data were obtained from an inquiry under pig feeding experts. The detailed data sets were analysed and evaluated (Dämmgen et al., 2011b). The next step is the incorporation of the results into GAS-EM. It may be possible that additional data is available from an official survey on protein use in pig production, carried out in autumn 2011. The improved methodology to use detailed feed properties is likely to have effects on the assessment of gross energy intake and subsequently on the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation. Likewise, N<sub>2</sub>O and NO emissions from manure management and N<sub>2</sub>O emissions from N applied with fertilizers will be affected.
- In September 2010, the ERT also recommended in its in-country-review that methane conversion factors *MCF* be established for manure storage systems that describe the German national situation adequately and are consistent with measured data. As values for *MCF* and the maximum methane producing capacity *B<sub>0</sub>* form matching pairs, national *B<sub>0</sub>* values will also have to be determined. The results obtained will be discussed and fit in the newly established KTBL Task Force Climate Protection, Working Group Manure Management. This work is in progress.
- Slurry is partly fermented in biogas plants. This is at present not accounted for in the national inventory as representative activity data are not available. However, KTBL initiated a project that is to collate and deliver both activity data and emission factors. This work can make use of results from a number of research projects in Germany dealing with biogas production.

*Emissionsberechnungen:*

- Auf Anregung des ERT des In-Country-Reviews im September 2010 wird daran gearbeitet, einen nationalen Methan-Umwandlungsfaktor für Milchkühe abzuleiten.
- Es wird weiterhin an der Verbesserung der Modellierung der Schweinefütterung gearbeitet. Inzwischen wurden die erforderlichen sehr detaillierten Daten bundesweit durch Expertenbefragung erhoben und ausgewertet (Dämmgen et al., 2011b). Als nächster Arbeitsschritt ist die Aufarbeitung dieser Daten für das Inventarmodell GAS-EM geplant. Gegebenenfalls können dabei auch noch Erkenntnisse aus der im Herbst 2011 durchgeführten amtlichen Erhebung über den Proteineinsatz in der Schweinemast einfließen. Die verbesserte Modellierung der Schweinefütterung wird u. a. die Gesamtenergie-Aufnahme beeinflussen, die als Grundlage zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung dient. Ebenfalls beeinflusst werden die Ergebnisse der N<sub>2</sub>O- und NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management sowie die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden infolge der Wirtschaftsdüngerausbringung.
- Auf Anregung des ERT des In-Country-Review im September 2010 wird derzeit daran gearbeitet, für die in Deutschland üblichen Lagerverfahren Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF* zu ermitteln, die die nationalen Gegebenheiten adäquat repräsentieren und konsistent mit Messdaten sind. Da Methan-Umwandlungsfaktor *MCF* und maximale Methanbildungskapazität *B<sub>0</sub>* ein aufeinander abgestimmtes Wertepaar sein müssen, wird auch an der Ableitung nationaler Werte für *B<sub>0</sub>* gearbeitet. Die Ergebnisse werden in der neu geschaffenen KTBL-Arbeitsgemeinschaft Klimaschutz (Arbeitsgruppe Wirtschaftsdünger-Management) abgestimmt.
- Der Umstand, dass ein Teil der Gülle in Biogas-Anlagen verarbeitet wird, wird mangels repräsentativer Aktivitätsdaten im Inventar derzeit nicht berücksichtigt. Am KTBL läuft dazu ein Projekt, mit dessen Hilfe für die zukünftige Berichterstattung die erforderlichen Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren gesammelt werden. Überdies existieren zum gleichen Thema in Deutschland eine Reihe von Forschungsprojekten.

**1.4 Data CD / Daten-CD**

As a supplement to the text volume, a CD contains an EXCEL® workbook, which comprises all relevant data sets and emission results of the latest submission for years from 1990 onwards.

The tables are arranged and numbered as follows

- categories:
  - emissions (EM)
  - implied emission factors (IEF)
  - activities (AC)
  - additional information (AI)

Dem Textband liegt für die aktuelle Submission auf CD eine EXCEL®-Datei bei, die alle relevanten Datensätze und Emissionsergebnisse für die Zeit seit 1990 enthält.

Die Ordnung und Nummerierung der Tabellen berücksichtigt

- die Kategorien
  - Emissionen (EM)
  - resultierende Emissionsfaktor (IEF)
  - Aktivitäten (AC)

- animal excretions (EXCR)
  - summary (summary)
- sources as classified in the Selected Nomenclature for Air Pollutants (SNAP):
  - emissions from cultures with fertilizers (1001)
  - emissions from cultures without fertilizers (1002)
  - methane emissions from enteric fermentation (1004)
  - emissions from manure management regarding C species (1005)
  - emissions from manure management regarding N species (1009)
  - emissions of particulate matter from manure management (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) (1010)
- animal category listed in the sequence:
  - dairy cows
  - calves
  - heifers (female beef cattle)
  - bulls (male beef cattle)
  - suckler cows
  - bulls (mature males)
  - sows
  - weaners
  - fattening pigs
  - boars
  - sheep
  - goats
  - horses
  - mules and asses
  - laying hens
  - broilers
  - pullets
  - geese
  - ducks
  - turkeys
  - buffalo
- the degree of aggregation: Aggregated tables for a particular gas follow the tables for single animal categories whenever necessary. They are characterized by the symbol Σ.

The tables describing activities are ordered in the same way as the tables for emissions. However, all areas (of crops) are to be found under AC1001, all animal numbers and details of management under AC1005.

The order of tables containing implied emission factors follows that of the tables of the respective emissions.

The tables containing additional information are ordered in the same way as the respective activities. They contain variables which are needed to calculate emissions. This list of tables is not complete.

Additional AI Tables (AI\_1005FHO, AI\_1005FST, AI\_1005FSP) deal with relevant data and frequency distributions of housing and storage facilities as well as application techniques.

- zusätzliche Informationen (AI)
  - tierische Ausscheidungen (EXCR)
  - Zusammenfassung (Summary)
- die Emittenten in der Ordnung der Selected Nomenclature for Air Pollutants (SNAP)
  - Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen (1001)
  - Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen (1002)
  - Methanemissionen aus der Verdauung (1004)
  - Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (C-Spezies) (1005)
  - Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (N-Spezies) (1009)
  - Staub-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) (1010)
- die Tierart in der Reihenfolge
  - Milchkühe
  - Kälber
  - Färsen (weibliche Mastrinder)
  - Mastbullen (männliche Mastrinder)
  - Mutterkühe
  - Zuchtbullen
  - Sauen
  - Aufzuchtferkel
  - Mastschweine
  - Eber
  - Schafe
  - Ziegen
  - Pferde
  - Esel und Maultiere
  - Legehennen
  - Masthähnchen und -hühnchen
  - Junghennen
  - Gänse
  - Enten
  - Puten
  - Büffel
- den Grad der Aggregation: Den Tabellen für ein Gas in einer Kategorie und für eine einzelne Tierart folgen die jeweils möglichen Aggregationen zu Tiergruppen. Sie sind durch ein Σ gekennzeichnet.

Die Tabellen der Gruppe „Aktivitäten“ folgen der Anordnung der Tabellen der Emissionen sinngemäß. Die relevanten Flächen sind allerdings zu den Blöcken AC1001 zusammengefasst, die relevanten Tierzahlen und Haltungsformen zu AC1005.

Die Tabellen der Gruppe „resultierende Emissionsfaktoren“ weisen die gleiche Katalogisierung auf wie die dazu gehörenden Tabellen der Emissionen.

Die Tabelle der Gruppe „Zusätzliche Informationen“ orientieren sich an der Anordnung der Gruppe „Aktivitäten“ und enthalten Variablen, die zur Berechnung von Emissionen benötigt werden. Die Auflistung ist nicht erschöpfend.

Zusätzliche AI-Tabellenblätter (AI\_1005FHO, AI\_1005FST, AI\_1005FSP) beinhalten emissionsrelevante Daten und Häufigkeitsverteilungen zu Haltungs-

SI units are used throughout, see Chapter 2.2.1.

Additional work sheets provide the following information:

- the uncertainties of the GHG inventory and the ammonia inventory of the German agriculture (sheet „UNC“), as well as
- how to complete the CRF tables (concordance) auf den Tabellenblättern „Concordance (1)“ und „Concordance (2)“.

Below a table header there is, as far as possible, a reference (GAS-EM-Kap. X) to the respective chapter in the text volume where additional information is provided.

Lager- und Ausbringungsverfahren.

Es werden ausschließlich SI-Einheiten und Symbole benutzt, siehe dazu Kapitel 2.2.1.

Zusätzliche Tabellenblätter geben Auskunft über

- die Unsicherheiten des Treibhausgasinventars und des Ammoniakinventars der deutschen Landwirtschaft (Tabelleblatt „UNC“), sowie die
- Vervollständigung der CRF-Berichtstabellen (Konkordanz) auf den Tabellenblättern „Concordance (1)“ und „Concordance (2)“.

Soweit möglich wird unter einer Tabellenüberschrift ein Hinweis (GAS-EM-Kap. X) auf ein Kapitel im Textband gegeben, in dem weiterführende Informationen bereitgestellt werden.



## 2 Terminology, definitions and units / Begriffe, Definitionen und Einheiten

### 2.1 Terminology / Begriffe

#### 2.1.1 Translation of technical terms / Die Übersetzung von Fachbegriffen

The translation of technical terms makes use of the “Glossary of terms on livestock manure management 2003” (RAMIRAN, 2003).

As the expression “Tier” may lead to misunderstandings (the German “Tier” means “animal”), the German text of this description refers to “Stufe” (“step”) rather than “Tier”.

Die Übersetzung von Fachbegriffen orientiert sich am „Glossary of terms on livestock manure management 2003“ (RAMIRAN, 2003).

Wegen der Doppeldeutigkeit des Wortes „Tier“ wird im deutschen Text stets der Begriff „Stufe“ als Übersetzung des englischen Begriffs „Tier“ verwendet.

#### 2.1.2 The terms “animal number” and “animal place” / Die Begriffe „Tierzahlen“ und „Tierplätze“

In this inventory, the term “animal place” or “place” (unit: pl) is used to describe the number of animals counted at a certain date, which is German census practice. The term “place” does not describe the number of places in animal houses potentially used for animal production. The number of places thus defined is equal to the IPCC term “population” (IPCC, 2006), c.f. Dämmgen and Hutchings (2008).

However, e.g. when weight gains or daily energy requirements are concerned, the terms “animal place” and “animal” can be equivalent. In general, these entities are expressed per animal. However, the unit “animal” can be replaced by the unit “place”, if the value of the respective entity refers to the lifespan of the animal and not to the entire duration of a round, because the latter comprises not only the lifespan but also the service time.

In diesem Inventar steht der Begriff „Tierplatz“ oder „Platz“ (Einheit: pl) nicht für einen potenziell für die Produktion verfügbaren Tierplatz, sondern bezeichnet den tatsächlich zur Produktion besetzten Tierplatz. Dies entspricht der Praxis der Tierzählung in Deutschland und ist konsistent mit dem Begriff der Population in IPCC (2006), siehe auch Dämmgen und Hutchings (2008).

Im besonderen Fall können Äquivalenzen zwischen „Platz“ und „Tier“ auftreten. Dies ist bei Größen wie z. B. Gewichtszuwachs oder täglichem Energiebedarfs der Fall, die in der Regel pro Tier ausgedrückt werden. Die Einheit „Tier“ kann durch „Platz“ ersetzt werden, wenn sich der Zahlenwert der betreffenden Größe auf die Lebenszeit des Tieres bezieht und nicht auf die Durchgangsdauer, die neben der Lebenszeit auch eine Reinigungsdauer mit einschließt.

#### 2.1.3 Periods of time: the term “animal round” and related entities / Zeiten: Der Begriff „Durchgang“ und damit zusammenhängende Größen

An “animal round” describes the time span of a production process in animal production. Per animal round, one animal is kept or produced per place (unit: ro = an pl<sup>-1</sup>).

Based on the definition of “animal round” the number of rounds per year ( $n_{\text{round}}$  or  $n_{\text{cy}}$ ) has the unit  $\text{cy} = \text{ro} \cdot \text{a}^{-1} = \text{an} \cdot \text{pl}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ .

The time span of an animal round,  $\tau_{\text{round}}$ , is given by dividing one year (defined by  $\alpha = 365 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$ ) by the number of rounds per year. The resulting unit is days per round ( $\text{d} \cdot \text{ro}^{-1}$ ).

The time span of an animal round comprises the animal life span and the service time prior to or between the respective housing periods.

„Durchgang“ bezeichnet einen zeitlich abgegrenzten Produktionsvorgang in der landwirtschaftlichen Tierhaltung. Pro Durchgang wird ein Tier pro Platz gehalten oder produziert (Einheit:  $\text{ro} = \text{an} \cdot \text{pl}^{-1}$ ).

Die „Durchgangszahl“  $n_{\text{round}}$  oder  $n_{\text{cy}}$  ist definiert als die Anzahl von Durchgängen pro Jahr. Die Einheit ist  $\text{cy} = \text{ro} \cdot \text{a}^{-1} = \text{an} \cdot \text{pl}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ .

Die Durchgangsdauer,  $\tau_{\text{round}}$ , ergibt sich aus der Division eines Jahres (definiert als  $\alpha = 365 \text{ d} \cdot \text{a}^{-1}$ ) durch die Durchgangszahl  $n_{\text{cy}}$ . Als Einheit ergibt sich Tage pro Durchgang ( $\text{d} \cdot \text{ro}^{-1}$ ).

Die Durchgangsdauer ist die Summe aus der Tierlebenszeit und einer vor einem neuen Durchgang evtl. erforderlichen Reinigungszeit.

$$\tau_{\text{round}} = \tau_{\text{lifespan}} + \tau_{\text{service}} \quad (2.1)$$

where  $\tau_{\text{round}}$  duration of animal round (in  $\text{d} \cdot \text{ro}^{-1}$ )  
 $\tau_{\text{lifespan}}$  animal lifespan (in  $\text{d} \cdot \text{ro}^{-1}$ )  
 $\tau_{\text{service}}$  service time (in  $\text{d} \cdot \text{ro}^{-1}$ )

## 2.1.4 Animal weight definitions / Tiergewicht-Definitionen

### 2.1.4.1 Start weight, final live weight and carcass weight / Anfangs-, Lebendend- und Schlachtgewicht

The animal start weights and the final live weights  $w_{\text{start}}$  and  $w_{\text{fin}}$  are the animal weights at the respective phase in the animal's life. If there is only one phase, then the start weight denotes the weight at birth or hatching. When animals are fattened, the final live weight may be called fattening weight ("Mastendgewicht").

As final live weights may not be accessible, they may have to be derived from carcass weight (see Chapter 2.1.4.5 for details). These data often fall below the final live weights reported in fattening and breeding experiments. At present, these differences cannot be quantified, nor can they be explained. That is why this inventory does not differentiate between them.

The definition of the German expression "Schlachtgewicht" differs from that of the literal English translation "slaughter weight". The latter refers to the animals weight immediately before slaughtering, while "Schlachtgewicht" is used to describe the weight immediately after slaughtering and gutting (Bundesgesetzesblatt (2008) Teil I Nr. 52). Hence, the terms "slaughter weight" and "Schlachtgewicht" are avoided as far as possible in the following.

Sinngemäß bezeichnen Anfangsgewicht  $w_{\text{start}}$  und Lebendendgewicht  $w_{\text{fin}}$  die Masse des lebenden Tieres zu Beginn bzw. am Ende eines Lebensabschnittes. Gibt es nur einen einzigen Lebensabschnitt, steht der Begriff „Anfangsgewicht“ für das Geburts- bzw. Schlüpf-gewicht. Das Lebendendgewicht wird bei Masttieren auch als Mastendgewicht bezeichnet.

Lebendendgewichtdaten werden mangels anderer Datenquellen oftmals aus dem Schlachtgewicht errechnet (s. Kapitel 2.1.4.5). Dabei ergeben sich häufig Werte, die niedriger sind als die aus Mast- und Zuchtversuchen berichteten Lebendendgewichte. Die Differenzen können derzeit nicht quantifiziert werden, weshalb im Folgenden nicht bzgl. der unterschiedlich definierten Lebendendgewichte unterschieden wird.

Das Schlachtgewicht ist laut Bundesgesetzesblatt (2008) Teil I Nr. 52 das Warmgewicht des geschlachteten und ausgeweideten Tieres. Die wörtliche englische Übersetzung ist „slaughter weight“. Dieser englische Begriff bezeichnet aber das Tiergewicht unmittelbar vor der der Schlachtung. Daher wird im Folgenden die Verwendung der Begriffe "slaughter weight" und "Schlachtgewicht" soweit wie möglich vermieden.

### 2.1.4.2 Weight gain and weight gain rate / Zuwachs und Zuwachsrate

Weight gain is defined as the difference between the start weight and the final live weights in a phase of life:

$$\Delta w = w_{\text{fin}} - w_{\text{start}} \quad (2.2)$$

where

$\Delta w$	total weight gain (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{\text{fin}}$	final animal live weight (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{\text{start}}$	animal start weight (in kg an <sup>-1</sup> )

The ratio between weight gain and the duration of the respective life span is the weight gain rate  $\Delta w/\Delta t$ , (see eq. (2.3)). In this case, the unit "animal" (an) is equivalent with the unit "animal place" (pl), as eq. (2.2) relates to the overall lifespan.

$$\frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{\Delta w}{\tau_{\text{lifespan}}} \quad (2.3)$$

where

$\Delta w/\Delta t$	mean daily weight gain (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\Delta w$	total weight gain (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lifespan}}$	span of lifetime (in d ro <sup>-1</sup> )

Als Zuwachs während einer Lebensphase bezeichnet man die Differenz von Anfangs- und Lebendendgewicht:

Das Verhältnis von Zuwachs zu Lebensspanne ergibt die mittlere Zuwachsrate  $\Delta w/\Delta t$ , Gleichung (2.3). Die Einheit „Tier“ (an) ist hier äquivalent zur Einheit „Platz“ (pl), da Gleichung (2.2) sich auf den gesamten Lebensabschnitt bezieht.

#### 2.1.4.3 Mean weights / Mittlere Gewichte

Mean animal weights have to be reported for various animal categories, such as “other cattle”, “pigs” or “poultry”. The calculation procedures to derive them are described in the respective chapters.

Für verschiedene zusammenfassende Tierkategorien („übrige Rinder“, „Schweine“, „Geflügel“) werden mittlere Tiergewichte benötigt. Die hierzu erforderlichen Berechnungen werden in den betreffenden Kapiteln beschrieben.

#### 2.1.4.4 Metabolic weight and cumulative metabolic weight / Metabolisches und kumuliertes metabolisches Gewicht

The calculation of the daily energy requirements for maintenance presupposes the knowledge of the metabolic animal weight. This is defined as follows:

Die Berechnung des täglichen Energiebedarfs für Erhaltung beruht auf der Kenntnis des metabolischen Tiergewichts. Dieses ist wie folgt definiert:

$$w_{m,j} = w_{\text{unit}} \cdot \left( \frac{w_j}{w_{\text{unit}}} \right)^m \quad (2.4)$$

where

$w_{m,j}$	metabolic animal weight on day j of lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_j$	animal live weight on day j of lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{\text{unit}}$	unit weight ( $w_{\text{unit}} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )
$m$	exponent ( $0.5 < m < 1$ ); as a rule $m = 0.75$

If the maintenance energy for a whole lifespan has to be assessed, eq. (2.4) has to be integrated. This results in a cumulative (an accumulated) metabolic weight as in eq. (2.5).

Gleichung (2.4) ist zu integrieren, wenn der Erhaltungsenergiebedarf einer gesamten Lebensspanne benötigt wird. Es ergibt sich das kumulierte (oder auch: kumulative) metabolische Gewicht, siehe Gleichung (2.5).

$$\Sigma W_j = \sum_{j=1}^{k_{\text{fin}}} \tau_{\text{day}} \cdot w_{m,j} \quad (2.5)$$

where

$\Sigma W_j$	cumulative metabolic live weight (kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$j$	running index of day
$k_{\text{fin}}$	index of the final day of lifespan ( $k_{\text{fin}} = \tau_{\text{lifespan}} \cdot \tau_{\text{day}}^{-1}$ , with $\tau_{\text{lifespan}}$ the duration of lifespan in d ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{day}}$	time period of one day ( $\tau_{\text{day}} = 1 \text{ d ro}^{-1}$ )
$w_{m,j}$	metabolic animal weight on day j of lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )

#### 2.1.4.5 Carcass weight / Gewicht nach Schlachtung

The carcass weight is the animal weight after slaughtering without those parts of the body which are (have to be) removed.

Das Gewicht nach Schlachtung ist das um die Masse der nicht verwertbaren Tieranteile verminderte Lebendengewicht vor Schlachtung.

The ratio between final live weight and carcass weight is called dressing percentage or slaughter yield  $c_w$ .

Das Verhältnis des Lebendengewichtes zum Schlachtgewicht wird als Schlachtausbeute-Faktor, Ausschachtung oder Ausschachtungsgrad  $c_w$  bezeichnet.

$$w_{\text{carcass}} = c_w \cdot w_{\text{fin}} \quad (2.6)$$

where

$w_{\text{carcass}}$	carcass weight (in kg an <sup>-1</sup> )
$c_w$	ratio of carcass weight to final live weight (in kg kg <sup>-1</sup> , $c_w < 1$ )
$w_{\text{fin}}$	final live weight (in kg an <sup>-1</sup> )

The national mean carcass weight  $w_{\text{carcass}}$  for an animal category  $i$  is obtained from the cumulative carcass weights and the number of animals slaughtered.

Das nationale  $w_{\text{carcass}}$ -Mittel einer Tierkategorie  $i$  errechnet sich aus der Summe der Gewichte nach Schlachtung und der Anzahl der geschlachteten Tiere.

$$w_{\text{carcass}, i} = \frac{m_{\text{slaughtered}, i}}{n_{\text{slaughtered}, i}} \cdot \beta \quad (2.7)$$

where

$w_{\text{carcass}, i}$	carcass weight of an animal in category $i$ (in kg $\text{a}^{-1}$ )
$m_{\text{slaughtered}, i}$	sum of carcass weights of slaughtered animals of category $i$ (in Mg $\text{a}^{-1}$ )
$n_{\text{slaughtered}, i}$	number of slaughtered animals of category $i$ (in $\text{a}^{-1}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^3 \text{ kg Mg}^{-1}$ )

### 2.1.5 The terms “emissions“ and “emission factors“ / Die Begriffe „Emissionen“ und „Emissionsfaktoren“

Strictly spoken, the term “emission” denotes the process of transferring matter from a source into the free atmosphere (German standard VDI 2450). The fluxes of matter are denoted as

- emission rate (mass emitted per time unit), symbol used at present  $E$ , or
- emission rate density (mass emitted per time unit and area), symbol used at present (also)  $E$ .

To distinguish the matter emitted from the amount  $m$  of nitrogen excreted by animals (see Chapter 3.2.4), the mass emitted is subsequently denoted by the symbol  $M$ .

Der Begriff „Emission“ beschreibt nach VDI 2450 den Vorgang des Übertritts eines Stoffes in die offene Atmosphäre. Diese Stoffströme werden bezeichnet als

- Emissionsstrom (pro Zeiteinheit emittierte Masse) Symbol gegenwärtig  $E$ , oder als
- Emissionsstromdichte (pro Zeit- und Flächeneinheit emittierte Masse) Symbol gegenwärtig (auch)  $E$ .

Zur Unterscheidung von der durch Tiere ausgeschiedenen Stickstoffmenge  $m$  (s. Kapitel 3.2.4) wird die emittierte Masse eines Stoffes nachstehend mit dem Symbol  $M$  bezeichnet.

$$E_i = \frac{\Delta M_i}{\Delta \tau} \quad (2.8)$$

$$E_i = \frac{1}{A} \cdot \frac{\Delta M_i}{\Delta \tau} \quad (2.9)$$

where

$E_i$	emission of a species $i$ (e.g. ammonia)
$\Delta M_i / \Delta \tau$	mass of a species (e.g. ammonia) emitted per time unit
$A$	area

Emission factors (symbol used at present  $EF$ ) describe typical emission rates or emission rate densities of an activity at a given time in a given location or region.

The unit of the emission factor is the ratio of the units describing the emission rates or the respective densities and the unit used to quantify the activity (activity rate).

Emissionsfaktoren (Symbol gegenwärtig  $EF$ ) beschreiben die typischen Emissionsströme und Emissionsstromdichten einer Emissionsquelle zu einer gegebenen Zeit an einem gegebenen Ort.

Die Einheit des Emissionsfaktors ergibt sich als Bruch aus den Einheiten von Emissionsstrom bzw. Emissionsstromdichte und der Einheit, mit der der Emittent quantifiziert wird.

$$EF = \frac{E_i}{n_i} \quad (2.10)$$

where

$EF$	emission factor
$E_i$	emissions of a given species in a category $i$ to be reported (e.g. “calves”)
$n_i$	activity (e.g. sum of animals in the category $i$ “calves”)

Note that contrary to the inventory presented here, units and symbols used in the descriptions at present applied in the guidance documents to assess emission rates and emission rate densities are usually not following the standards, and they are partly inconsistent.

The resulting implied emission factors (IEF) are the ratio of emissions to activities, and are needed when aggregated data sets are presented or when variable emission factors were used.

$$IEF = \frac{\sum E_i}{\sum n_i} \quad (2.11)$$

where

<i>IEF</i>	implied emission factor
$\sum E_i$	sum of emissions of a given species in a category <i>i</i> to be reported (eg “other cattle”)
$\sum n_i$	sum of activities (e.g. sum of animals in the category <i>i</i> “other cattle”)

## 2.2 Units and Symbols / Einheiten und Symbole

### 2.2.1 Units / Einheiten

SI units are used throughout. For standards, recommendations, symbols and units we refer to IUPAC<sup>7</sup> (1993) and IUPAP<sup>8</sup> (1987). Their usage is compulsory for most partners to the convention and for Germany (Bundesminister für Wirtschaft 1969, 1970).

Special units used in agricultural sciences and in micrometeorology are used according to Monteith (1984) and Reifsnnyder et al. (1991).

According to these rules, entities are always written in italics, scalars (figures), units, (explaining) indices and operators (sin, lg, +, d) upright.

In contrast to other (not SI conform) practice we use

a	year
ha	hectare
Mg	Megagramme (t can be used if adequate)
Gg	Gigagramme (kt is avoided)
Tg	Teragramme (million t is avoided)

The unit dt (deciton) is not used.

Often units have to be explained. This explanation is given after the units, e.g.

7 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N, **not** 7 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

The use of unspecified fractions (such as %) is restricted to those cases where the assignment is unambiguous. In any other case the use of fractions of units (such as kg kg<sup>-1</sup>, MJ MJ<sup>-1</sup>) is preferred.

Units should not be language specific. In order to simplify notation the following units are introduced (cf. definitions in Chapter 2.1):

Zu beachten ist, dass im Gegensatz zum vorliegenden Inventar die in den Regelwerken derzeit angewendeten Beschreibungen zur Ermittlung von Emissionsströmen und Emissionsstromdichten hinsichtlich des Gebrauchs von Größen, Einheiten und Schreibweisen teilweise von der Norm abweichen und inkonsistent sind.

Als resultierende Emissionsfaktoren (IEF) werden die Quotienten aus Emissionen und Aktivitäten bezeichnet, die bei aggregierten Datensätzen und variablen Emissionsfaktoren errechnet werden.

Es werden ausschließlich SI-Einheiten und Symbole nach IUPAC<sup>7</sup> (1993) bzw. IUPAP<sup>8</sup> (1987) benutzt, deren Gebrauch für Deutschland vorgeschrieben ist (Bundesminister für Wirtschaft 1969, 1970).

Spezielle Einheiten, die in den Landwirtschaftswissenschaften und der Mikrometeorologie verwendet werden, benutzen wir wie bei Monteith (1984) und Reifsnnyder et al. (1991).

Größen werden dabei stets kursiv geschrieben, Skalare (Zahlen), Einheiten, (erläuternde) Indizes und Operatoren (sin, lg, +, d) steil.

Entgegen anderen, nicht SI-konformen Gepflogenheiten werden verwendet

a	Jahr
ha	Hektar
Mg	Megagramm (auch t)
Gg	Gigagramm (kt wird nicht verwendet)
Tg	Teragramm (Mio. t wird nicht verwendet)

Die Einheit dt (Dezitonne) wird nicht verwendet.

Die Erläuterungen zu Einheiten werden nach den Einheiten angegeben, also

7 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N, **nicht** 7 kg NH<sub>3</sub>-N ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

Wenn die Möglichkeit besteht, dass unspezifische Angaben von Bruchteilen (wie in %) nicht eindeutig zugeordnet werden können, werden Brüche von Einheiten verwendet (etwa kg kg<sup>-1</sup>, MJ MJ<sup>-1</sup>).

Einheiten sollten nicht sprachspezifisch sein. Zur Erleichterung der Schreibweise werden folgende Einheiten neu eingeführt (siehe die Definitionen in Kapitel 2.1):

<sup>7</sup> IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry

<sup>8</sup> IUPAP: International Union of Pure and Applied Physics

an animal  
pl animal place  
ro animal round  
cy number of rounds per year  
eg egg

an Tier  
pl Tierplatz  
ro Durchgang  
cy Durchgangszahl  
eg Ei

### 2.2.2 Symbols / Symbole

Table 2.1 shows the abbreviations used in the inventory for the German Federal States (Bundesländer). Table 2.2 provides a list of symbols used frequently while Table 2.3 collates the subscripts used to characterise the various source categories.

Aus Table 2.1 gehen die im Inventar verwendeten Abkürzungen für die Bundesländer hervor. Table 2.2 gibt eine Auflistung häufig gebrauchter Symbole und Table 2.3 die Indizes, die zur Charakterisierung von Quellen benutzt werden.

Table 2.1: Abbreviations used for the German Federal States

BB	Brandenburg
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
HE	Hessen
MV	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Niedersachsen
NW	Nordrhein-Westfalen
RP	Rheinland-Pfalz
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
SH	Schleswig-Holstein
TH	Thüringen
StSt	So-called City States (Stadtstaaten): Berlin, Bremen and Hamburg (expressed as sum or weighted mean of the respective city states)

Table 2.2: List of symbols frequently used for entities

$\alpha$	time units conversion factor	Umrechnungsfaktor für Zeiteinheiten
$A$	Area	Fläche
$\beta$	mass units conversion factor	Umrechnungsfaktor für Masseneinheiten
$\gamma$	stoichiometric conversion factor of mass	Stöchiometrischer Umrechnungsfaktor für Massen
$DM$	dry matter	Trockensubstanz
$E$	Emission	Emission
$EF$	emission factor	Emissionsfaktor
$H$	energy content	Energiegehalt
$F$	mass flow	Massenfluss
$IEF$	implied emission factor	resultierender Emissionsfaktor
$M$	molar mass	Molmasse
$M$	Mass	Masse
$N$	Number	Anzahl
$T$	temperature	Temperatur
$TS$	dry matter	Trockensubstanz
$T$	time span	Zeitdauer
$W$	Weight	(Tier-) Gewicht (Masse)
$X, x$	Fraction	relativer Anteil

Table 2.3: List of subscripts used to identify source categories and subcategories

arable	arable land	Ackerland
bf	heifers (beef cattle, female)	Färsen
bm	bulls (beef cattle, male)	Mastbullen
bo	Boars	Eber
br	Broilers	Masthähnchen und -hühnchen
bu	Buffalo	Büffel
ca	Calves	Kälber
CR	crop residues	Ernterückstände
crop	crop, cropped area	Pflanzenbestand
dc	dairy cows	Milchkühe
dep	depositions from reactive N stemming from agriculture	Deposition von reaktivem N aus der Landwirtschaft
du	Ducks	Enten
ew	Ewes	Mutterschafe
fert	mineral fertilizer	Mineraldünger
fp	fattening pigs	Mastschweine
ge	Geese	Gänse
go	Goats	Ziegen
grass	grass land	Grünland
HC	harvested crop	geerntete Menge
ho	horses (heavy)	Pferde (Großpferde)
la	lambs	Lämmer
leach	leached and run off N	ausgewaschenes und abgeflossenes N
lh	laying hens	Legehennen
man	manure	Wirtschaftsdünger
mm	bulls (mature males)	Zuchtbullen
MM	manure management	Wirtschaftsdüngermanagement
NF	nitrogen fixation	Stickstoff-Fixierung
oc	other cattle (cattle other than dairy cows)	Rinder ohne Milchkühe
os	other sheep (sheep other than lambs)	Schafe ohne Lämmer
pest	pesticides	Pflanzenschutzmittel
po	ponies and light horses	Kleinpferde und Ponys
pu	pullets	Junghennen
sc	suckler cows	Mutterkühe
sh	sheep	Schafe
so	sows	Sauen
SS	sewage sludge	Klärschlamm
tf	turkeys (hens)	Putenhennen
tm	turkeys (cocks)	Putenhähne
tu	turkeys (both genders)	Puten (insgesamt)
urea	urea	Harnstoff
VS	volatile solids (see Chapter 3.2.3.2)	„volatile solids“ (siehe Kapitel 3.2.3.2)
we	weaners	Aufzuchtferkel

## 2.3 Referencing formats / Zitierweise

### 2.3.1 EMEP Guidebook and IPCC Guidelines / EMEP Guidebook und IPCC Guidelines

References to chapters and pages of the EMEP/CORINAIR Guidebook (EMEP/ CORINAIR, on-line version) make use of the year of publication of the respective chapter, the abbreviated SNAP, e.g. EMEP(2007)-B1010, and the page number, as used in the Guidebook foot [e.g. EMEP(2007)-B1010-7].

The EMEP/EEA Guidebook issued in 2009 is referenced as EMEP(2009)-XX-PP, where XX is the sector (e. g. 4B for animal husbandry and manure management) and PP the page.

The 1996 IPCC-Guidelines is referred to quoting the

Kapitel und Seiten des EMEP/CORINAIR Guidebook (EMEP/CORINAIR, on-line-Version) werden unter Angabe des Publikationsjahres, des abgekürzten SNAP, z. B. EMEP (2007)-B1010, und der Seitenzahl (s. Fußzeile im Guidebook, z.B. EMEP(2007)-B1010-7, zitiert.

Das EMEP/EEA-Guidebook von 2009 wird als EMEP(2009)-XX-PP zitiert, wobei XX für Sektor steht (z.B. 4B für Tierhaltung und Wirtschaftsdüngermanagement) und PP für die Seitennummer.

Bei den IPCC-Guidelines von 1996 werden Erschei-

volume and the page number, e.g. IPCC(1996)-3-4.23 for volume 3, pg. 4.23.

Similarly the IPCC-Guidelines (IPCC, 2006) is referred to quoting the page number, e.g. IPCC(2006)-10.39. (There is no need for a volume number.)

nungsjahr, Band und Seitenzahl werden angegeben, z.B. IPCC(1996)-3-4.23 für Band 3, Seite 4.23.

Bei den IPCC-Guidelines von 2006 wird entsprechend vorgegangen (ohne Angabe eines Bandes): IPCC(2006)-10.39.

### 2.3.2 *German Statistics Documents / Deutsche Statistiken*

Data available from official German statistics are characterised by their editor (Statistisches Bundesamt, StatBA, the respective Statistische Landesämter, StatLA), their series (Fachserie, FS) and their sub-series (Reihe, R) according to the nomenclature of Statistisches Bundesamt (e.g. StatBA FS 3 R3.2.1).

The statistics referred to in the text are listed in detail in the reference chapter.

Bei Datensätzen aus der deutschen Officialstatistik werden die Herausgeber aufgeführt (Statistisches Bundesamt, StatBA, die jeweiligen Statistischen Landesämter, StatLA), deren Fachserie (FS) und Reihe (R) in der Form, wie sie beim Statistischen Bundesamt üblich ist (Beispiel: StatBA FS 3 R3.2.1).

Die so im Text genannten Quellen sind im Literaturverzeichnis vollständig zitiert.



### 3 Inventory model, data and projections/ Inventarmodell, Daten und Projektionen

#### 3.1 The inventory model GAS-EM / Das Inventar-Modell GAS-EM

GAS-EM is a modular EXCEL® spreadsheet programme (siehe Kapitel 3.1.4) to estimate gaseous and particulate emissions from animal agriculture and crop production including professional horticulture.

GAS-EM was first described in Dämmgen et al. (2002) and has been developed further continuously since then.

The assessment of emissions within GAS-EM uses the definitions of agriculture according to the definitions of IPCC (see Chapter 3.1.2). All calculation procedures involved are based on the rules provided by the respective conventions and the current guidance documents (see Chapter 3.1.1).

As a rule, GAS-EM assesses emissions for (rural) districts and subsequently aggregates them to obtain results for federal states and on the national level. At present, districts are used according to their division in 1996.

GAS-EM ist ein modulares EXCEL®-Tabellenkalkulationsprogramm (siehe Kapitel 3.1.4) zur Berechnung gas- und partikelförmiger Emissionen aus Tierhaltung und Pflanzenbau in der Landwirtschaft (einschl. des kommerziellen Gartenbaus). GAS-EM wurde erstmalig von Dämmgen et al. (2002) erstellt und seither kontinuierlich weiter entwickelt.

Zur Emissionsberechnung mit dem GAS-EM-Modell wird das System Landwirtschaft im Sinne der IPCC-Berichterstattung definiert (siehe Kapitel 3.1.2). Die Methoden zur Emissionsberechnung beruhen auf den Vorgaben der entsprechenden Konventionen und den aktuellen Regelwerken (siehe Kapitel 3.1.1).

GAS-EM berechnet die Emissionen zunächst auf Kreisebene (Stand der Kreise-Einteilung: 1996), bevor sie zu Ergebnissen auf Bundesland- und nationaler Ebene aggregiert werden.

##### 3.1.1 Relevant guidance documents / Die relevanten Handbücher

The guidance documents used to calculate the inventory with the GAS-EM model are the IPCC Guidelines (1996), the Good Practice Guidance (GPG, IPCC 2000) and the EMEP Guidebook (EMEP, 2009). The agricultural section of the EMEP Guidebook (EMEP, 2009) has been developed with the assistance of the German working group (e.g. Dämmgen and Hutchings, 2005).

In addition, the German agricultural inventory uses differing methods in specific circumstances in order to improve the description of national emission conditions.

Die der Inventarberechnung mit GAS-EM zugrunde liegenden Handbücher umfassen die IPCC-Guidelines (IPCC, 1996), die Good Practice Guidance (GPG, IPCC 2000) und das EMEP-Guidebook (EMEP, 2009). Der die Landwirtschaft betreffende Teil des EMEP-Guidebook wurde unter Beteiligung der deutschen Arbeitsgruppe entwickelt (z.B. Dämmgen and Hutchings, 2005).

Das deutsche landwirtschaftliche Inventar verwendet bisweilen abweichende Methoden, um die nationale Situation zutreffender abbilden zu können.

##### 3.1.2 Structure of the GAS-EM model / Struktur des GAS-EM-Modells

The assessment of emissions within GAS-EM uses the definitions of agriculture according to the definitions of IPCC. It comprises the sectors "animal production" with the source categories 4.A (Emissions from enteric fermentation) and 4.B (emissions from manure management) as well as emissions from agricultural soils and from commercial horticulture (4.D).

Figure 3.1 illustrates the agricultural system with its respective subsystems as well as related neighbouring systems. In addition the mass flows between the agricultural subsystems and the subsequent emissions are shown. The following agricultural subsystems are considered:

- a soil/plant subsystem with primary production
- an animal subsystem, which describes metabolic processes
- a manure management subsystem which considers

Zur Emissionsberechnung mit dem GAS-EM-Modell wird das System Landwirtschaft im Sinne der IPCC-Berichterstattung definiert. Es umfasst die Bereiche „Nutztierhaltung“ mit den IPCC-Quellkategorien 4.A (Emissionen aus der Verdauung) und 4.B (Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement) sowie „landwirtschaftlich und für den kommerziellen Gartenbau genutzte Böden“ (4.D).

Figure 3.1 zeigt das System „Landwirtschaft“ mit den dazugehörigen Subsystemen sowie benachbarte, nicht der Landwirtschaft direkt zugerechnete Systeme. Ebenfalls gezeigt werden die Massenflüsse zwischen den Subsystemen und die daraus resultierenden Emissionen. Landwirtschaftliche Subsysteme sind

- das Subsystem „Boden/Pflanze“ mit der Primärproduktion,
- das Subsystem „Tier“, in dem die Stoffwechselvorgänge im Tier beschrieben werden,

- housing, the storage of animal manures as well as their treatment (e.g. bio gas production) and their application
- the surface and groundwater subsystems as well as
- the natural and seminatural systems influenced by agricultural activities.

- das Subsystem „Wirtschaftsdünger-Management“, das die Stallungen, die Lagerung von Wirtschaftsdüngern, deren Aufbereitung (z.B. Biogas-Anlagen) und deren Ausbringung umfasst,
- das Subsystem „Oberflächen und Grundwässer“ sowie
- das Subsystem „natürliche und naturnahe Flächen“.

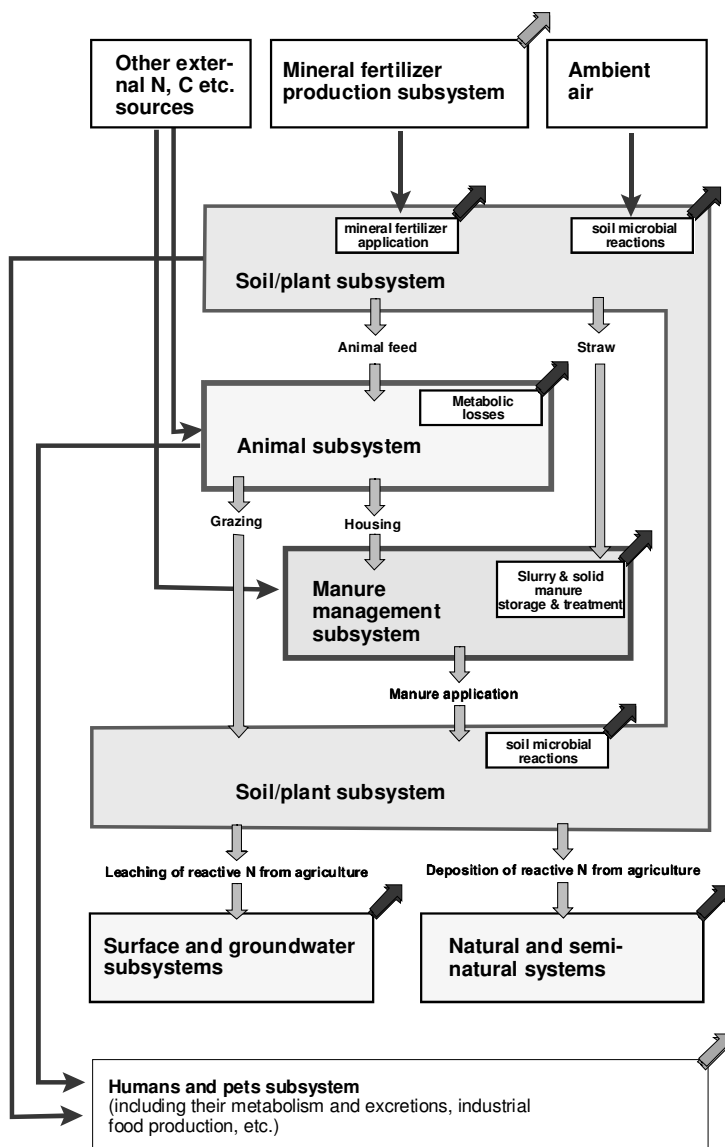


Figure 3.1: Mass flow in agriculture

Narrow black arrows: mass flow between external sources and sinks and the agricultural subsystems; sloping broad black arrows: emissions to the atmosphere. Vertical broad grey arrows: fluxes between agricultural subsystems. Sloping broad grey arrows: emissions not accounted for as agricultural emissions (Dämmgen et al., 2003).

Fluxes into these subsystems from sources other than agriculture are animal feeds, bedding material and mineral fertilizers. In addition, natural fluxes are accounted for, e.g. fluxes of atmospheric  $N_2$  resulting in N fixation by legumes.

Flüsse in diese Subsysteme von außerhalb erfolgen mit Futtermitteln, Einstreu und Mineraldüngern. Zusätzlich wird auch auf natürliche Weise aus der Luft einge-tragenes N berücksichtigt (z.B.  $N_2$ -Flüsse bei der N-Fixierung durch Leguminosen).

N inputs upon and into soils result in N fluxes into non-agricultural systems: surface run-off and leaching transfer N into surface and ground waters. There these inputs are likely to result in  $N_2O$  formation. The conventions attribute these indirect emissions to agriculture as their original source.

Emissions of reactive N species ( $NH_3$ ,  $NO$ ) are subject to atmospheric transport and deposition, after which they interact with the N dynamics of soils, and will eventually lead to the formation of  $N_2O$ . These  $N_2O$  emissions are also attributed to the agricultural sector as indirect agricultural emissions.

Figure 3.2: illustrates how and with which spatial resolution GAS-EM differentiates between animal categories and subcategories - provided that the respective data is available. It distinguishes the source categories 4.A and 4.B. For the latter, different housing, storage and spreading systems are taken into account.

$CH_4$  emissions for the source categories 4.A and 4.B are separately calculated for each animal subcategory used in the inventory (see Chapter 3.2.2 and 3.2.3). Emissions of the N species for 4.B and 4.D are calculated based on the N-flow concept (see Chapter 3.2.4).

N-Einträge auf und in Böden führen zu N-Flüssen in nicht-landwirtschaftliche Systeme: Oberflächenabfluss in Oberflächenwässer und durch Auswaschung in Oberflächen- und Grundwässer. Sie verursachen dort z.B. die Bildung von  $N_2O$ . Die Konventionen ordnen diese indirekten Emissionen der Landwirtschaft als Quelle zu.

Die Emissionen reaktiver N-Verbindungen ( $NH_3$ ,  $NO$ ) werden über die Luft verfrachtet, deponiert und greifen dort in die N-Dynamik der Böden ein. Sie führen dort schließlich zur Bildung von  $N_2O$ . Auch diese indirekten  $N_2O$ -Emissionen werden der Quelle „Landwirtschaft“ zugeordnet.

Figure 3.2: zeigt, wie und auf welcher räumlichen Ebene – soweit Daten vorhanden – das GAS-EM-Modell zunächst nach Tierkategorien und –unterkategorien für die Berechnungen der Quellgruppen 4.A und 4.B differenziert, und diese wiederum nach Stallsystemen, Lagerungssystemen und Ausbringungsverfahren für Wirtschaftsdünger aufteilt.  $CH_4$  wird für 4.A und 4.B getrennt je Tier-Subkategorie berechnet (s. Kapitel 3.2.2 und 3.2.3). Die Emissionen der N-Spezies wird für die Quellgruppen 4.B und 4.D auf der Basis eines N-Fluss-Konzeptes berechnet (s. Kapitel 3.2.4).

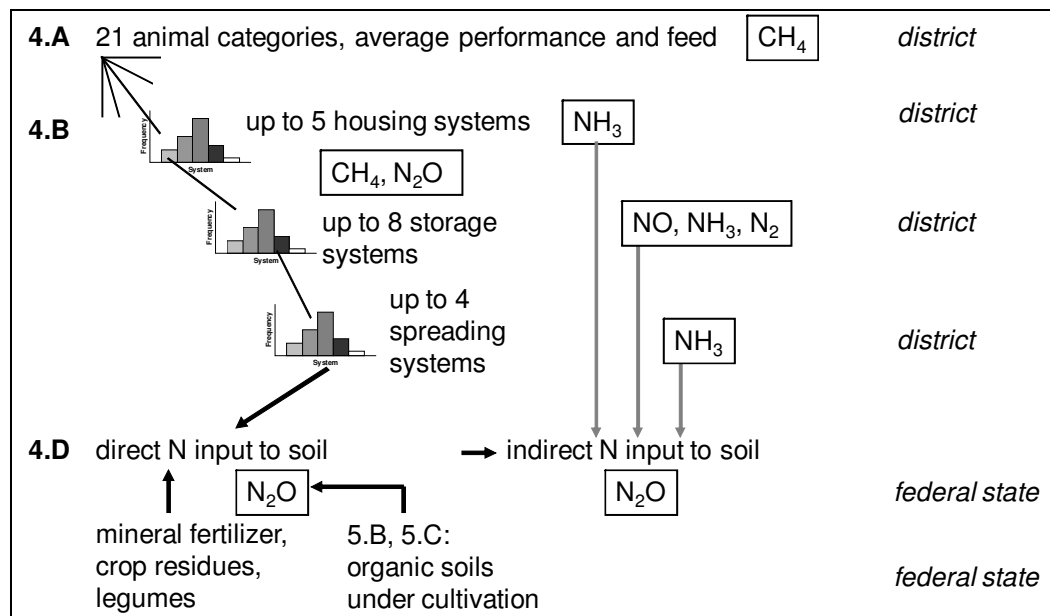


Figure 3.2: Concept, thematic details and spatial resolution of the GAS-EM model

The basic time step in GAS-EM is one year. Processes that need to be examined in shorter time steps (e.g. emissions from the application of manure under different weather conditions) cannot be described in GAS-EM.

GAS-EM is a mass flow model without temporal dynamics (steady state model). It lacks potentials to create or consume stored matter. E.g., the amounts of manure generated in one year have to be applied in the same year.

Der Zeitschritt in GAS-EM beträgt ein Jahr. Prozesse auf kürzeren Zeitskalen (wie z. B. eine witterungsabhängige Ausbringung von Wirtschaftsdünger) können nicht abgebildet werden.

GAS-EM ist ein Stoffflussmodell ohne zeitliche Dynamik (Gleichgewichtsmodell). Das Fehlen von Speicherelementen führt z. B. dazu, dass für die Inventarberechnungen der in einem Jahr angefallene Wirtschaftsdünger im gleichen Jahr auch ausgebracht wird.

### 3.1.3 *Choice of methodologies / Zur Methodenwahl*

GAS-EM calculates emissions of gases and particulate matter from emission factors and the respective statistical data (activity data).

We distinguish between the following methodologies:

- **Tier 1 methodologies** that combine statistical data (e.g. animal numbers from the census) directly with mean emission factors („default emission factors“) provided in the IPCC or EMEP/CORINAIR guidance documents;
- **Tier 2 methodologies** that rely on the use of national data for energy and feed requirements and apply national emission factors, and
- **Tier 3 methodologies** that go beyond Tier 2 methodologies with respect of the degree of detail involved.

As soon as an animal category is classified as a key category, the calculation procedure has to be more detailed than a Tier 1 methodology. However, it has to be taken into account that the detailed treatment e.g. of the emissions from manure management demands a detailed assessment of the excretion rates and thus a detailed treatment of the animal metabolism.

For an overview of the calculation methods involved see Chapter 3.2. Details can be found in those chapters dealing with single animal subcategories (Chapter 4 et seq.) and the chapters dealing with emissions from agricultural soils (Chapter 10 et seq.).

The calculation of uncertainties for both the greenhouse gas and the ammonia inventories is dealt with in Chapter 13.

GAS-EM berechnet die Emissionen von Gasen und Stoffen aus Emissionsfaktoren und darauf bezogenen statistischen Daten (Aktivitätsdaten).

Unterschieden werden die folgenden Vorgehensweisen:

- **Stufe-1-Verfahren**, die sich auf statistische Größen (z.B. Tierzahlen) und mittlere Emissionsfaktoren („default emission factors“) in den Regelwerken von IPCC und EMEP/CORINAIR stützen;
- **Stufe-2-Verfahren**, die nationale Daten zum Energie- und Futterbedarf voraussetzen und nationale Emissionsfaktoren benutzen;
- **Stufe-3-Verfahren**, die im Detaillierungsgrad der Beschreibung über ein Stufe-2-Verfahren hinausgehen.

Werden Tierkategorien als Hauptquellgruppen eingestuft, ist eine Berechnung nach detaillierteren Verfahren als den Stufe-1-Verfahren notwendig. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die detaillierte Behandlung z. B. der Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management eine detaillierte Berechnung der Ausscheidungen und damit eine detaillierte Betrachtung des Stoffwechsels voraussetzt.

Für einen Überblick über die verwendeten Rechenmethoden wird auf Kapitel 3.2 verwiesen. Details finden sich in den Tier-Kapiteln ab Kapitel 4 und den Boden-Kapiteln ab Kapitel 10.

Auf die Berechnung der Unsicherheit von Gesamt-Treibhausgas-Inventar und Gesamt-NH<sub>3</sub>-Inventar geht Kapitel 13 ein.

### 3.1.4 *The GAS-EM EXCEL® calculation workbooks / Die GAS-EM EXCEL®-Rechenmappen*

For each type of emitter (e.g. emissions from cultures with fertilizers, dairy cows, turkeys) GAS-EM comprises a calculation workbook (EXCEL® file) containing a title sheet, one input sheet for activity data and their frequency distributions, one input sheet for emission factors and expert information, one output sheet compiling the results and one or several calculation sheets. In addition, sheets are added for supplementary calculations.

GAS-EM umfasst für jeden Emittententyp (z.B. Emissionen aus gedüngten Kulturen, Milchkühe, Puten) eine Rechen- oder Arbeitsmappe (EXCEL®-Datei) mit einem Titelblatt, einem Eingabeblatt für Aktivitätsgrößen bzw. deren Häufigkeitsverteilungen, einem Eingabeblatt für Emissionsfaktoren bzw. den Expertenschätzungen, die ihnen zugrunde liegen, einem zusammenfassenden Ausgabenblatt und einem oder mehreren Tabellenblättern für Berechnungen. Zusätzliche Tabellenblätter dienen ergänzenden Berechnungen.

## 3.2 *Modelling basics (animal husbandry) / Modellgrundlagen (Nutztierhaltung)*

This chapter describes the basics for the calculation of emissions from animal husbandry in general. Whenever this is necessary, a detailed description of single methodologies is given in the chapters dealing with the respective subcategory (Chapter 4 et seq.).

The modelling of emissions from agricultural soils depends on the specific source to be considered. Detailed descriptions can be found in the respective chapters (Chapter 10 et seq.).

In diesem Kapitel werden allgemeine Modellgrundlagen für die Berechnung von Emissionen aus der Nutztierhaltung beschrieben. Soweit erforderlich erfolgt eine weitere Detaillierung der Methodenbeschreibung in den entsprechenden Tierkapiteln (ab Kapitel 4).

Die Modellierung der Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden hängt von der betrachteten Emissionsquelle ab und wird daher in den entsprechenden Kapiteln direkt beschrieben (ab Kapitel 10).

### 3.2.1 *Energie requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme*

Whenever the necessary descriptions of processes are available, the German inventory calculates the energy requirements of an agricultural animal. As a rule, the metabolizable energy (ME) is assessed. Dairy cows form an exception. Here the NEL system is used (NEL: net energy for lactation).

Overall energy requirements comprise the requirements for maintenance, the requirements related to performance (growth, production of milk or eggs) and the requirements for the production of offspring.

On the assumption that feed is primarily intended to meet the energy requirements, the energy contents of the diets (ME or NEL contents) can be used in connection with feed properties to derive the amount of feed taken in. As a rule, the dry matter intake  $m_{F, dm}$  is calculated.

The gross energy contents of the diet components then allow for the assessment of the gross energy (GE) intake. The latter is the base for the calculations of methane emissions from enteric fermentation (see Chapter 3.2.2) as well as for the derivation of the methane emissions from manure management (see Chapter 3.2.3.3) according to IPCC (1996) and IPCC (2006).

However, for the assessment of methane emissions from manure management, the German inventory uses a national approach for the most important animal subcategories. According to Dämmgen et al. (2011a), the dry matter intake ( $m_{F, dm}$ ) is used instead. For details see Chapter 3.2.3.2).

The crude protein (XP) content of the diet components is then used to derive the XP intake with feeds. The division of the result by  $6.25 \text{ kg kg}^{-1}$  leads to the N intake. This entity is needed to create the N balance which is needed to address the N excretion rates (see Chapter 3.2.4.3). All calculations assume that the XP or N requirements are met if the input is calculated using typical diet compositions. The comparison with national standards for N excretion rates can then be used to check the plausibility of the calculation procedure.

Diet compositions and the properties of the feed constituents then allow for the assessment of further effective entities needed for the quantification of emission rates, such as the digestibility of energy ( $X_{DE}$ ) for the calculation of methane from manure management according to IPCC. Dämmgen et al. (2011a) presuppose the knowledge of the digestibility of organic matter ( $X_{DOM}$ ) to calculate these emissions.

Figure 3.3 illustrates the relations between the various relevant entities described above. Here, NE also stands for NEL.

Sofern die dazu erforderlichen Prozessbeschreibungen verfügbar sind, berechnet das deutsche Inventar den tierischen Energiebedarf eines landwirtschaftlichen Nutztieres. Dies geschieht in aller Regel im ME-System, d. h. unter Zugrundelegung der umsetzbaren Energie (metabolizable energy). Lediglich bei den Milchkühen wird das NEL-System angewandt (NEL: Netto Energie Laktation).

Der Energiebedarf gliedert sich in den Erhaltungsbedarf, den leistungsbedingten Bedarf (Wachstum, Produktion von Milch oder Eiern) und den Bedarf zur Produktion von Nachkommen.

Unter der Annahme einer energiebedarfsdeckenden Fütterung wird mit Hilfe der Energiegehalte der Futterkomponenten (ME- bzw. NEL-Gehalte) die Menge des aufgenommenen Futters berechnet. Dies geschieht in der Regel in Form von Trockenmasse ( $m_{F, dm}$ ).

Mit Hilfe des Bruttoenergiegehaltes der Futterkomponenten wird die mit dem Futter aufgenommene Bruttoenergie GE (gross energy) berechnet. GE ist Grundlage für die Berechnung der Methan-Emissionen aus der Verdauung (siehe Kapitel 3.2.2) sowie nach IPCC (1996) und IPCC (2006) auch der Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (siehe Kapitel 3.2.3.3).

Im Fall der Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wurde das deutsche Inventar für die wichtigsten Tiere inzwischen auf die aktualisierte Methode nach Dämmgen et al. (2011a) umgestellt, die statt von GE von der Aufnahme an Futtertrockenmasse ( $m_{F, dm}$ ) ausgeht, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Mit Hilfe des Gehaltes an Rohprotein (XP) in den einzelnen Futterkomponenten wird schließlich die XP-Aufnahme mit dem Futter berechnet, aus der mit Division durch  $6,25 \text{ kg kg}^{-1}$  unmittelbar die N-Aufnahme hervorgeht. Diese Größe wird in der tierischen N-Bilanz benötigt, um die N-Ausscheidung zu berechnen (siehe Kapitel 3.2.4.3). Es wird davon ausgegangen, dass der XP- bzw. N-Bedarf eines Tieres dann gedeckt ist, wenn seine N-Aufnahme anhand von Kennwerten typischer Futterkomponenten berechnet wird und die sich ergebende N-Ausscheidung dem nationalen Standard entspricht.

Anhand der Futterzusammensetzung und den Eigenschaften der Futterkomponenten werden effektive Mittelwerte zusätzlicher Größen abgeleitet, die für die Emissionsberechnung erforderlich sind. Dies ist im wesentlichen die Verdaulichkeit von Energie ( $X_{DE}$ ) für den IPCC-Ansatz zur Methanberechnung aus dem Wirtschaftsdünger-Management, während der aktualisierte Ansatz nach Dämmgen et al. (2011a) die Verdaulichkeit von organischer Masse ( $X_{DOM}$ ) benötigt.

Figure 3.3 illustriert die verschiedenen in dem oben skizzierten Konzept relevanten Energiegrößen und ihren Zusammenhang (NE steht hier auch für NEL):

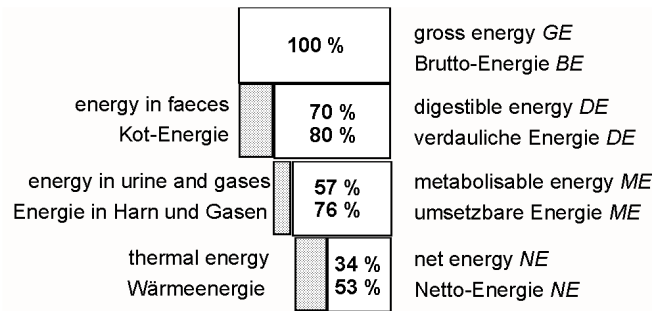


Figure 3.3: Energies considered in animal metabolism

White rectangles: energies considered; shaded rectangles: energies lost. Figures in the white rectangles are exemplary data (upper figure: ruminants, lower figure: pigs).

On the assumption that the energy contained in the diet meets the animals' requirements, the above diagram (Figure 3.3) allows for the definition of the feed properties "digestibility of energy" ( $X_{DE}$ ) and "metabolizability of energy" ( $X_{ME}$ ), whereby the knowledge of  $X_{ME}$  and the metabolizable energy (ME) intake allow for the quantification of gross energy (GE) intake, as illustrated below.

Unter der Voraussetzung, dass die im Futter enthaltenen Energien genau den vom Tier benötigten Energien entsprechen, erlaubt das in Figure 3.3 gezeigte Schema die Definition der Futterkenngrößen „Verdaulichkeit von Energie“ ( $X_{DE}$ ) und „Umsetzbarkeit von Energie“ ( $X_{ME}$ ), wobei die Kenntnis von  $X_{ME}$  den Schluss von der aufgenommenen umsetzbaren Energie (ME) auf die gesuchte Bruttoenergie (GE) ermöglicht, wie weiter unten gezeigt wird.

$$X_{DE} = \frac{DE}{GE} \quad (3.1)$$

$$X_{ME} = \frac{ME}{GE} \quad (3.2)$$

where

$X_{DE}$	digestibility of energy (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$X_{ME}$	metabolizability of energy (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$GE$	gross energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$DE$	digestible energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$ME$	metabolisable energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The digestibility of organic matter  $X_{DOM}$  is achieved in analogy to the digestibility of energy  $X_{DE}$ .  $X_{DOM}$  is the ratio between organic matter taken in and digested organic matter. As a rule,  $X_{DOM}$  slightly exceeds  $X_{DE}$ .

The ME system allows for the calculation of GE intakes using the following equation:

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM}$  ist eine zu  $X_{DE}$  analoge Größe. Sie beschreibt das Verhältnis zwischen verdauter und aufgenommener organischer Substanz. Der Wert von  $X_{DOM}$  liegt im Allgemeinen etwas über dem von  $X_{DE}$ .

Im ME-System lässt sich die Bruttoenergieaufnahme GE wie folgt berechnen:

$$GE = \frac{ME_m + ME_f + ME_l + ME_d + ME_p + ME_g}{X_{ME}} \quad (3.3)$$

where

$GE$	gross energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$ME_m$	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$ME_f$	metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$ME_p$	metabolisable energy required for pregnancy (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$ME_l$	metabolisable energy for lactation (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$ME_d$	metabolisable energy required for draft power (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$X_{ME}$	metabolizability of feed (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

The applicability of the ME terms in this equation depends on the different mammal types in agricultural animal husbandry. This issue is dealt with in the respective subchapters of the subsequent animal description chapters beginning with Chapter 4.4. The GE approach given above applies analogously to poultry.

An alternative approach to assess GE intake rates is the multiplication of feed intake amounts with the respective GE contents. This variant is made use of with dairy cows (see Chapter 4.3.4.5).

Dairy cows are the only subcategory where the energy requirements are not calculated using the NE, but the NEL system. The assessment of NEL requirements for dairy cows uses a national methodology as described in Chapter 4.3.2. The parametrization proposed in IPCC(2006)-10.21 is not used.

Nicht bei allen Säugetieren in der landwirtschaftlichen Tierhaltung sind alle aufgeführten *ME*-Terme von Bedeutung. Hierauf gehen die entsprechenden Unterkapitel in den nachfolgenden Tierbeschreibungen ab Kapitel 4.4 ein. Für Geflügel gilt der obige Ansatz in analoger Weise.

Eine alternative Möglichkeit zur GE-Berechnung besteht darin, die aufgenommene Futtermenge mit dem mittleren GE-Gehalt des Futters zu multiplizieren. Diese Variante kommt u. a. bei den Milchkühen zum Einsatz (siehe Kapitel 4.3.4.5).

Milchkühe sind die einzige Tierkategorie im Inventar, für die der Energiebedarf nicht nach dem ME-, sondern nach dem NEL-System berechnet wird. Die NEL-Berechnung für Milchkühe erfolgt dabei nach einem detaillierten nationalen Ansatz (siehe Kapitel 4.3.2), so dass die GE-Parameterisierung nach IPCC(2006)-10.21 nicht zum Einsatz kommt.

### 3.2.2 *Methane emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung*

#### 3.2.2.1 *General Procedure / Allgemeine Vorgehensweise*

The calculation of methane emissions from enteric fermentation can be performed according to three different levels of complexity (Tiers), see IPCC(1996)-3-4.15 ff; IPCC(2006)-10.24 ff). For details of the procedures applied see the respective animal category chapters.

The choice of the complexity level depends on whether the animal category under consideration is considered a key source with respect to methane emissions from enteric fermentation. If this is the case, a Tier 2 or Tier 3 method has to be used.

Zur Ermittlung der Methanemissionen aus der Verdauung stehen unterschiedlich komplexe Berechnungsverfahren zur Verfügung (IPCC(1996)-3-4.15 ff; IPCC(2006)-10.24 ff). Die Einzelheiten zu den angewendeten Verfahren sind den entsprechenden Kapiteln der jeweiligen Tierkategorie zu entnehmen.

Die Auswahl des anzuwendenden Verfahrens hängt davon ab, ob die jeweilige Tierkategorie als Hauptquellgruppe bzgl. der Methanemissionen aus der Verdauung eingestuft werden. Ist Letzteres der Fall, muss mit Stufe 2 oder Stufe 3 gerechnet werden.

#### 3.2.2.2 *Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren*

For the assessment of emissions, the simple Tier 1 method combines animal numbers with default emission factors, irrespective of the energy requirements.

The calculations make use of the following equation for each animal category:

$$E_{\text{CH}_4, \text{ent}, i} = n_i \cdot EF_{\text{CH}_4, \text{ent}, i} \quad (3.4)$$

where

$E_{\text{CH}_4, \text{ent}, i}$	methane emission from enteric fermentation of animal category $i$ (in $\text{kg a}^{-1} \text{CH}_4$ )
$n_i$	number of animal places for animal category $i$ (in pl)
$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}, i}$	default emission factor for animal category $i$ (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{CH}_4$ )

#### 3.2.2.3 *Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren*

The more detailed Tier 2 methodology makes use of the basic equation given in Chapter 3.2.2.2, where the default emission factor is replaced with an emission

Das detailliertere Stufe-2-Verfahren nutzt die in Kapitel 3.2.2.2 angegebene Gleichung, ersetzt den Default-Wert des Emissionsfaktors aber durch eine Berechnung

factor based on national data for energy requirements.

According to IPCC(2006)-10.31, Equation 10.21, the methane emission factor is calculated for each animal category using a default value of the methane conversion factor ( $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$ , IPCC (2006)-10.30f, Table 10.12, Table 10.13) as follows:

$$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}, i} = GE_i \cdot \frac{x_{\text{CH}_4, \text{GE}, i}}{\eta_{\text{CH}_4}} \quad (3.5)$$

where

$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}, i}$	emission factor for animal category i (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{CH}_4$ )
$GE_i$	gross energy intake per place of animal category i (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), see Chapter 3.2.1
$x_{\text{CH}_4, \text{GE}, i}$	default methane conversion factor of animal category i (fraction of GE converted to methane) (in $\text{MJ MJ}^{-1}$ )
$\eta_{\text{CH}_4}$	energy content of methane ( $\eta_{\text{CH}_4} = 55.65 \text{ MJ (kg CH}_4\text{)}^{-1}$ )

### 3.2.2.4 Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren

The Tier 3 approach (IPCC(2006)-10.31 f) makes use of the equations given in Chapters 3.2.2.2 and 3.2.2.3, where the methane conversion factor ( $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$ ) is determined on base of national or subnational data.

mit Hilfe nationaler Werte des Gesamt-Energiebedarfs.

Nach IPCC(2006)-10.31, Gleichung 10.21, wird für jede Tierkategorie der Emissionsfaktor unter Verwendung eines Standard-Wertes für den Methan-Umwandlungsfaktor ( $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$ , IPCC (2006)-10.30f, Table 10.12, Table 10.13) wie folgt berechnet:

Das Stufe-3-Verfahren (IPCC(2006)-10.31 f) nutzt die in den Kapiteln 3.2.2.2 und 3.2.2.3. angegebenen Gleichungen, wobei der Methan-Umwandlungsfaktor ( $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$ ) aus nationalen oder regionalen Daten abgeleitet wird.

## 3.2.3 Carbon in manure management / Kohlenstoff im Wirtschaftsdünger-Management

### 3.2.3.1 C mass flow concept / C-Massenfluss-Konzept

The flow of carbon in animal husbandry is illustrated in Figure 3.4.

At present, a comprehensive mass flow treatment of carbon within the inventory model GAS EM is impossible due to the lack of an adequate method for the assessment of  $\text{CO}_2$  emissions from manure management. However, the present reporting requirements do not demand balancing, nor the assessment of  $\text{CO}_2$  emissions.

At present, only the C emissions (methane) from the animals' VS excretions (see Chapter 3.2.3.2) are calculated with the inventory model GAS EM. Slurry based and straw based systems are considered with their typical storage facilities.

Der Kohlenstoff-Fluss in der Tierproduktion ist in Figure 3.4 dargestellt.

Eine umfassende C-Stofffluss-Betrachtung mit dem Inventarmodell GAS-EM ist derzeit nicht möglich, da noch keine angemessenen Methoden zur Quantifizierung von  $\text{CO}_2$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management verfügbar sind. Gegenwärtig sind allerdings weder Stoffbilanzen noch  $\text{CO}_2$ -Emissionen Teil der Berichtspflichten.

Zurzeit werden mit dem Inventarmodell GAS-EM nur die zu berichtenden C-Emissionen (Methan) aus den tierischen VS-Ausscheidungen (siehe Kapitel 3.2.3.2) berechnet. Gülle- und strohbasierte Systeme werden mit ihren typischen Lagerformen berücksichtigt.



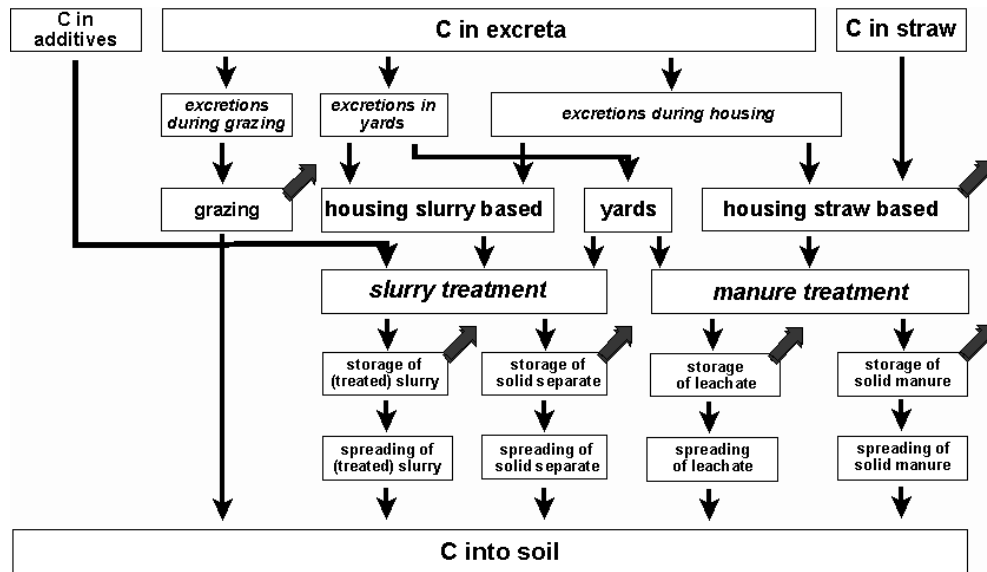


Figure 3.4: Carbon pools and pathways in animal husbandry  
Vertical black arrows indicate the fluxes between pools, slant broad arrows the respective CH<sub>4</sub> emissions.

### 3.2.3.2 VS excretions / VS-Ausscheidungen

The assessment of CH<sub>4</sub> emissions from the manure management (see Chapter 3.2.3.3) presupposes the knowledge of the amount of “volatile solids” (VS) excreted. Volatile solids comprise the organic material in livestock manure that is oxidised at 800 °C. The respective equation is:

$$VS = DM_{\text{excr}} - m_{\text{ash}} \quad (3.6)$$

Where

VS	volatile solids excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
DM <sub>excr</sub>	dry matter excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
m <sub>ash</sub>	amount of ash contained in excretions (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The relation between the excretion rates of total VS, degradable VS (VS<sub>d</sub>) and non-degradable VS (VS<sub>nd</sub>) is as follows:

$$VS = VS_d + VS_{nd} \quad (3.7)$$

In principle, CH<sub>4</sub> emissions from manure management (see chapters 3.2.3.3.3 and 3.2.3.3.4) are related to VS<sub>d</sub>. However, in a first approach, VS<sub>d</sub> is proportional to VS<sub>excr</sub>. The factor relating the two is depending on the composition of the excreta. The methodology proposed by IPCC (1996)-3-4.34, considers this in a “maximum methane producing capacity for manure” B<sub>o</sub> (see Chapter 3.2.3.3.3). According to IPCC (1996)-3-4.31, Gl. 4.16, the VS excretion is to be calculated as follows:

Die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (siehe Kapitel 3.2.3.3) erfordert die Kenntnis der ausgeschiedenen Mengen an „volatile solids“. „Volatile solids“ stehen für die organische Substanz in den Ausscheidungen, die als Glühverlust bei 800 °C bestimmt wird. Es gilt:

Die Gesamtmenge an VS teilt sich in abbaubare (VS<sub>d</sub>) und nicht abbaubare VS (VS<sub>nd</sub>):

Im Prinzip wären die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (siehe Kapitel 3.2.3.3.3 und 3.2.3.3.4) auf VS<sub>d</sub> zu beziehen. In erster Näherung ist VS<sub>d</sub> aber proportional zu VS<sub>excr</sub>. Der Proportionalitätsfaktor ist von der Zusammensetzung der Exkremente abhängig. IPCC (1996)-3-4.34 berücksichtigt diesen Umstand in der „größtmöglichen Methan-Bildungskapazität für Wirtschaftsdünger“ B<sub>o</sub> (siehe Kapitel 3.2.3.3.3) und gibt die folgende Gleichung zur Berechnung der VS-Ausscheidungen an:

$$VS = GE \cdot \frac{1}{c_E} \cdot (1 - X_{DE}) \cdot (1 - x_{ash}) \quad (3.8)$$

where

$VS$	excretion of volatile solids (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$GE$	gross energy intake (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), see Chapter 3.2.1
$c_E$	energy content of dry matter taken in ( $c_E = 18.45 \text{ MJ kg}^{-1}$ , IPCC(2006)-10.42)
$X_{DE}$	digestibility (in $\text{MJ MJ}^{-1}$ ), see Chapter 3.2.1
$x_{ash}$	fraction of ash content in excretions (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see below

The IPCC (2006) approach is quite similar with the exception that urine is additionally taken into account as an additional bearer of energy. According to IPCC (2006), typically  $0.04 \text{ MJ (MJ GE)}^{-1}$  can be considered urinary energy excretion by most ruminants.

In the explanations to the equations, both IPCC (1996) and IPCC (2006) provide a default ash content of “around 8 %” (IPCC, 1996) for cattle and buffalo and of  $0.08 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC, 2006) for cattle only in **manure**. The descriptions of ash contents in pig manure in IPCC (1996), pg. 4.23, and in the appendix, Table B-2 (pg. 4.42), are ambiguous. The text refers to 2 % as ash content in **manure**, whereas the appendix states that the VS default emission factor was derived for ash contents of 2 % in pig **feed** (developed countries). IPCC (2006) does not provide information about ash contents in pig manure.

As a result of the September 2010 in-country-review, Dämmgen et al. (2011a) reviewed the calculation process. Firstly, they could give reasons for the fact that the difference between the IPCC (1996) and (2006) approaches (inclusion of urine) is irrelevant, as 90 to 95 % of the organic matter in urine is urea and allanthoin. Both are hydrolyzed within hours after excretion to  $\text{CO}_2$  and  $\text{NH}_3$ . They do not form degradable organic matter as defined and do not account for any  $\text{CH}_4$  formation (Monteny and Erisman, 1999).

In addition, they could illustrate that the IPCC approach is only an approximation of the correct relation given below:

$$VS = m_{F, dm} \cdot (1 - X_{DOM}) \cdot (1 - X_{ash, feed}) \quad (3.9)$$

where

$VS$	excretion of volatile solids (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$m_{F, dm}$	feed intake rate (dry matter) (in $\text{kg place}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), see Chapter 3.2.1
$X_{DOM}$	apparent digestibility of organic matter (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$X_{ash, feed}$	ash content of feed (in $\text{kg kg}^{-1}$ )

The IPCC recommendation to use a single  $c_E$  value independent of the animal subcategory and independent of the diet composition and the use of  $X_{DE}$  instead of  $X_{DOM}$  (where  $X_{DOM} > X_{DE}$  in any case) in combination with inappropriate ash contents is likely to result in a misjudgement of VS excretion rates.

For Germany, the combination of the correct equation with national data instead of IPCC default values results in a reduction of calculated VS excretion rates for cattle

Der Ansatz in IPCC (2006) ist ähnlich und unterscheidet sich lediglich darin, dass zusätzlich Harn als Energieträger berücksichtigt wird. Als typische Größenordnung gibt IPCC  $0,04 \text{ MJ (MJ GE)}^{-1}$  für die meisten Wiederkäuer an.

In den Erläuterungen geben sowohl IPCC (1996) als auch IPCC (2006) einen Standard-Asche-gehalt von “etwa 8 %” für Rinder und Büffel (IPCC, 1996) bzw. von  $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC, 2006) für Rinder, bezogen auf die **Ausscheidungen**, an. Die Angaben für die Asche-Gehalte in Schweine-Ausscheidungen in IPCC (1996), S. 4.23, und in Table B-2 (S. 4.42), sind widersprüchlich. Der Text gibt 2 % als Asche-Gehalt der **Ausscheidungen** an, wohingegen die Angaben in der Tabelle im Anhang von 2 % im **Futter** (entwickelte Länder) betragen. IPCC (2006) schlägt keine Standard-Asche-Gehalte in den Ausscheidungen vor.

Im Nachgang zum In-Country-Review im September 2010 überprüften Dämmgen et al. (2011a) den Sachverhalt. Sie konnten zum Einen begründen, dass der Unterschied zwischen den Ansätzen von IPCC (1996) und IPCC (2006) (Einbeziehung von Harn) irrelevant ist, da die organischen Masse im Harn zu 90 bis 95 % aus Harnstoff und Allanthoin besteht. Beide werden innerhalb weniger Stunden nach der Ausscheidung vollständig zu  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$  hydrolysiert und tragen nicht zur  $\text{CH}_4$ -Bildung bei (Monteny und Erisman, 1999).

Zum Anderen konnten Dämmgen et al. (2011a) zeigen, dass der IPCC-Ansatz nur eine Näherung für den nachstehend angegebenen korrekten Ansatz darstellt:

Die IPCC-Vorgabe eines für alle Tiere gleichen und damit auch von der Fütterung unabhängigen  $c_E$ -Wertes, die Verwendung von  $X_{DE}$  anstelle von  $X_{DOM}$  (wobei stets  $X_{DOM} > X_{DE}$ ), sowie nicht angemessene Aschegehalte können zu Fehleinschätzungen in der VS-Ausscheidung führen.

So führt für Deutschland die Verwendung der korrekten Gleichung mit nationalen Daten anstelle von IPCC-default-Werten bei Rindern und Schweinen zu einer

and pigs and hence to reduced methane emission from manure storage facilities (Dämmgen et al., 2011a).

On the contrary, VS excretion rates for poultry are higher than those calculated according to the IPCC recommendations. This fact is due to the consideration of ash contents in feed rather than in manure and the comparatively low ash contents of the diets.

The correct description following Dämmgen et al. (2011a) is used in the German emission inventory wherever the availability of data allows for it. Details will be described separately for each single animal sub-category.

Verringerung der berechneten VS-Ausscheidungen und damit zu verringerten Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Lager (Dämmgen et al., 2011a).

Für Geflügel ergibt sich dagegen eine im Vergleich zum IPCC-Standardwert höhere VS-Ausscheidung, was im Ersatz des Aschegehaltes der Ausscheidungen durch die deutliche niedrigeren Aschegehalte des Futters begründet ist.

Die korrekte Gleichung nach Dämmgen et al. (2011a) wird im deutschen Emissionsinventar angewendet, soweit die dafür erforderlichen Daten vorliegen. Hierauf wird in den entsprechenden Tierkapiteln gesondert eingegangen.

### 3.2.3.3 Methane emissions from manure management / Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger-Management

#### 3.2.3.3.1 General Procedure / Allgemeine Vorgehensweise

According to IPCC(1996)-3-4.77 ff two tiers may be used for the calculation of the methane emissions from manure management. IPCC(2006)-10.35 ff provides three tiers. All methods are based on the following equation:

$$E_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} = n_i \cdot EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} \quad (3.10)$$

where

$E_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$	CH <sub>4</sub> emission from manure management of animal category i (in kg a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$n_i$	number of animal places for animal category i (in pl)
$EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$	emission factor for methane from manure management for animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )

Methane emissions also originate from the fermentation of straw used as bedding that is incorporated into solid manures.

IPCC reflects this in its Tier 2 approach (IPCC, 2006-10.41) indicating that methane emissions from bedding are not taken into account. The reason given is that these do not contribute significantly to the overall emissions.

Up to now, Germany considered the amounts of VS imported with bedding material as source (see Dämmgen et al., 2009a). However, this was postponed until an internationally accepted methodology for the treatment of straw is agreed upon. The IPCC methodology without consideration of bedding material is applied in order to guarantee international compatibility.

The IPCC methodologies are described in the following chapters.

Methanemissionen entstehen ebenfalls bei der Vergärung von Stroh, das als Einstreu in den Festmist gelangt.

IPCC geht hierauf nur im Stufe-2-Verfahren ein (IPCC, 2006-10.41), wobei festgestellt wird, dass Methanemissionen aus Einstreu nicht berücksichtigt werden. Als Begründung wird angeführt, dass sie nicht signifikant zur Gesamtemission beitragen.

Deutschland verfolgte bisher den Ansatz, die mit der Einstreu eingebrachten VS-Mengen zu berücksichtigen (s. z. B. Dämmgen et al., 2009a). Bis zur Entwicklung einer international konsensfähigen Methode werden ab diesem Inventar jedoch die vorgegebenen IPCC-Verfahren ohne Einstreu angewendet, um eine bessere Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen anderer Staaten herzustellen.

Die IPCC-Methoden werden nachstehend beschrieben.

#### 3.2.3.3.2 Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren

The Tier 1 methodology (IPCC(2006)-10.37) makes use of the basic equation given in Chapter 3.2.3.3.1 and default emission factors.

Das Stufe-1-Verfahren (IPCC(2006)-10.37) nutzt die Grundgleichung (s. Kapitel 3.2.3.3.1) mit default-Emissionsfaktoren.

### 3.2.3.3.3 Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren

The Tier 2 method relies on two primary types of inputs: properties of the manure and manure management system characteristics.

The manure properties include the amount of VS produce in the manure and the maximum amount of methane able to be produced from that manure. In the German inventory, the calculation of the amount of VS excreted considers energy and feed requirements with a resolution in space exceeding that of the national level.

Neglection of VS contributions by bedding material is addressed in Chapter 3.2.3.3.1.

The emission factor  $EF_{CH_4, MM, i}$  is defined by (cf. equation 10.23 in IPCC(2006)-10.21):

$$EF_{CH_4, MM, i} = VS_i \cdot \alpha \cdot B_{o, i} \cdot \rho_{CH_4} \cdot \sum_{jk} MCF_{i, j, k} \cdot MS_{i, j} \quad (3.11)$$

where

$EF_{CH_4, MM, i}$	emission factor for methane from manure management for animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$VS_i$	volatile solid excretion rate of animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.2.3.2
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$B_{o, i}$	maximum methane producing capacity (in m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$\rho_{CH_4}$	density of methane ( $\rho_{CH_4} = 0.67 \text{ kg m}^{-3}$ )
$MCF_{i, j, k}$	methane conversion factors for manure management system j and climate region k (in kg kg <sup>-1</sup> )
$MS_{i, j}$	fraction of animal category i whose manure is handled in a system j (in pl pl <sup>-1</sup> )

The MCF are provided in IPCC(2006)-10.77 ff. Some of the MCF are a function of the mean annual temperature which is available for each German district. Table 3.4 (Chapter 3.3.4) illustrates that Germany has to be considered a cold region: annual mean temperatures in general fall below 12 °C.

Das Stufe-2-Verfahren baut auf zwei Gruppen von Inputdaten auf: Eigenschaften des Wirtschaftsdüngers und Charakteristika der Managementsysteme.

Die Eigenschaften des Wirtschaftsdüngers umfassen die Menge der VS-Ausscheidungen und die maximale Methanproduktionskapazität  $B_o$ . Die Berechnung der VS-Menge erfolgt im deutschen Inventar anhand detaillierter Energie- und Futterbedarfsbetrachtungen (mit einer höheren räumlichen Auflösung als die Gesamtnation).

Zur Vernachlässigung von VS-Beiträgen aus dem Einstreumaterial siehe Kapitel 3.2.3.3.1.

Für den Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, MM, i}$  gilt (vgl. Gleichung 10.23 in IPCC(2006)-10.21):

Die MCF werden aus IPCC(2006)-10.77 ff entnommen. Sie sind teilweise eine Funktion der Jahresmitteltemperatur, welche für für jeden deutschen Landkreis verfügbar ist. Table 3.4 (Kapitel 3.3.4) zeigt, dass Deutschland zu den kalten Gebieten zählt: Die Jahresmitteltemperatur liegt generell unter 12 °C.

### 3.2.3.3.4 Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren

IPCC (2006)-10.37 defines the Tier 3 approach as follows:

„The best way to determine emission factors is to conduct ... measurements of emissions in actual systems representative of those in use in the country. The field results can be used to develop models to estimate emission factors.“

The Tier 3 approach is not used in the German inventory.

Stufe 3 ist nach IPCC (2006)-10.37 wie folgt definiert:

„Der beste Ansatz zur Bestimmung von Emissionsfaktoren besteht aus der ... Messung von Emissionen in realen Systemen, die repräsentativ für die im Land genutzten Systeme sind. Die Feldversuchsergebnisse können zur Entwicklung von Modellen zur Berechnung von Emissionsfaktoren genutzt werden.“

Der Stufe-3-Ansatz kommt im deutschen Inventar nicht zum Einsatz.

#### 3.2.3.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

IPCC do not provide a methodology to assess NMVOC emissions from manure management. According to EMEP(2009)-4B-41, "data on NMVOC emission from animal husbandry do not allow any direct estimate of EF ...".

In its September 2010 in-country-review the ERT considered the emission factors derived in Hobbs et al. (2004) to be inadequate and indicated that they might considerably overestimate NMVOC emissions for which reason they had not been included in the EMEP (2009) methodology any more. The ERT thus recommended not to include NMVOC emissions in the German inventory. (Finland also omitted their NMVOC emissions from agriculture.)

In its submission 2012 Germany goes along with the ERT recommendation.

IPCC gibt keine Methode zur Berechnung von NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management an. EMEP(2009)-4B-41 stellt fest: "Daten zu NMVOC-Emissionen aus der Tierhaltung erlauben keine direkte Schätzung von Emissionsfaktoren ...".

Im Rahmen des In-Country-Review 2010 wurde durch das ERT festgestellt, dass die von Deutschland bisher verwendeten Emissionsfaktoren von Hobbs et al. (2004) zweifelhaft sind, zu einer erheblichen Überschätzung der NMVOC-Emissionen führen und aus diesen Gründen nicht in EMEP (2009) aufgenommen wurden. Das ERT empfahl, dass Deutschland wie Finnland und Dänemark keine NMVOC-Emissionen aus der Landwirtschaft berichtet.

Deutschland folgt dieser Empfehlung ab der vorliegenden Submission 2012.

#### 3.2.4 Nitrogen in manure management / Stickstoff im Wirtschaftsdünger-Management

##### 3.2.4.1 N mass flow model for mammals / N-Massenfluss-Modell bei Säugetieren

In Europe, this so-called mass flow approach is applied in Denmark, the United Kingdom, The Netherlands and Switzerland. Though the respective approaches reflect national peculiarities, a comparison of the national solutions showed identical results as long as standardised data sets for the input variables were used (Reidy et al., 2008).

According to Dämmgen and Hutchings (2008) the N flow within the manure management system is treated as depicted in Figure 3.5.

The approach differentiates between N excreted with faeces and urine and two fractions of N:

- $N_{org}$ : organic nitrogen is the fraction that is undigested N in the feed and excreted with faeces;
- TAN (total ammoniacal nitrogen) is the fraction of N that is digested and excreted with urine (for the TAN content calculation see Chapter 3.2.4.3)

Figure 3.5 allows for a tracing of the pathways of the two N fractions after excretion. During storage both fractions react to form the respective other fraction.

For the calculation of the emissions of N species from the various stages between N excretion and N supply to the soil two N pools are maintained along the calculation process: One pool represents the overall N amount in the respective phase whereas the other pool implies the share of the N amount which is present as TAN.

Due to the definition of the emission factors,  $NH_3$  emissions are calculated proportionally to the available amount of TAN while  $N_2O$ , NO and  $N_2$  emissions are calculated in proportion to the overall N amount available.

Das Massenfluss-Verfahren wird in Europa von Dänemark, Großbritannien, den Niederlanden und der Schweiz angewendet. Dabei berücksichtigen die einzelnen Verfahren nationale Gegebenheiten. Ein Vergleich der nationalen Lösungen hat ergeben, dass sie identische Ergebnisse erzeugen, wenn sie mit standardisierten Eingangs-Datensätzen berechnet werden (Reidy et al., 2008).

Der N-Fluss im Wirtschaftsdünger der Säugetiere wird nach Dämmgen und Hutchings (2008) wie in Figure 3.5 behandelt.

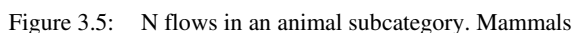
Unterschieden werden dabei die Ausscheidungen mit Kot und Harn und zwei N-Fractionen:

- $N_{org}$ : organischer Stickstoff, der nicht verdaut, sondern mit dem Kot ausgeschieden wird;
- TAN (total ammoniacal nitrogen) ist die Fraktion, die verdaut und mit dem Harn ausgeschieden wird (zur TAN-Berechnung siehe Kapitel 3.2.4.3).

Figure 3.5 erlaubt es, die Wege der beiden N-Fractionen nach ihrer Ausscheidung zu verfolgen. Im Lager treten (Netto-)Umwandlungen der Fractionen in die jeweils andere auf.

Zur Berechnung der N-Emissionen aus verschiedenen Stationen zwischen der tierischen N-Ausscheidung und dem N-Eintrag in den Boden werden zwei N-Pools in den Rechnungen mitgeführt: Dies sind die gesamte im jeweiligen Stadium zur Verfügung stehende N-Menge sowie derjenige Anteil dieser Menge, der als TAN vorliegt.

Aufgrund der Definitionen der Emissionsfaktoren werden  $NH_3$ -Emissionen proportional zur verfügbaren TAN-Menge berechnet, während  $N_2O$ -, NO- und  $N_2$ -Emissionen proportional zur verfügbaren N-Gesamtmenge bestimmt werden.



*m*: mass from which emissions may occur. Narrow broken arrows: TAN; narrow continuous arrows: organic N. The horizontal arrows denote the process of immobilisation in systems with bedding occurring in the house, and the process of mineralisation during storage, which occurs in any case. Broad hatched arrows denote emissions assigned to manure management:  $E$  emissions of N species ( $E_{\text{yard}}$   $\text{NH}_3$  emissions from yards;  $E_{\text{house}}$   $\text{NH}_3$  emissions from house;  $E_{\text{storage}}$   $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  emissions from storage;  $E_{\text{applic}}$   $\text{NH}_3$  emissions during and after spreading. Broad open arrows mark emissions from soils:  $E_{\text{graz}}$   $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  emissions during and after grazing;  $E_{\text{returned}}$   $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  emissions from soil resulting from manure input. For further information see text.

Birds excrete N in the form of undigested organic N and in uric acid (uric acid nitrogen, UAN). The latter is hydrolysed to form ammonium carbonate (see Dämmgen and Erisman, 2005). Thus, three fractions of N have to be traced, as shown in Figure 3.6.

At present, a similar treatment of TAN as proposed for mammals is impossible for birds, as the hydrolysis of uric acid producing ammonium carbonate occurs outside the birds' bodies. In particular, it is difficult to model the influence of humidity on this process.

Hence, emission inventories make use of mean potential TAN contents for their calculations which means that also the UAN excreted in the housing is completely considered to be TAN. For the calculation of TAN or UAN see Chapter 3.2.4.3.

Vögel scheiden N in Form von unverdaulichem organischen N und in Form von Harnsäure aus (uric acid nitrogen, UAN). Letztere hydrolysiert zu Ammoniumcarbonat (vgl. Dämmgen und Erisman, 2005). Es müssen also drei N Fraktionen im Massenfluss berücksichtigt werden. Figure 3.6 veranschaulicht dies.

Anders als bei Säugetieren ist eine Behandlung von TAN-Ausscheidungen von Vögeln derzeit unmöglich, da der Prozess der Hydrolyse der Harnsäure zu Ammoniumcarbonat außerhalb des Körpers stattfindet, wobei der Einfluss von Feuchte schwierig zu modellieren ist.

In Emissionsinventaren wird deshalb mit mittleren scheinbaren TAN-Gehalten gerechnet, d.h. auch das im Stall ausgeschiedene UAN wird vollständig als TAN betrachtet. Zur Berechnung von TAN bzw. UAN siehe Kapitel 3.2.4.3.

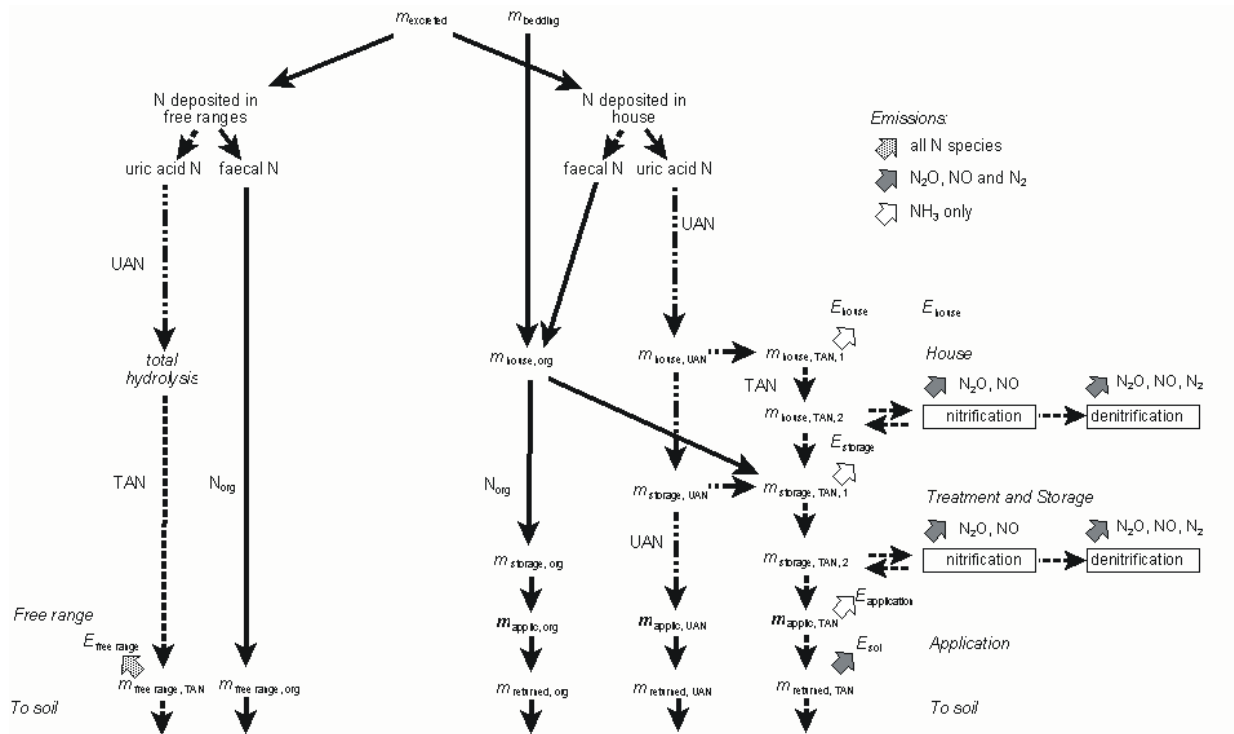


Figure 3.6: N flows in an animal subcategory. Birds

$m$ : mass from which emissions may occur. Narrow broken arrows: TAN; narrow broken and dotted line: UAN; narrow continuous arrows: organic N. The horizontal arrows denote the process of immobilisation in systems with bedding occurring in the house, and the process of mineralisation during storage, which occurs in any case. Broad hatched arrows denote emissions assigned to manure management:  $E$  emissions of N species ( $E_{yard}$   $\text{NH}_3$  emissions from yards;  $E_{house}$   $\text{NH}_3$  emissions from house;  $E_{storage}$   $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions from storage;  $E_{applic}$   $\text{NH}_3$  emissions during and after spreading. Broad open arrows mark emissions from soils:  $E_{graz}$   $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions during and after grazing;  $E_{returned}$   $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions from soil resulting from manure input. For further information see text.

### 3.2.4.3 Excretions of N and TAN (or UAN) / Ausscheidungen von N und TAN (bzw. UAN)

A simple mass balance yields N excretions as follows  
(see also Chapter 3.2.1):

Die N-Ausscheidung ergibt sich aus der tierischen N-Massenbilanz (siehe auch Kapitel 3.2.1):

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_l - m_g - m_p \quad (3.12)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen in excreta (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen in feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_l$	amount of nitrogen secreted with milk or eggs (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_g$	amount of nitrogen retained in the animal (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_p$	amount of nitrogen in offspring produced (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )

The single terms are determined as follows:

Die Bilanzglieder werden wie folgt bestimmt:

$$m_{\text{feed}} = x_N \cdot \sum_i ME_i \cdot \frac{x_{\text{XP},i}}{x_{\text{ME},i}} \quad (3.13)$$

where

$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen in feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$x_N$	nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ )

$ME_i$	amount of metabolisable energy consumed with feed i (in MJ $pl^{-1} a^{-1}$ ME)
$x_{XP, i}$	crude protein content of feed i (in kg $kg^{-1}$ XP)
$x_{ME, i}$	ME content of feed i (in MJ $kg^{-1}$ ME)

$$m_l = Y_M \cdot x_{XP, milk} \cdot x_{N, milk} \quad (3.14)$$

or

$$m_l = n_{eggs} \cdot w_{egg} \cdot x_{N, egg} \quad (3.15)$$

where

$m_l$	amount of nitrogen secreted with milk or eggs (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ N)
$Y_M$	annual milk yield (in kg $cow^{-1} a^{-1}$ )
$x_{XP, milk}$	crude protein content of milk (in kg $kg^{-1}$ $XP_{milk}$ )
$x_{N, milk}$	nitrogen content of milk protein (in kg $kg^{-1}$ N)
$n_{eggs}$	number of eggs (in $eg pl^{-1} a^{-1}$ )
$w_{egg}$	weight per egg (in kg $eg^{-1}$ )
$x_{N, egg}$	nitrogen content of a single egg (in kg $kg^{-1}$ N)

$$m_g = \Delta w_{place} \cdot x_{N, animal} \quad (3.16)$$

where

$m_g$	amount of nitrogen retained in the animal (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ N)
$\Delta w_{place}$	weight gain per place (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ )
$x_{N, animal}$	nitrogen content of whole animal (in kg $kg^{-1}$ N)

$$m_p = w_{offspring} \cdot x_{N, offspring} \quad (3.17)$$

where

$m_p$	amount of nitrogen in offspring produced (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ N)
$w_{offspring}$	weight of the total offspring (calves, piglets) (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ )
$x_{N, offspring}$	nitrogen content of whole offspring body (in kg $kg^{-1}$ N)

The amount of TAN needed for the assessment of the emissions of N species from mammals (see Chapter 3.2.4.1) is defined as the share of digestible N taken in with feeds that is not retained in the animal or excreted with milk or offspring. This definition presupposes the knowledge of the digestibility of crude protein. In the inventory the digestibility of crude protein is approximated by the digestibility of energy.

Die für die Berechnung von N-Spezies-Emissionen aus der Säugetierhaltung benötigte TAN-Menge (siehe Kapitel 3.2.4.1) ist definiert als derjenige Anteil der mit dem Futter aufgenommenen verdaulichen N-Menge, der nicht im Tier retiniert oder für die Produktion von Milch oder Nachkommen aufgewendet wird. Diese Definition setzt die Kenntnis der Verdaulichkeit von Rohprotein voraus. Diese wird im Inventar durch die Verdaulichkeit von Energie approximiert.

$$m_{excr, TAN} = X_{DE} \cdot m_{feed} - m_l - m_g - m_p \quad (3.18)$$

where

$m_{excr, TAN}$	amount of TAN excreted (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ N)
$X_{DE}$	digestibility (in MJ $MJ^{-1}$ ), see Chapter 3.2.1
$m_{feed}$	amount of nitrogen in feed (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ N)
$m_l$	amount of nitrogen secreted with milk (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ N)
$m_g$	amount of nitrogen retained in the animal (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ N)
$m_p$	amount of nitrogen in offspring produced (in kg $pl^{-1} a^{-1}$ N)

Thus, the relative TAN content  $x_{TAN}$  of the excreta is defined as:

Damit ist der relative TAN-Gehalt  $x_{TAN}$  der Ausscheidungen wie folgt definiert:

$$x_{TAN} = \frac{m_{excr, TAN}}{m_{excr}} \quad (3.19)$$



where

$x_{\text{TAN}}$	fraction of nitrogen excreted as TAN (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$m_{\text{excr, TAN}}$	amount of TAN excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_{\text{excr}}$	amount of total nitrogen excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )

Note that the new dairy cow model introduced in the inventory 2010 for 2008 takes into account nitrogen losses by skin and hair. These losses are added to the organic N excretions.

As described in Chapter 3.2.4.2, the UAN content of excreta of poultry can be considered to be identical with the TAN content for the purpose of the inventory. Hence, the calculation of UAN and UAN contents follows the respective descriptions given for TAN.

Anmerkung: Ab dem Inventar 2010 für 2008 wird bei Milchkühen auch der mit Hautpartikeln und Haaren abgegebene Stickstoff berücksichtigt. Er wird der organischen N-Ausscheidung hinzugerechnet.

Wie in Kapitel 3.2.4.2 ausgeführt, wird der UAN-Gehalt der Ausscheidungen von Geflügel im Inventar mit TAN gleichgesetzt. Zur Berechnung von UAN bzw. dem relativen UAN-Gehalt werden die oben beschriebenen TAN-Gleichungen verwendet.

#### 3.2.4.4 N and TAN in bedded systems / N and TAN in eingestreuten Haltungssystemen

In the inventory, N inputs by bedding material is accounted for as N inputs with straw. The straw N amounts entering the system depend on animal categories and housing systems and will be listed in the subsequent animal chapters (s. Chapter 4 and subsequent chapters). An overview can be found in the data file "Tables\_Submission\_2012.xls" on sheet "AI\_1005FHO" on the CD provided with this work.

Emission calculations for animals grazing all day (cattle except dairy cows, sheep) presuppose that no bedding material is used during the grazing period.

N balance calculations are based on a mean dry matter content of straw of  $0.86 \text{ kg kg}^{-1}$  (Faustzahlen, KTBL, 2009, p. 213) and a mean fresh matter-related N content of  $0.005 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (Düngeverordnung, 2007). Hence, the N content of dry matter is close to  $0.0058 \text{ kg kg}^{-1}$ . This N content is consistent with the N content used for the calculation of emissions from crop residues (see Table 11.2 in Chapter 11.3.1.12). All straw N is considered to be organic N, of which 50 % mineralize to TAN (expert judgment H. Döhler, KTBL). The ash content is 5 % of dry matter mass.

Table 3.1 summarizes the relevant properties of straw as used in this inventory.

Das Inventar berücksichtigt Einstreu in Form von Stroh. Die damit in das System eingetragenen N-Mengen hängen von Tierart und Haltungssystem ab und werden in den nachfolgenden Tier-Kapiteln angegeben (s. ab Kapitel 4). Eine Übersicht findet sich auf der beiliegenden Daten-CD in der Datei „Tables\_Submission\_2012.xls“ auf dem Tabellenblatt „AI\_1005FHO“.

Bei der Emissionsberechnung wird bei Tieren mit überwiegend ganztägigem Weidegang (Rinder ohne Milchkühe, Schafe) berücksichtigt, dass für die Zeit der Weideperiode keine Einstreu erfolgt.

Es wird von einer mittleren Stroh-Trockenmasse von  $0.86 \text{ kg kg}^{-1}$  (Faustzahlen, KTBL, 2009, S. 213) und einem mittleren N-Gehalt von  $0.005 \text{ kg kg}^{-1}$  in der Frischmasse ausgegangen (Düngeverordnung, 2007). Dementsprechend liegt der N-Gehalt in der Trockenmasse bei  $0.0058 \text{ kg kg}^{-1}$ . Der N-Gehalt ist damit konsistent zu dem für die Berechnung von Emissionen aus Ernterückständen verwendeten N-Gehalt (siehe Table 11.2 in Kapitel 11.3.1.12). Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem nach einem Expertenurteil (H. Döhler, KTBL) 50 % zu TAN mineralisieren. Der Aschegehalt beträgt 5 % der Trockenmasse.

Table 3.1 zeigt eine Übersicht über die im Inventar zugrunde gelegten Stroh-Eigenschaften.

Table 3.1: Straw properties in animal husbandry

dry matter content (DM)	0.86	$\text{kg kg}^{-1}$
N content (DM)	0.0058	$\text{kg kg}^{-1} \text{N}$
of which TAN	50	%
mean ash content of cereal straw dry matter	0.05	$\text{kg kg}^{-1}$

Source: KTBL (2009), p. 213, p. 991; Döhler (KTBL, expert judgment)

#### 3.2.4.5 Transformations of $N_{\text{org}}$ and TAN and formation of leachate in the storage / Transformationen von $N_{\text{org}}$ und TAN sowie Jauche-Bildung im Lager

For untreated slurry, it is assumed that 10 % of the TAN entering storage is converted to  $N_{\text{org}}$ , while 10% of

Für unbehandelte Gülle wird angenommen, dass von den in das Lager gelangenden TAN- und  $N_{\text{org}}$ -Fraktionen

the  $N_{org}$  entering storage is converted to TAN. (Due to lack of data, treatment of slurry is not considered in the inventory).

According to expert judgement EAGER<sup>9</sup> it is assumed that in solid manure management systems 40 % of the animals' TAN excretions will be immobilized, if enough bedding material is available (which is generally assumed in the inventory). This immobilisation rate is in accordance with Kirchmann and Witter (1989) (cf also Webb and Misselbrook, 2004).

For the inventory it is assumed that in solid systems (except deep litter/sloped floor) the N stored as *leachate* ("Jauche") is 25 % of the total N stored (which is the sum of N excreted and straw N minus  $NH_3$ -N-Emissions from housing). The TAN content of *leachate* is assumed to be 90 %. (Note that  $N_2O$ , NO and  $N_2$  emissions from housing are not considered for leachate calculations. This is due to the fact that these emissions are calculated as totals for housing and storage and are not subtracted from the N flow system but immediately before land-spreading takes place.)

je 10 % in die jeweils andere Fraktion umgewandelt werden. (Güllebehandlung wird mangels Daten im Inventar nicht berücksichtigt.)

Nach Expertenurteil EAGER<sup>9</sup> wird für Festmistssysteme angenommen, dass 40 % der tierischen TAN-Ausscheidungen immobilisiert werden, sofern ausreichend Einstreu vorhanden ist (was im Inventar als gegeben vorausgesetzt wird). Diese Immobilisierungsrate stimmt mit Kirchmann und Witter (1989) überein (vgl. auch Webb und Misselbrook, 2004).

Das Inventar geht davon aus, dass in Festmistssystemen (außer Tiefstreu/Tretmist) 25 % des im Lager anfallenden N (Summe aus N-Ausscheidungen im Stall und Stroh-N, abzgl.  $NH_3$ -N-Emissionen aus dem Stall) als Jauche-N gelagert wird. Der TAN-Gehalt der Jauche wird mit 90 % angenommen. ( $N_2O$ -, NO- und  $N_2$ -Emissionen aus dem Stall werden bei der Jaucheberechnung nicht berücksichtigt, da diese Emissionen für Stall und Lager gemeinsam berechnet werden und dem N-Fluss erst unmittelbar vor der Ausbringung entzogen werden.)

#### 3.2.4.6 Emissions of nitrogen species from manure management / Emissionen von Stickstoff-Spezies aus dem Wirtschaftsdünger-Management

##### 3.2.4.6.1 Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren

In order to assess emissions, the Tier 1 approach combines animal numbers with default emission factors, irrespective of the national N excretion data and the national characteristics in animal husbandry:

$$E_{NH_3, MM, i} = EF_{NH_3, MM, i} \cdot n_i \quad (3.20)$$

$$E_{N_2O, MM, i} = EF_{N_2O, MM, i} \cdot n_i \quad (3.21)$$

$$E_{NO, MM, i} = EF_{NO, MM, i} \cdot n_i \quad (3.22)$$

$$E_{N_2, MM, i} = EF_{N_2, MM, i} \cdot n_i \quad (3.23)$$

where

$E_{NH_3, MM, i}$	$NH_3$ emission from manure management of animal category i (in $kg\ a^{-1}\ NH_3$ )
$EF_{NH_3, MM, i}$	emission factor for animal category i (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}\ NH_3$ )
$n_i$	number of animal places for animal category i (in pl)
etc.	

Details for each category will be presented in the respective chapters.

Einzelheiten werden in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

##### 3.2.4.6.2 Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren

Typically, the Tier 2 approach to assess emissions combines the Tier 1 emission equations with emission factors which take national N excretion data and the national housing, storage and application details into account. For each animal category they establish one single national emission factor (analogue for  $N_2O$ , NO and  $N_2$ ).

Das Stufe-2-Verfahren kombiniert die Emissionssgleichungen des Stufe-1-Verfahrens mit Emissionsfaktoren, die aus nationalen Standardwerten für Ausscheidungen und unter Berücksichtigung der Haltungsverfahren abgeleitet werden. Sie ergeben je Tierkategorie einen einzigen mittleren Emissionsfaktor, der proportional zur N-Ausscheidung ist (analog für  $N_2O$ ,

<sup>9</sup>EAGER – European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network. <http://www.eager.ch/index.htm>.

NO und N<sub>2</sub>).

$$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i} \propto m_{\text{excr}, i} \cdot n_i \quad (3.24)$$

where

$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i}$	NH <sub>3</sub> emission from manure management of animal category i (in kg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> )
$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_i$	number of animal places for animal category i (in pl)

### 3.2.4.6.3 Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren

The Tier 3 methodology presupposes a detailed treatment of energy and feed requirements, if possible combined with a high resolution in space, and treats emissions as part of the N flow in the system.

A method for estimating annual NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions from a particular type of mammal using the N flow system is shown in Figure 3.5. This method reconciles the requirements of both the Atmospheric Emission Inventory Guidebook for NH<sub>3</sub> emissions and the IPCC for greenhouse gas emissions (Dämmgen and Hutchings, 2008).

The applied stepwise approach is as follows:

*Step 1* is the definition of an animal subcategory which is homogeneous with respect to performance (weight, weight gain, milk yield, etc.), age or use (e.g. fattening vs breeding), see e. g. Chapter 4.1.

The respective activity (animal number) has to be identified.

*Step 2* is the calculation of the total annual excretion of N and TAN (or UAN) by the animals (see Chapter 3.2.4.3).

*Step 3* is to calculate the amount of the annual N excreted that is deposited in the animal house, in yards and during grazing, based on the total annual excretion and the fractions of excreta deposited in these locations ( $x_{\text{house}}$ ,  $x_{\text{yards}}$  and  $x_{\text{graz}}$ , respectively). These proportions depend on the fraction of the year the animals spend grazing, in yards and in the animal housing, and on animal behaviour.

$$m_{\text{graz}} = x_{\text{graz}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.25)$$

$$m_{\text{yard}} = x_{\text{yard}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.26)$$

$$m_{\text{house}} = x_{\text{house}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.27)$$

where

$m_{\text{graz}}$	amount of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{graz}}$	share of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr}}$	amount of total nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{yard}}$	amount of nitrogen excreted in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{yard}}$	share of nitrogen excreted in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{house}}$	amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{house}}$	share of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

Das Stufe-3-Verfahren bedient sich detaillierter Energiebedarfsbetrachtungen, möglichst mit einer höheren räumlichen Auflösung als die Gesamtnation unter Berücksichtigung der N-Flüsse im System.

Das Verfahren ist in Figure 3.5 illustriert: Zur Berechnung der Emissionen von NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> wird das angegebene Flussschema auf jede Säugetier-Kategorie angewendet. Dieses Verfahren berücksichtigt sowohl die Erfordernisse des Atmospheric Emission Inventory Guidebook für NH<sub>3</sub> als auch der IPCC Guidelines für die Treibhausgase (Dämmgen und Hutchings, 2008)

Der Rechenweg lässt sich in Einzelschritte auflösen:

*Schritt 1* ist die Definition einer Tier-Unterkategorie die bzgl. Leistung (Gewicht, Gewichtszunahme, Milchleistung usw.), Alter und Nutzung (Mast oder Zucht) homogen ist, siehe dazu z. B. Kapitel 4.1).

Die jeweiligen Aktivitätsgrößen (Tierzahlen) sind zu ermitteln.

*Schritt 2* besteht in der Ermittlung der N- und TAN – (bzw. UAN-) Ausscheidung der Tiere (siehe Kapitel 3.2.4.3).

*Schritt 3* umfasst die Berechnung derjenigen Mengen, die im Stall, auf befestigten Flächen oder während des Weidegangs ausgeschieden werden. Hierzu werden die Gesamtausscheidungen mit Anteilen  $x_{\text{house}}$ ,  $x_{\text{yards}}$  bzw.  $x_{\text{graz}}$  multipliziert. Diese Anteile hängen davon ab, welche Zeitanteile die Tiere auf der Weide, auf den befestigten Flächen und im Stall verbrachten. Der Faktor ist verhaltensabhängig.

*Step 4* is to use the proportion of the N excreted that is in the TAN to calculate the amount of N readily convertible to ammonia and organic N deposited during grazing, in yards and in the animal house.

$$m_{\text{graz, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{graz}} \quad (3.28)$$

$$m_{\text{graz, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{graz}} \quad (3.29)$$

$$m_{\text{yard, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{yard}} \quad (3.30)$$

$$m_{\text{yard, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{yard}} \quad (3.31)$$

$$m_{\text{house, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{house}} \quad (3.32)$$

$$m_{\text{house, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{house}} \quad (3.33)$$

where

$m_{\text{graz, org}}$	amount of organic nitrogen excreted by faeces on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{TAN}}$	fraction of nitrogen excreted as TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{graz}}$	amount of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
etc.	

*Step 5* is to calculate the NH<sub>3</sub>-N losses from the animal house,  $E_{\text{house}}$ , by multiplying the amount of TAN  $m_{\text{TAN, house}}$  with the emission factor  $EF_{\text{house}}$ :

$$E_{\text{house}} = m_{\text{TAN, house}} \cdot EF_{\text{house}} \quad (3.34)$$

where

$E_{\text{house}}$	ammonia emission from the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{TAN, house}}$	amount of TAN excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{house}}$	ammonia emission factor for housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

Optionally, the inventory calculation procedure can take into account a mitigation of the NH<sub>3</sub> emissions (and of particulate matter emissions) from housing by a scrubber system (see Chapter 3.3.3.3).

$$E_{\text{house, eff}} = EF_{\text{house}} \cdot (1 - \varphi_{\text{as}}) \quad (3.35)$$

$E_{\text{house, eff}}$	ammonia emission from the house after air scrubbing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{house}}$	potential ammonia emission from the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$\varphi_{\text{as}}$	removal efficiency of the air scrubber system (kg kg <sup>-1</sup> )

The calculation of national total emissions from emissions per animal place  $E_{\text{house, eff}}$  has to take into account the percentage of places equipped with air scrubbers.

*Step 6:* For housing systems with bedding the bedding material is dealt with as straw and considered part of the nitrogen budget. (For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4)

The amount of N contained in the bedding material ( $m_{\text{bedding}}$ ) is considered  $N_{\text{org}}$  in straw.

*Schritt 4* berechnet mit dem TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen den Gehalt an rasch in Ammoniak umwandelbaren Stickstoff und organischem N, die auf der Weide, den befestigten Flächen und im Stall abgesetzt werden.

*Schritt 5* berechnet die NH<sub>3</sub>-N-Verluste aus dem Stall,  $E_{\text{house}}$ , durch Multiplikation der TAN-Menge mit dem Emissionsfaktor für den Stall  $EF_{\text{house}}$ :

Im Inventar ist die Möglichkeit gegeben, die Minderung der NH<sub>3</sub>-Emissionen (und der Staubemissionen) aus dem Stall durch ein Abluftreinigungssystem zu berücksichtigen (siehe Kapitel 3.3.3.3).

Für die Berechnung der nationalen Gesamtemission aus der tierplatzbezogenen Emission  $E_{\text{house, eff}}$  ist der Prozentsatz der mit Abluftreinigungsanlagen ausgestatteten Tierplätze zu berücksichtigen.

In *Schritt 6:* Bei Haltungssystemen mit Einstreu wird die Einstreu als Stroh angesehen und in der N-Bilanz berücksichtigt. (Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.2.4.4).

Die in der Einstreu enthaltene N-Menge ( $m_{\text{bedding}}$ ) wird zunächst als  $N_{\text{org}}$  in Stroh berücksichtigt.

$$m_{\text{straw, org}}^* = m_{\text{bedding}} \quad (3.36)$$

where

$m_{\text{straw, org}}^*$	amount of organic nitrogen in straw used as bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{bedding}}$	amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

It is assumed that a certain fraction of the organic N in straw mineralizes to TAN (for the fraction  $x_{\text{min}}$  see Chapter 3.2.4.4):

Es wird eine Mineralisierung von organischem Stroh-N zu TAN angenommen (zur Mineralisierungsrate  $x_{\text{min}}$  siehe Kapitel 3.2.4.4):

$$m_{\text{straw, org}} = m_{\text{straw, org}}^* \cdot (1 - x_{\text{min, straw}}) \quad (3.37)$$

$$m_{\text{straw, TAN}} = m_{\text{straw, org}}^* \cdot x_{\text{min, straw}} \quad (3.38)$$

where

$m_{\text{straw, org}}$	amount of organic nitrogen in straw used as bedding material, after mineralisation (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{straw, org}}^*$	amount of organic nitrogen in straw used as bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{straw, TAN}}$	amount of TAN originating from straw used as bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{min, straw}}$	rate of mineralisation for straw used as bedding material (in kg kg <sup>-1</sup> )

*Step 7:* The N excretions dropped in the house and in the yards are reduced by the amount of N emissions and then transferred to the storage. This is done according to the fractions of slurry-based and solid manure systems, which, for sake of simplicity, is not demonstrated here. Each storage systems is described as if it takes all the N input from housing and yards.

*Schritt 7:* Die N-Mengen aus dem Stall und von den befestigten Flächen gelangen, nach Abzug der dort emittierten N-Mengen, getrennt nach Flüssigmist- und Festmistsystemen in die entsprechenden Lagersysteme. Der Einfachheit halber werden im Folgenden die beiden verschiedenen Systeme so beschrieben, als wenn sie allein auftreten würden.

For untreated slurry, it is assumed that a fraction  $x_{\text{tra, sto}}$  of the TAN entering storage is converted to N<sub>org</sub>, while a fraction  $x_{\text{tra, sto}}$  of the N<sub>org</sub> entering storage is converted to TAN.

Für unbehandelte Gülle wird angenommen, dass von den in das Lager gelangenden TAN- und N<sub>org</sub>-Fraktionen je ein relativer Anteil  $x_{\text{tra, sto}}$  in die jeweils andere Fraktion umgewandelt werden.

(Slurry treatment facilities are not treated in the inventory due to lack of input data.)

(Behandelte Gülle kann im Inventar mangels Eingangsdaten nicht berücksichtigt werden.)

$$m_{\text{storage, org}} = (m_{\text{house, org}} + m_{\text{yard, org}}) \cdot (1 - x_{\text{tra, sto}}) + [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot x_{\text{tra, sto}} \quad (3.39)$$

$$m_{\text{storage, TAN}} = [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot (1 - x_{\text{tra, sto}}) + (m_{\text{house, org}} + m_{\text{yard, org}}) \cdot x_{\text{tra, sto}} \quad (3.40)$$

where

$m_{\text{storage, org}}$	the amount of organic N entering storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{house, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{yard, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{tra, sto}}$	fraction of transformation of N to TAN and vice versa (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.2.4.5
$m_{\text{house, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{house}}$	the amount of N emitted during housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$M_{\text{yard, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{yard}}$	the amount of N emitted from the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{storage, TAN}}$	amount of TAN in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

For FYM storage it is assumed that a certain fraction of the amount of TAN entering storage is immobilised to N<sub>org</sub>.

Für das Festmistlager wird davon ausgegangen, dass ein Teil der in das Lager gelangenden TAN-Menge zu N<sub>org</sub> immobilisiert wird.

Additionally, the N amount contributed by bedding material (i. e. straw) has to be taken into account.

Zusätzlich sind noch die N-Beiträge aus der als Stroh angenommenen Einstreu zu berücksichtigen.

For the formation of leachate ("Jauche") see Chapter

Zur Bildung von Jauche wird auf Kapitel 3.2.4.5

## 3.2.4.5.

verwiesen.

$$m_{\text{storage, org}} = m_{\text{house, org}} + m_{\text{yard, org}} + [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot x_{\text{imm}} + m_{\text{straw, org}} \quad (3.41)$$

$$m_{\text{storage, TAN}} = [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot (1 - x_{\text{imm}}) + m_{\text{straw, TAN}} \quad (3.42)$$

where

$m_{\text{storage, org}}$	amount of organic nitrogen in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{house, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{yard, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{house, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{house}}$	the amount of N emitted during housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$M_{\text{yard, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{yard}}$	the amount of N emitted from the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{imm}}$	rate of immobilisation (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.2.4.5
$m_{\text{storage, TAN}}$	amount of TAN in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{straw, org}}$	amount of organic N input with straw (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see Chapter 3.2.4.4
$m_{\text{straw, TAN}}$	amount of TAN input with straw (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N), see Chapter 3.2.4.4

Step 8 is to calculate the total N emission from storage. Any calculation has to take into account that all emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are related to the overall N inputs (i.e. the inputs with faeces, urine and bedding material) and hence describe the overall emission from housing and storage.

Schritt 8 berechnet die Gesamt-N-Emission aus dem Lager. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> auf die Summe der im Stall ausgeschiedenen N-Menge und des N-Eintrags durch Einstreu beziehen und jeweils die Gesamtemission aus Stall und Lager beschreiben.

$$\begin{aligned} E_{\text{storage}} &= E_{\text{storage, NH}_3\text{-N}} + E_{\text{storage, N}_2\text{O-N}} + E_{\text{storage, NO-N}} + E_{\text{storage, N}_2\text{-N}} \\ &= m_{\text{storage, TAN}} \cdot EF_{\text{storage, NH}_3\text{-N}} + (m_{\text{house}} + m_{\text{bedding}}) \cdot (EF_{\text{N}_2\text{O-N}} + EF_{\text{storage, NO-N}} + EF_{\text{storage, N}_2}) \end{aligned} \quad (3.43)$$

where

$E_{\text{storage}}$	N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{storage, NH}_3\text{-N}}$	NH <sub>3</sub> -N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
etc.	
$m_{\text{storage, TAN}}$	modified amount of TAN passed to the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{storage, NH}_3\text{-N}}$	NH <sub>3</sub> -N emission factor for storage (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{house}}$	amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{bedding}}$	amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{N}_2\text{O-N}}$	N <sub>2</sub> O-N emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{NO-N}}$	NO-N emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{N}_2}$	N <sub>2</sub> emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> )

For details regarding the emission factors for NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O see the respective sections in Chapter 4.

IPCC does not provide NO emission factors. A list of emission factors is given in EMEP (2009)-4B-27, Table 3-9 for a Tier-2 treatment of emissions. This Table refers to a source "Dämmgen et al. (2007)", a German emission inventory 2008 for 2006 that was never published. Thus the EMEP emission factors cannot be comprehended.

The NO emission factors for a Tier 1 treatment listed in EMEP (2009)-4B-16, Table 3-2 are related to animal places. Thus they are unsuitable for a methodology as used in the inventory model GAS-EM (here: Equation (3.43)).

Comparative calculations for the year 1994 and thereafter using the EMEP (2009) show that the overall

Hinsichtlich der NH<sub>3</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren wird auf die entsprechenden Unterkapitel ab Kapitel 4 verwiesen.

IPCC gibt keine Emissionsfaktoren für NO an. In EMEP (2009)-4B-27, Table 3-9, findet sich eine Liste von NO-Emissionsfaktoren für das Stufe-2-Verfahren, für die als Quelle „Dämmgen et al. (2007)“ angegeben wird. Der damit zitierte deutsche Emissionsbericht 2008 für 2006 ist allerdings nie veröffentlicht worden, und die von EMEP angegebenen Emissionsfaktoren sind nicht nachvollziehbar.

Die in EMEP (2009)-4B-16, Table 3-2, angegebenen Stufe-1-Emissionsfaktoren für NO beziehen sich auf den Tierplatz und sind daher für die Anwendung im Stufe-2-Verfahren im Inventarmodell GAS-EM (d. h. für Gleichung (3.43)) nicht geeignet.

Vergleichsrechnungen zeigen aber (siehe Table 3.2), dass für die Jahre ab 1994 die mit der Stufe-1-Methode

NO emissions from animal husbandry can be satisfactorily reproduced if one choses emission factor for NO that are 10 % of the respective N<sub>2</sub>O emission factors. Deviations at the beginnings of the time series can be put down to the fact that the German housing and storage conditions differ from those assumed in the Tier 1 methodology described in EMEP (2009)-4B-16, Table 3-2.<sup>10</sup>

nach EMEP (2009) berechneten deutschen NO-Gesamtemissionen aus der Tierhaltung mit GAS-EM hinreichend gut reproduziert werden, indem der NO-N-Emissionsfaktor mit 10 % des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors angesetzt wird. Die Abweichungen vom 100 %-Wert in den Jahren 1990 bis 1993 werden darauf zurückgeführt, dass die deutschen Haltungs- und Lagerbedingungen von denen abweichen, die den Stufe-1-Emissionsfaktoren in EMEP (2009)-4B-16, Table 3-2, zugrunde gelegt wurden.<sup>10</sup>

Table 3.2: German NO emissions from animal husbandry, ratio of EMEP Tier 1 results to GAS-EM results (%)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
127.5	127.1	121.5	120.9	100.5	100.9	100.7	101.7	99.2	99.3	100.2	99.5	100.5	99.9	100.0	99.3	100.8	100.9	100.8	99.8	100.0

Source: see text.

The emissions factors for N<sub>2</sub> that have to be considered in the N flow approach (see Chapters 3.2.4.1 and 3.2.4.2) are deduced from Jarvis and Pain (1994) where these factors are thrice the N<sub>2</sub>O-N emission factors.

Alltogether, the following relation of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emission factors is used in the German emission inventory:

$$EF_{\text{storage, N}_2\text{O}} = 10 EF_{\text{storage, NO}} = \frac{1}{3} \cdot EF_{\text{storage, N}_2} \quad (3.44)$$

where

$EF_{\text{storage, N}_2\text{O}}$  N<sub>2</sub>O emission factor for storage (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
etc.

However, it may happen that the sum of the emission factors in Equation (3.52) exceeds 1. All TAN is then consumed during storage and all emission factors have to be reduced linearly (as shown for  $EF_{\text{NH}_3, \text{storage}}^*$  etc.) to satisfy the constraint that the sum of emission factors must not exceed 1:

Die Emissionsfaktoren für die im N-Fluss-Konzept (siehe Kapitel 3.2.4.1 und 3.2.4.2) ebenfalls zu berücksichtigenden Emissionen von N<sub>2</sub> werden nach Jarvis & Pain (1994) als das Dreifache der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren angesetzt.

Insgesamt gilt damit im deutschen Inventar für die Verhältnisse der N<sub>2</sub>O-, NO und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren zueinander:

Dabei kann es geschehen, dass die Summe der Emissionsfaktoren in Gleichung (3.52) den Wert 1 überschreitet. Mehr TAN als im Lager vorhanden kann aber nicht „aufgebraucht“ werden. Daher müssen die Emissionsfaktoren linear reduziert werden, wie nachstehend am Beispiel von  $EF_{\text{NH}_3, \text{storage}}^*$  gezeigt:

$$\begin{aligned} \text{if } EF_{\text{storage, NH}_3} + EF_{\text{storage, N}_2\text{O}} + EF_{\text{storage, NO}} + EF_{\text{storage, N}_2} > 1 \\ \text{then } EF_{\text{storage, NH}_3}^* &= \frac{EF_{\text{storage, NH}_3}}{EF_{\text{storage, NH}_3} + EF_{\text{storage, N}_2\text{O}} + EF_{\text{storage, NO}} + EF_{\text{storage, N}_2}} \end{aligned} \quad (3.45)$$

where

$EF_{\text{storage, NH}_3}$  NH<sub>3</sub> emission factor for storage (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
etc.  
 $EF_{\text{storage, NH}_3}^*$  corrected NH<sub>3</sub> emission factor for storage (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

Step 9 is to calculate N<sub>org</sub> and TAN that is applied to the field, remembering to subtract the emissions of NH<sub>3</sub>,

Schritt 9 ermittelt unter Berücksichtigung von NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Lager die zur

<sup>10</sup> There are also differences between the EMEP Tier 1 results and the GAS-EM Tier 2 results for the various animal categories in all years from 1990 onwards. However, the derivation of EMEP Tier 1 emission factors cannot be traced back (EMEP does only provide a general description).

N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from the storage:

Ausbringung gelangenden N<sub>org</sub> und TAN-Mengen.

$$m_{\text{applic, org}} = m_{\text{storage, org}} \quad (3.46)$$

$$m_{\text{applic, TAN}} = m_{\text{storage, TAN}} - E_{\text{storage}} \quad (3.47)$$

where

$m_{\text{applic, org}}$	amount of organic nitrogen passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{applic, TAN}}$	amount of TAN passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{storage}}$	total N emissions (NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> ) from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

This calculation procedure applies separately to the various storage types, which requires to attribute fractions of  $m_{\text{storage, org}}$  and  $m_{\text{storage, TAN}}$  to the various storage systems according to their respective frequency.

*Step 10* is to add up all nitrogen leaving the various storage systems and redistribute it to the different types of spreading according to the respective frequencies. The emission of NH<sub>3</sub>-N during and immediately after field application is calculated as follows (. for the emissionfactor see animal descriptions in Chapters 4 ff):

Diese Berechnung ist für die verschiedenen Lagerverfahren getrennt vorzunehmen, wozu  $m_{\text{storage, org}}$  und  $m_{\text{storage, TAN}}$  entsprechend der relativen Häufigkeit der Lagerverfahren auf diese aufgeteilt werden.

*Schritt 10* fasst die aus den Lagersystemen zur Ausbringung kommenden N-Mengen zusammen und verteilt sie nach den gegebenen Häufigkeiten auf die verfügbaren Ausbringungstechniken. Die NH<sub>3</sub>-N-Emissionen, die sich unmittelbar aus der Ausbringung ergeben, werden dann wie folgt berechnet (zum Emissionsfaktor siehe Tierbeschreibungen ab Kapitel 4):

$$E_{\text{applic, NH}_3} = m_{\text{applic, TAN}} \cdot EF_{\text{applic, NH}_3} \quad (3.48)$$

where

$E_{\text{applic, NH}_3}$	NH <sub>3</sub> -N emissions from application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{applic, TAN}}$	amount of TAN passed to the application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{applic, NH}_3}$	NH <sub>3</sub> -N emission factor for application (in kg kg <sup>-1</sup> )

*Step 11* is to calculate the amount of N returned to soil. The amount of N excreted on pasture is to be taken into account as well as the NH<sub>3</sub> emissions during grazing.

(The data used in the subsequent equation are needed for the calculation of emissions from soil, see Chapters 10.2, 11.2, 11.5.)

Im *Schritt 11* schließlich wird unter Berücksichtigung der auf der Weide ausgeschiedenen N-Menge und der daraus resultierenden NH<sub>3</sub>-Emission die in den Boden gelangende N-Menge berechnet.

(Die in die nachfolgende Gleichung eingehenden Daten werden zur Berechnung von Emissionen aus dem Boden benötigt, siehe Kapitel 10.2, 11.2, 11.5.)

$$m_{\text{returned}} = m_{\text{applic, org}} + (m_{\text{applic, TAN}} - E_{\text{applic, NH}_3}) + (m_{\text{graz}} - E_{\text{graz, NH}_3}) \quad (3.49)$$

where

$m_{\text{returned}}$	total amount of nitrogen returned to soil (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{applic, org}}$	amount of organic nitrogen passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{applic, TAN}}$	amount of TAN passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{applic, NH}_3}$	NH <sub>3</sub> -N emissions from application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
$m_{\text{graz}}$	amount of nitrogen excreted during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

and

$$E_{\text{graz, NH}_3} = m_{\text{graz, TAN}} \cdot EF_{\text{graz, NH}_3} \quad (3.50)$$

where

$E_{\text{graz, NH}_3}$	NH <sub>3</sub> -N emissions during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
$m_{\text{graz, TAN}}$	amount of TAN excreted during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{graz, NH}_3}$	NH <sub>3</sub> -N emissions during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)



### 3.2.5 Emissions of particulate matter from animal husbandry / Partikel-Emissionen aus der Tierhaltung

EMEP(2009)-4B-25 provides the following Tier 2 methodology to assess the emissions of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> from animal housing (note that the PM emission equation in EMEP(2009)-4B-25 is obviously mistyped: The term  $(1-x_{\text{solid},i})$  must read  $(1-x_{\text{slurry},i})$ ):

Zur Berechnung der Emissionen von PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> aus der Stallhaltung wird das in EMEP(2009)-4B-25 angegebene Stufe-2- Verfahren verwendet (wobei die Gleichung in EMEP offensichtlich fehlerhaft ist: statt  $(1-x_{\text{solid},i})$  muss es  $(1-x_{\text{slurry},i})$  heißen):

$$E_{\text{PM},i} = n_i \cdot x_{\text{house},i} \cdot \beta \cdot [x_{\text{slurry},i} \cdot EF_{\text{slurry},i} + (1 - x_{\text{slurry},i}) \cdot EF_{\text{solid},i}] \quad (3.51)$$

where	$E_{\text{PM},i}$	PM <sub>10</sub> or PM <sub>2.5</sub> emission for animal category i (in Gg a <sup>-1</sup> )
	$n_i$	number of animal places for animal category i (in pl)
	$x_{\text{house},i}$	share of time the animals spend in the house (in a a <sup>-1</sup> )
	$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )
	$x_{\text{slurry},i}$	share of population kept in slurry based systems (in pl pl <sup>-1</sup> )
	$EF_{\text{slurry},i}$	emission factor for slurry based system (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
	$EF_{\text{solid},i}$	emission factor for solid manure based system (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The procedure described in EMEP(2009)-4B-25 provides only a first estimate of particulate matter from animal husbandry, see EMEP(2009)-4B-30.

For grazing periods, particle emissions are considered to be negligible (EMEP (2007)-B1100-4).

Optionally, the inventory calculation procedure can take into account a mitigation of PM emissions from housing by a scrubber system. The methodology described for NH<sub>3</sub> in Chapter 3.2.4.6.3 is applied by analogy. For the national inventory, the percentage of animal places equipped with air scrubbers is taken into account.

KTBL made an inquiry on the frequency of air scrubbers in pig production (sows, weaners and fatteners) for the entire German rural districts (see Chapter 3.3.3.3). For these scrubbing installations the inventory assumed precipitation rates of 90 % for PM<sub>10</sub> and 70 % for PM<sub>2.5</sub>.

EMEP(2009)-4B-66 ff estimates the range of uncertainty of the emission factors (95 % confidence interval) by a factor of 3 (rounded data). Hence, the difference between the lower boundary of the 95 % confidence interval and the mean emission factor is 67 % of the mean emission factor, while the difference between the upper boundary and the mean emission factor is 200 % of the mean emission factor. According to IPCC (2006) the higher of these two values has to be used in the Tier 1 emission uncertainty calculation. This implies a standard error of the emission factor of  $0,5 \cdot 200 \% = 100 \%$ . The distribution is asymmetric (lognormal distribution).

The uncertainty of the emission factor exceeds by far the uncertainties of the other input data for the PM emission calculations. Hence, the uncertainty of the resulting PM emissions is likely to be of the same order of magnitude as the uncertainty of the emission factor.

Das in EMEP(2009)-4B-25 angegebene Verfahren kann lediglich als ein erster Ansatz zur Schätzung von Staub-Emissionen aus der Tierhaltung gelten, siehe EMEP(2009)-4B-30.

Für Weidezeiten werden die Partikelemissionen als vernachlässigbar angesehen (EMEP (2007)-B1100-4).

Im Inventar ist die Möglichkeit gegeben, die Minderung der Staubemissionen aus dem Stall durch ein Abluftreinigungssystem zu berücksichtigen. Dies erfolgt sinngemäß wie für NH<sub>3</sub> in Kapitel 3.2.4.6.3 beschrieben, wobei für Berechnung der nationalen Gesamtemission der Prozentsatz der mit Abluftreinigungsanlagen ausgestatteten Tierplätze zu berücksichtigen ist.

Durch KTBL wurde eine Erhebung zur Verteilung der Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung (Sauen, Ferkel und Mastschweine) auf Kreisebene durchgeführt (siehe Kapitel 3.3.3.3). Für diese Abluftreinigungsanlagen wurde in den Inventarberechnungen ein Staubabscheidegrad von 90 % bei PM<sub>10</sub> und 70 % bei PM<sub>2.5</sub> angenommen.

EMEP(2009)-4B-66 ff schätzt die Unsicherheit (95 %-Konfidenzintervall) der Emissionsfaktoren mit Faktor 3 ab (gerundet). Demzufolge liegen zwischen dem mittleren Emissionsfaktor und der Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalles 67 % und zwischen mittlerem Emissionsfaktor und der Intervall-Obergrenze 200 % des mittleren Emissionsfaktors. Da nach IPCC (2000) der größere dieser beiden Prozentwerte für die Tier-1-Unsicherheitsberechnung zu verwenden ist, ergibt sich der dafür anzusetzende Standardfehler zu  $0,5 \cdot 200 \% = 100 \%$  des mittleren Emissionsfaktors. Es liegt eine asymmetrischen Verteilung vor (Lognormal-Verteilung).

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors ist erheblich größer als die Unsicherheiten der übrigen in die PM-Emissionsberechnung eingehenden Größen. Daher ist die Unsicherheit der resultierenden PM-Emissionen in der gleichen Größenordnung zu erwarten wie die Unsicherheit des Emissionsfaktors.

### 3.3 GAS-EM input data / Eingangsdaten für GAS-EM

The data required for the application of the inventory model GAS-EM are model parameters and emission factors on the one hand and so-called input data on the other hand. GAS-EM calculates emissions for single rural districts (based on the division as in 1994). In a second step these are aggregated to yield data sets for single federal states and finally national data. Input data should therefore be available for districts.

For the description of animal husbandry, input data comprise animal numbers, frequency distributions of housing and storage facilities as well as application techniques and times before incorporation, the number of production cycles, feeding practices including diet composition and feed properties, animal performance data (milk yield, eggs produced, animal weight and weight gain, number of offspring) and information on the duration of grazing. Further data comprise number and properties of air scrubbing facilities and (mean annual) air temperatures.

The calculations of emissions from agricultural soils, input data comprise the nitrogen inputs with grazing, fertilizer and sewage sludge application, biological N fixation and crop residues as well as the area covered by cultivated organic soils. In addition, mean spring temperatures are needed for the calculation of emissions from the application of mineral fertilizers.

Model parameters and emission factors are dealt with in detail in the sections Chapter 4 that describe the respective sources.

For animal numbers see Chapter 3.3.1.

The description of input data serving the calculations of emissions from agricultural soils can be found in Chapters 10 and 11. For remaining GAS-EM input data see Chapters 3.3.2 to 3.3.4.

Chapter 3.3.5 contains details concerning data gap closure procedures and data uncertainties.

#### 3.3.1 *Animal numbers / Tierzahlen*

Emissions reported for Germany are related to animal places in agricultural enterprises used for production during the entire year. The animal place is defined as a place occupied by an animal at the qualifying date of the official agricultural census (see Chapter 2.1.2).

The animal numbers used in the inventory are dealt with in detail in subsequent chapters (Chapter 4 onwards). In the following, a description of the origin of these data is provided.

The animal numbers used in this inventory were raised by Statistisches Bundesamt every second year (even years for 1990 to 1996) and odd years (1999 to 2007 with the exception of 2005). Qualifying date was May 3<sup>rd</sup> <sup>11</sup>. Numbers were obtained for cattle, pigs,

Die zum Betrieb des Inventarmodelles GAS-EM erforderlichen Daten umfassen Modellparameter und Emissionsfaktoren einerseits und sogenannte Eingabedaten andererseits. GAS-EM berechnet die Emissionen zunächst auf Kreisebene (Stand der Kreise-Einteilung: 1996), bevor sie zu Ergebnissen auf Bundesland- und nationaler Ebene aggregiert werden. Daher sollten die Eingabedaten möglichst auf Kreisebene vorliegen.

Die Eingabedaten gliedern sich für die Nutztierhaltung in Tierzahlen, Häufigkeitsverteilungen zu Stall- und Lagerformen sowie Ausbringungsverfahren und Einarbeitungszeiten, in Angaben zur Anzahl von Produktionszyklen (Durchgangszahlen), zu Fütterungsverfahren incl. Futterkennwerten, zu Leistungsdaten (Milchleistung, Legeleistung, Gewicht und Gewichtszunahme, Anzahl der Nachkommen) und zur Weidedauer. Ergänzende Daten werden zur Berücksichtigung von Abluftreinigungsanlagen und der (jahresmittleren) Lufttemperatur bei der Emissionsberechnung aus dem Lager benötigt.

Die Eingabedaten zur Berechnung von Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden umfassen die durch Weidegang, Düngung, biologische N-Fixierung, Klärschlammasbringung und Ernterückstände in den Boden gelangenden Stickstoffmengen sowie die Fläche der organischen Böden. Darüber hinaus wird die mittlere Frühlingstemperatur bei der Berechnung der Emissionen aus der Mineraldüngerausbringung benötigt.

Auf Modellparameter und Emissionsfaktoren wird in den Emissionsquellenbeschreibungen ab Kapitel 4 eingegangen.

Zu den Tierzahlen siehe Kapitel 3.3.1.

Für die Beschreibung der Eingabedaten zur Berechnung der Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden wird auf Kapitel 10 und 11 verwiesen. Auf die übrigen GAS-EM-Eingabedaten gehen die nachfolgenden Kapitel 3.3.2 bis 3.3.4 ein.

Hinweise zu Datenlückenschließung und Datenunsicherheit finden sich in Kapitel 3.3.5.

Die von Deutschland berichteten Emissionen beziehen sich auf die ganzjährig zur Produktion genutzten Tierplätze in landwirtschaftlichen Betrieben. Als Tierplatz in diesem Sinne gilt ein zum Stichtag der amtlichen Tierbestandshebungen besetzter Tierplatz (siehe Kapitel 2.1.2).

Auf die dem Inventar zugrunde liegenden Tierplatzzahlen wird in den nachfolgenden Tierkapiteln (ab Kapitel 4) eingegangen. Im Folgenden wird eine Übersicht über die Datenherkunft gegeben.

Dem Inventar liegen für jedes zweite Jahr im Zeitraum 1990 bis 1996 und im Zeitraum 1999 bis 2007 (mit Ausnahme des Jahres 2005) Tierzahlen von Rindern, Schweinen, Schafen, Pferden und Geflügel auf Kreisebene zugrunde, die durch das Statistische Bundesamt

sheep, horses and poultry within the frame work of the respective farm structure survey. In 2005, a representative sample survey was performed which did not yield animal numbers for single districts.

In addition to the farm structure surveys, characteristics of cattle and pig populations are ascertained twice a year (qualifying dates May 3rd and November 3rd), for sheep this happens once together with the animal number inquiry (qualifying date November 3rd). by Statistisches Bundesamt. As a result specific data are available for these animal categories are available for the periods between official censuses, however on the national scale only. For reasons of time series consistency, for cattle and pigs only the May data are used in the inventory.

The official agricultural census 2010 (LZ2010) differed from the practices outlined above, as the characteristics of the populations of poultry, goats, sheep and equides used in the inventory were levied on March 1st. Animal numbers for cattle and (most) pig subcategories were taken from the animal number inquiry on May 3rd, 2010.

For the first time, the 2010 agricultural census counted "equides" (horses, asses and mules). All equides are now considered as horses, as it is impossible to subtract the number of asses and mules which are available on a national scale only (see below) from the number of equides for the respective federal states. The resulting error is considered negligible, as the number of asses and muls can be ignored when compared to the number of total equides.

The 2010 agricultural census counted goats for the first time in decades.

Since 2008, animal numbers for cattle can be obtained from a special data base, the so-called HIT data base (StMLF, undated) where every single animal has to be registered. Information is available on the district level. Emission reporting has made use of the data base from the 2010 submission onwards.

The novel system since 2008 of levying animal numbers results in numbers exceeding those of the official census, as the latter does not cover all farms. A comparison for the year 2007 exhibits that the overall number of cattle provided by HIT exceed those of the conventional survey by 2.9 %. For dairy cows 2.8 % were observed. Statistisches Bundesamt declares that it is impossible to re-estimate animal numbers for the years before. Hence, cattle numbers between 1990 and 2007 were not adjusted.

As a result, emissions from cattle husbandry for the period between 1990 and 2007 are slightly underestimated.

For the years between farm structure surveys, characteristic information on the populations of poultry and horses is missing. For the data gap closing procedures

im Rahmen von Agrarstrukturerhebungen zum Stichtag 3. Mai erhoben wurden<sup>11</sup>. Im Jahr 2005 erfolgte lediglich eine repräsentative Erhebung der Tierbestände, so dass für 2005 keine Tierzahlen auf Kreisebene verfügbar sind.

Neben den Agrarstrukturerhebungen werden durch das Statistische Bundesamt zweimal jährlich zum Stichtag 3. Mai und 3. November Merkmale zu Rinder-, Schweinebeständen sowie zum Stichtag 3. Mai (ab 2011 zum Stichtag 3. November) zu Schafbeständen in der Viehbestandserhebung erfasst. Für diese Tierkategorien sind somit in den Jahren zwischen den Agrarstrukturerhebungen Informationen zu den Beständen auf Bundeslandebene erhältlich. Dabei werden aus Gründen der Zeitreihenkonsistenz für Rinder und Schweine immer die Zahlen der Mai-Erhebung verwendet.

Eine Abweichung vom üblichen Stichtag 3. Mai gab es in der Landwirtschaftszählung 2010, in welcher Merkmale zu den Viehbeständen am 1. März total erhoben wurden. Von der Veränderung des Stichtags sind nur die für das Inventar verwendeten Bestände an Geflügel, Ziegen, Schafen und Equiden betroffen, da für das Jahr 2010 die Rinderzahlen komplett und die Schweinezahlen größtenteils aus der Viehbestandserhebung (Stichtag 3. Mai) stammen.

Der 2010 erstmals amtlich erhobene Bestand an Equiden schließt Esel und Maultiere ein, wird im Inventar aber als Anzahl der Pferde interpretiert, da es nicht möglich ist, die nur auf Bundesebene geschätzte Anzahl der Esel und Maultiere (s. u.) von der Anzahl Equiden auf Bundeslandebene zu subtrahieren. Der damit verbundene Fehler (Überschätzung der Pferdezahlen) ist wegen der im Vergleich zur Equidengesamtzahl geringen Anzahl der Esel und Maultiere vernachlässigbar.

Der Ziegenbestand wurde seit Jahrzehnten zum ersten Mal wieder in der Landwirtschaftszählung 2010 erhoben

Die Rinderbestände werden seit dem Jahr 2008 bzw. seit der Berichterstattung 2010 (NIR 2010) aus einer speziellen Datenbank (HIT data base, StMLF, o.J.) entnommen, in der jedes Tier registriert ist. Somit sind seit dem Jahr 2008 Rinderbestände auf Kreisebene verfügbar.

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 %). Da es laut Statistischem Bundesamt nicht möglich ist, diese Abweichung für die zurückliegenden Jahre zu schätzen, wurden die Rinder-Zeitreihen von 1990 bis 2007 nicht angepasst.

Als Folge werden die Emissionen aus der Rinderhaltung in den Jahren 1990 bis 2007 leicht unterschätzt.

In den Jahren zwischen den Agrarstrukturerhebungen fehlen Informationen zu den Beständen an Geflügel und Pferden. Zur Schließung dieser Datenlücken siehe in den

<sup>11</sup> For the farm structure survey only farms were questioned that had at least 2 ha of agriculturally used area, 8 cattle or 8 pigs. In 2010 the requirements had been raised (e.g. the agriculturally used area had to be at least 5 ha).

applied see the respective section in Chapter 4 et seq.

The numbers of goats, asses, mules and buffalo were either not ascertained at all or very seldom for official statistics. Chapters 6.6.1.1, 7.5.1.1 and 8.1.1 report the ways used to create relevant numbers for this inventory.

In order to meet the requirements for inventory making, some subcategories as reported in the official statistics had to be modified. As a result animal numbers used in the German inventory model GAS-EM differ from those reported in the official statistics. This applies to the following subcategories: calves, heifers, bulls (beef), weaners, fattening pigs, laying hens and pullets. Within the turkey category, cocks and hens are treated separately.

The category horses is subdivided according to their height in heavy horses and light horses. The latter include ponies.

However, the overall numbers of all cattle, the total from laying hens and pullets, of turkey cocks and hens as well as of heavy and light horses are identical with the numbers supplied by Statistisches Bundesamt.

In contrast, the number of pigs used in German emissions reporting falls below the official number by the number of suckling-pigs, as emissions from suckling-pigs (final weight 8 kg an<sup>-1</sup>) and their sows are calculated and reported together and attributed to the sows.

The calculation procedures for the subpopulation of suckling-pigs in the 2012 submission (according to Haenel et al., 2011b) differs from the one used previously (as described in Rösemann et al., 2011). The number of suckling-pigs increased in the 2012 submission, hence the number of pigs considered in the inventory decreased.

Haenel et al. (2011b) also provided a tool for the splitting of the weaner and fattening pigs populations provided in the official statistics that count any piglets with weights up to 20 kg an<sup>-1</sup>, as opposed to young pigs and fattening pigs with weights above 20 kg an<sup>-1</sup>. The modified splitting has no effect on the total number of pigs in the inventory.

Table 3.3 summarizes the time series of numbers of animal places as used in German emission reporting. The animal numbers of the various subcategories covering other cattle, pigs and poultry can be found on the data CD included ("Tables\_Submission\_2012.xls" on sheet „AC\_1005“).

entsprechenden Tierkapitel (ab Kapitel 4).

Für Ziegen, Esel und Maultiere sowie Büffel werden die Bestände in der amtlichen Agrarstatistik nicht oder nur selten erhoben. Zur Gewinnung der entsprechenden Tierzahlen werden wird auf die Kapitel 6.6.1.1, 7.5.1.1 und 8.1.1 verwiesen.

Um möglichst homogene Tierkategorien zu bilden, wurden einige der in den amtlichen Erhebungen verwendeten Tierkategorien modifiziert. Daher weichen die im deutschen Inventarmodell GAS-EM verwendeten Tierzahlen für die Tierkategorien Kälber, Färsen, Mastbulen, Aufzuchtferkel, Mastschweine, Legehennen und Junghennen von den Zahlen der amtlichen Statistik ab. Bei Puten werden Hähne und Hennen getrennt betrachtet.

Pferde werden je nach Größe in die zwei Kategorien Großpferde und Kleinpferde (incl. Ponys) unterteilt.

Die Summen aller Rinder, die Summe aus Junghennen und Legehennen, die Summe von Putenhähnen und -hennen sowie die Summe von Groß- und Kleinpferden entsprechen aber jeweils den Zahlen des Statistischen Bundesamts.

Die der deutschen Emissionsberichterstattung zugrunde liegende Gesamtzahl an Schweinen ist um die Zahl der Saugferkel niedriger als die von der amtlichen Statistik berichteten, da die Emissionen von Saugferkeln bis zu einem Gewicht von 8 kg Tier<sup>-1</sup> bei den Emissionen aus der Sauenhaltung mit gerechnet und die Ergebnisse allein den Sauen zugeordnet werden.

Aufgrund des gegenüber der Submission 2011 (vgl. Rösemann et al., 2011) geänderten Berechnungsverfahrens für die Saugferkelpopulation (Haenel et al., 2011b) ergeben sich für die vorliegende Submission 2012 höhere Saugferkelzahlen und damit eine Verringerung der dem Emissionsinventar zugrunde liegenden Schweine-Gesamtzahl gegenüber der Submission 2011.

Die in Haenel et al. (2011b) ebenfalls beschriebene Überarbeitung des Verfahrens zur Berechnung der Tierzahlen für die Inventarkategorien Aufzuchtferkel und Mastschweine aus den offiziellen Tierzahlen für Ferkel bis 20 kg Tier<sup>-1</sup> sowie Jung- und Mastschweine ab 20 kg Tier<sup>-1</sup> bleibt ohne Auswirkung auf die Gesamtzahl der Schweine im Emissionsinventar.

Table 3.3 zeigt die Tierplatzzahlen der in der deutschen Berichterstattung aufgeführten Tierkategorien. Die Tierplatzzahlen der Unterkategorien bei den übrigen Rinder, den Schweinen und beim Geflügel finden sich auf der beiliegenden Daten-CD in der Datei „Tables\_Submission\_2012.xls“ auf dem Tabellenblatt „AC\_1005“.

Table 3.3: Number of animal places in the German emission inventory (in 1000)

	dairy cows	other cattle	pigs	sheep	goats	horses	mules and asses	buffalo	poultry
1990	6,355	13,133	26,502	3,266	90	491	8,5	0,00	113,879
1991	5,632	11,502	22,183	3,250	86	511	8,5	0,00	108,770
1992	5,365	10,843	22,618	2,999	90	531	8,5	0,00	103,662
1993	5,301	10,597	22,238	3,001	92	565	8,5	0,00	106,805
1994	5,273	10,690	21,148	2,882	95	599	8,5	0,00	109,948
1995	5,229	10,661	20,387	2,991	100	626	8,5	0,00	111,228
1996	5,195	10,565	20,809	2,953	105	652	8,5	0,05	112,507
1997	5,026	10,201	21,248	2,885	115	594	8,5	0,17	114,439
1998	4,833	10,110	22,500	2,869	125	535	8,5	0,30	116,371
1999	4,765	10,131	22,138	2,724	135	476	8,5	0,42	118,303
2000	4,570	9,968	21,768	2,743	140	491	8,5	0,63	120,180
2001	4,549	10,055	21,792	2,771	160	506	8,5	0,63	122,056
2002	4,427	9,560	22,110	2,722	160	516	8,5	0,76	122,732
2003	4,371	9,273	22,352	2,697	160	525	8,5	0,89	123,408
2004	4,285	8,911	21,758	2,714	160	512	8,5	1,02	121,984
2005	4,236	8,799	22,743	2,643	170	500	8,5	1,19	120,561
2006	4,082	8,667	22,417	2,561	180	521	8,5	1,32	123,712
2007	4,071	8,615	22,985	2,538	180	542	8,5	1,54	126,863
2008	4,218	8,752	22,677	2,437	190	515	8,5	1,79	127,542
2009	4,205	8,739	23,021	2,350	220	489	8,5	2,11	128,221
2010	4,183	8,626	22,244	2,089	150	462	8,5	2,36	128,900

### 3.3.2 Frequency distributions (housing, storage, spreading) and grazing data / Häufigkeitsverteilungen (Stall, Lager, Ausbringung) und Weidedaten

For the years until 1999, frequency distributions for housing and storage systems as well as manure application procedures were provided by the agricultural sector model RAUMIS (see Chapter 3.3.2.1).

An update of these data<sup>12</sup> was not available before 2010. The results of the 2010 official agricultural census and of the simultaneous survey of agricultural production methods (LZ2010, Statistisches Bundesamt) as well as the 2011 survey on manure application practices (Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung, Statistisches Bundesamt) allowed for an update of the RAUMIS data sets for 2010. For details see Chapter 3.3.2.2. The method used to close the data gap between the 1999 data sets and the 2010 data sets is described in Chapter 3.3.2.3.

The following applies to all years after 1990:

- The storage systems or usage types “lagoon”, “dry lot”, “burned for fuel” and “composting” do not exist in Germany.
- The share of slurry treated in fermenters (bio-gas slurry) is unknown. Therefore the total amount of slurry is distributed on the various storage facilities.

Mean value of the data mentioned above can be found on the data CD included (“Tables\_Submission\_2012.xls” on sheets “AI\_1005FHO”, “AI\_1005FST” and “AI\_1005FSP“.)

Häufigkeitsverteilungen zu Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren sowie Angaben zu Weidedauern wurden für die Jahre bis 1999 mit dem Agrarsektormodell RAUMIS bereitgestellt, siehe Kapitel 3.3.2.1.

Eine Aktualisierung dieser Daten<sup>12</sup> war erst für das Jahr 2010 mithilfe der Ergebnisse der „Landwirtschaftszählung 2010“ und der parallel dazu durchgeführten „Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden“ (LZ 2010, Statistisches Bundesamt) sowie der „Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung im Kalenderjahr 2010 für die Emissionsberichterstattung“ (Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung, Statistisches Bundesamt) möglich, siehe Kapitel 3.3.2.2. Zur Überleitung zwischen den Datensätzen von 1999 und 2010 wird auf Kapitel 3.3.2.3 verwiesen.

Grundsätzlich gilt dabei für alle Jahre ab 1990:

- Die Lagersysteme bzw. Verwendungszwecke „lagoon“, „dry lot“, „burned for fuel“ und „composting“ existieren in Deutschland nicht.
- Der Anteil der vergorenen Gülle (Biogas-Gülle) ist unbekannt. Daher wird die gesamte anfallende Gülle nach den entsprechenden Häufigkeiten auf die verschiedenen Lagertypen aufgeteilt.

Die deutschen Mittelwerte der vorgenannten Daten finden sich auf der beiliegenden Daten-CD in der Datei „Tables\_Submission\_2012.xls“ auf den Tabellenblättern „AI\_1005FHO“, „AI\_1005FST“ und „AI\_1005FSP“.

<sup>12</sup> In earlier emission reporting submissions the 1999 data set was used also for the years after 1999 as no updated data existed.

## 3.3.2.1

*The years until 1999 (RAUMIS) / Die Jahre bis 1999 (RAUMIS)*

For the years until 1999, data regarding the frequency distributions for housing (including shares of grazing and housing, housing types), storage types and spreading techniques (for manures) were modelled using the agricultural sector model RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationssystem für Deutschland – regionalised information system for agriculture and environment in Germany / Institute of Farm Economics and Rural Studies of the vTI (former FAL)).

For an introduction to RAUMIS see Weingarten (1995), for a detailed description see Henrichsmeyer et al. (1996). The data base and details of the resulting modelling of input data for GAS-EM using RAUMIS are described in Döhler et al. (2002), Chapter 2.6.2. They are collated in the following short overview:

The frequency distributions were calculated for the years 1991, 1995, and 1999. For this purpose Germany was divided in 11 model regions whose agricultural structure was considered uniform. In 13 districts within these regions experts were consulted.

These model district data formed the basis from which the data needed for the calculation of the emissions in all German districts was derived. In a first step this was done using a cluster analysis to assign all German districts to the 11 model regions regardless of boundaries of federal states. In a limited number of cases the cluster analysis had to be corrected by means of maps and statistics.

A second step was performed under the assumption that the stock size has a major impact on the type of the chosen housing system. Therefore a projection was carried out for an approximate estimate of the frequencies of housing systems in all regions. The projection was based on collected characteristics that was differentiated according to stock size classes. It was taken into account that the manure management depends on individual regulations of each federal state concerning informational, advisory and supporting programmes as well as sanctions.

The Federal Statistical Office (Statistisches Bundesamt) replenished the surveys in the modelled regions with a special evaluation of the amount of manure and slurry in agricultural farms ordered by administrative districts. For the assessment of the situation in the New Länder in 1990, data of the 1987 GDR building fabric analysis were used.

For the emission calculations, the distributions modelled by RAUMIS are applied as follows: 1991 for 1990 to 1993; 1995 for 1994 to 1998; 1999 for the years from 1999 onwards.

The data provided by RAUMIS for the frequency distribution of various laying hen housing systems were not used. Time series supplied by the Statistisches Bundesamt covering single federal states were used instead. The latter allow for a better tracing of the

Für die Jahre bis 1999 wurden die Daten zu den Häufigkeitsverteilungen für Haltungsformen (Anteile Weidehaltung / Stallhaltung; Anteile von Aufstallungsformen), Lagerungsformen sowie Ausbringungstechniken und Einarbeitungsdauern (bei Wirtschaftsdüngern) mithilfe des Agrarsektormodells RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationssystem für Deutschland / Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume des vTI (vormals FAL)) modelliert.

Für eine Einführung zu RAUMIS siehe Weingarten (1995). Eine detaillierte Modellbeschreibung findet sich bei Henrichsmeyer et al. (1996). Datengrundlagen und Details der darauf aufbauenden Modellierung der GAS-EM-Eingangsdaten mithilfe von RAUMIS sind in Döhler et al. (2002), Kapitel 2.6.2 beschrieben und werden nachfolgend in einer kurzen Übersicht zusammengefasst:

Die Häufigkeitsverteilungen wurden für die Jahre 1991, 1995 und 1999 erstellt. Dazu wurde Deutschland zunächst in 11 Modellregionen mit jeweils vergleichbarer Agrarstruktur gegliedert, in denen in 13 repräsentativen Kreisen Expertenbefragungen durchgeführt wurden.

Für die Übertragung und Hochrechnung der Modellkreisdaten zur Erstellung einer Datengrundlage für eine flächendeckende Emissionsberechnung erfolgte in einem ersten Schritt eine Clusteranalyse, um alle deutschen Kreise den 11 Modellregionen zuordnen zu können. Dabei wurde auch eine bundeslandübergreifende Zuordnung zugelassen. Die Ergebnisse der Clusteranalyse wurde in einigen wenigen Fällen anhand von Karten und Statistiken korrigiert.

Unter der Annahme, dass die Bestandsgröße bei der Ausprägung der Stallhaltungsformen von entscheidender Bedeutung ist, erfolgte in einem zweiten Schritt zur näherungsweise Abschätzung der Verfahrensumfänge in allen Regionen eine Hochrechnung auf Grundlage der nach Bestandsgrößenklassen differenziert erfassten Merkmale. Dabei wurde auch berücksichtigt, dass das Wirtschaftsdünger-Management von Informations-, Beratungs- und Förderprogrammen sowie von Auflagen abhängt, die auf Bundesländerebene ausgestaltet werden.

Eine Sonderauswertung des Mist- und Gülleanfalls in landwirtschaftlichen Betrieben nach Regierungsbezirken durch das Statistische Bundesamt ergänzte die Erhebungen in den Modellregionen. Zur Einschätzung der Situation in den neuen Ländern im Jahr 1990 wurden Daten der DDR-Bausubstanzanalyse 1987 herangezogen.

Die mit RAUMIS modellierten Verteilungen werden für die Emissionsberechnungen wie folgt als gültig angenommen: 1991 für 1990 bis 1993; 1995 für 1994 bis 1997; 1999 für 1998 und 1999.

Die von RAUMIS bereitgestellten Daten zu Häufigkeiten der unterschiedlichen Legehennen-Haltungsformen werden nicht verwendet. Stattdessen kommen durch das Statistische Bundesamt (auf Bundesland – Ebene) bereitgestellte Zeitreihen zum Einsatz, mit denen

changes with time in laying hen housing systems. For details see Chapter 9.3.7.3 and Rösemann et al. (2011), pg. 263 et seq.

This data base was used to derive national means of the respective frequency distributions for the years 1990 to 1999. They can be found on the data CD enclosed (Table "AI\_1005FHO" on sheet "Tables\_Submission\_2012.xls")

### 3.3.2.2 *The year 2010 (LZ2010 and manure management survey 2011) / Das Jahr 2010 ( LZ 2010 und Wirtschaftsdünger-Erhebung 2011)*

The frequency distributions of housing and storage facilities as well as application procedures for 2010 were updated using the results of the 2010 agricultural census and the 2011 manure management survey performed by the Statistisches Bundesamt.

The evaluation of the results is described in Dieterle (2011). The resolution in space is federal states, i.e., all districts within a given state are described with the same data set. A higher resolution in space (districts) appeared not meaningful in view of the uncertainties involved.

For the same reason, separate evaluations were not performed for the single city states. Instead, Bremen was treated like Niedersachsen, Berlin like Brandenburg, and Hamburg like Schleswig-Holstein.

The working group on emission reporting had made proposals to inquire frequency distributions for the application procedures of solid manures. These were not accepted for the questionnaires of LZ 2010. The little information that could be extracted from the remaining questions do not allow for a detailed estimate of times before incorporation of solid manure (see Chapter 3.3.2.3).

To a large extent, the data sets supplied by Statistisches Bundesamt had to be recalculated or aggregated to fit them into the existing calculation routines within GAS-EM. These modifications are described below.

From the data base described below, national means of frequency distributions were deduced for the year 2000. These can be found on the data CD enclosed (Table "AI\_1005FHO" on sheet "Tables\_Submission\_2012.xls").

#### 3.3.2.2.1 *Housing systems, cattle / Haltungsverfahren, Rinder*

Statistisches Bundesamt provided frequency distributions of housing systems for dairy cows, heifers, suckler cows, bulls (mature males) and calves. These comprise

- tied systems, predominantly slurry based;
- tied systems, predominantly solid manure based;
- loose housing systems, predominantly slurry based;
- loose housing systems, predominantly solid manure

der zeitlichen Verlauf der Änderungen in der Legehennenhaltung besser abgebildet werden kann, siehe Kapitel 9.3.7.3 sowie Rösemann et al. (2011), S. 263f.

Aus der vorstehend beschriebenen Datenbasis wurden nationale Mittelwerte der Verteilungen für die Jahre 1990 bis 1999 abgeleitet. Sie finden sich in Tabelle AI\_1005FHO (siehe beiliegende Daten-CD, Datei Tables\_Submission\_2012.xls).

Die Häufigkeitsverteilungen von Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren wurden für 2010 anhand der Ergebnisse der vom Statistischen Bundesamt durchgeführten Landwirtschaftszählung LZ2010 und der Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung aktualisiert.

Die Auswertung der Erhebungsergebnisse wird in Dieterle (2011) beschrieben. Sie erfolgte auf Bundeslandebene, sodass allen Kreisen eines Bundeslandes identische Datensätze zugewiesen wurden. Eine Auswertung auf Kreisebene war wegen der damit verbundenen großen statistischen Unsicherheit nicht sinnvoll.

Aus diesem Grunde wurden auch die Ergebnisse der Stadtstaaten verworfen und durch die Ergebnisse der benachbarten Flächenbundesländer ersetzt: Bremen durch Niedersachsen, Berlin durch Brandenburg und Hamburg durch Schleswig-Holstein.

Die durch die Emissionsberichterstattungsgruppe initiierten Fragen zur Festmist-Ausbringung wurden im Vorfeld der LZ 2010 aus dem Fragenkatalog gestrichen. Die Antworten auf die wenigen verbliebenen Fragen erlauben keine differenzierte Einschätzung der aktuellen Situation hinsichtlich der Dauer der Einarbeitung von Festmist, siehe dazu Kapitel 3.3.2.3

Die vom Statistischen Bundesamt auf Bundes- und Länderebene gelieferten Zahlen mussten zum Großteil umgerechnet oder zusammengefasst werden, damit sie in den bestehenden Berechnungsroutinen in GAS-EM verwendet werden konnten. Diese Umrechnungen werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

Aus der nachstehend beschriebenen Datenbasis wurden nationale Mittelwerte der Verteilungen für das Jahr 2000 abgeleitet. Sie finden sich in Tabelle AI\_1005FHO (siehe beiliegende Daten-CD, Datei Tables\_Submission\_2012.xls).

Vom Statistischen Bundesamt wurden für Milchkühe, Färsen, Mutterkühe, Mastbullen, Zuchtbullen und Kälber die prozentualen Anteile folgender Stallhaltungsverfahren geliefert:

- Anbindeställen, überwiegend mit Gülle;
- Anbindeställen, überwiegend mit Festmist;
- Laufställen, überwiegend mit Gülle;

- based;
- other housing systems.

The category “other housing systems” is not defined with respect to its emission properties. Hence it cannot be used in emission reporting. The percentages of this category were redistributed to the other housing facility categories according to their proportions. On the national scale, about 3 % of all housing systems had been declared “other systems” for heifers and beef bulls, 20 % of suckler cows, 13 % of bulls (mature males). For dairy cows the share of “other systems” on the national scale was close to 0 %. However, differences were observed for a few federal states - 3 states declared 1 and 2 % “other systems”. As a result of the redistribution, the data used within inventory deviate from those supplied by Statistisches Bundesamt.

The frequency data of calves as provided by Statistisches Bundesamt cannot be used in the inventory. The survey counts animals up to 8 months as calves. The inventory defines calves as animals younger than 2 months.

Furthermore, the inventory assumes that from 2003 onwards calves have been kept in deep litter systems, whereas before 2003 they were kept in tied systems with bedding (50 %) and in deep litter systems (50 %). (Expert judgement KTBL, as tied systems for calves were banned in Germany.)

The information provided by Statistisches Bundesamt with regard to suckler cows as “loose housing systems” is taken to be deep litter systems (expert judgement KTBL). For beef bulls, “loose housing systems” is interpreted as “sloped floor systems with bedding”. This is the same definition as in RAUMIS. For all other animal categories “loose housing systems, predominantly solid manure based” is considered a loose house with periodical removal of manure. For heifers, this results in a revision of the category “deep litter” used between 1990 and 1999 (expert judgement KTBL).

### 3.3.2.2.2 Housing systems pigs / Haltungsverfahren, Schweine

Statistisches Bundesamt provided frequency distributions of housing systems for sows (reproduction) and other pigs (including piglets) as follows:

- fully slatted floors,
- partly slatted floors,
- non-slatted floors with bedding and periodical removal of manure,
- other housing systems (including deep litter and sloped floor systems),
- free range.

The inventory differentiates between the subcategories sows (including suckling-pigs), weaners, fattening pigs and boars (for reproduction). Up to now, sows and

- Laufställen, überwiegend mit Festmist;
- andere Haltungsverfahren.

Die Kategorie „andere Haltungsverfahren“ ist hinsichtlich der Emissionseigenschaften undefiniert und kann daher für die Emissionsberichterstattung nicht verwendet werden. Die Anteile dieser Kategorie wurden auf die übrigen vier Stallhaltungsverfahren entsprechend deren relativer Häufigkeit aufgeteilt. Dadurch stimmen die im Inventar verwendeten Zahlen bei den Färsen und Mastbullen (bundesweit je 3 % „andere Haltungsverfahren“), Mutterkühen (20 %), Zuchtbullen (13 %) nicht mit den vom Statistischen Bundesamt gelieferten Prozentzahlen überein. Analog verfahren wurde bei den Milchkühen, bei denen zwar auf Bundesebene 0 % andere Haltungsverfahren erhoben wurden, bei denen allerdings auf Bundeslandebene auch 3 Bundesländer mit 1 und 2 % anderen Haltungsverfahren erfasst wurden.

Die vom Statistischen Bundesamt gelieferten Verteilungsdaten für Kälber wurden nicht verwendet, da sie für Kälber bis zu einem Alter von 8 Monaten erhoben wurden, im Inventar die Kategorie Kälber aber nur Rinder bis zu einem Alter von 2 Monaten umfasst.

Überdies wird im Inventar für Kälber angenommen, dass sie ab 2003 zu 100 % auf Tiefstreu gehalten werden und davor zu 50 % in Anbindehaltung mit Festmist und zu 50 % auf Tiefstreu (Expertenurteil KTBL aufgrund des Verbots der Anbindehaltung bei Kälbern in Deutschland).

Bei den Mutterkühen wird „Laufstall, überwiegend mit Festmist“ für das Inventar als Tiefstreu interpretiert (Expertenurteil KTBL). Bei den Mastbullen wird „Laufstall, überwiegend mit Festmist“ im Inventar als Tretmist angesehen (entsprechend der in RAUMIS verwendeten Kategorie). Bei allen anderen Tierkategorien wird „Laufstall, überwiegend mit Festmist“ als Stall mit regelmäßiger Entmistung interpretiert. Dies bedeutet bei den Färsen eine nachträgliche Revision der ursprünglichen in RAUMIS verwendeten Kategorie „Tiefstreu“, auch für die Jahre 1990 bis 1999 (Expertenurteil KTBL).

Vom Statistischen Bundesamt wurden für die Tierkategorien Zuchtsauen und übrige Schweine inklusive Ferkel die prozentualen Anteile folgender Stallhaltungsverfahren geliefert:

- Vollspaltenboden,
- Teilspaltenboden,
- planbefestigter Boden mit Einstreu und regelmäßiger Entmistung,
- andere Stallhaltungsverfahren (z. B. Tiefmist, Tretmist),
- Freiland.

Im Inventar werden die Tierkategorien Zuchtsauen (inklusive Saugferkel), Aufzuchtferkel, Mastschweine und Zuchteber voneinander unterschieden. Dabei wurden



boars shared identical houses. The same applied to weaners and fattening pigs. For reasons of consistency this treatment was maintained when the 2010 data sets provided by Statistisches Bundesamt were evaluated.

The category "other housing systems" (e.g. deep litter, sloped floor) cannot be used in the inventory as it is not defined there. It is interpreted as deep litter system.

The category "free range" cannot be treated adequately in the inventory due to lack of emission factors. However, its frequency on the national level as reported by Statistisches Bundesamt is 0 %. Few federal states reported a frequency of 1 %. In the inventory, "free range" is treated in the same way as "deep litter system".

As practiced in former inventories, the inventory differentiates for sows and boars between slurry based and farmyard manure systems. The frequencies of fully and partly slatted floor systems are combined in the inventory category "slurry based systems". The three remaining categories obtained from LZ2010 are combined under the inventory category "solid manure systems".

For weaners and fattening pigs the four categories "fully slatted floor systems", "partly slatted floor systems", "non-slatted floors with bedding and periodical removal of manure", "sloped floor systems" and "deep litter system" are taken into account.

#### 3.3.2.2.3 Grazing times, cattle / Weidezeiten, Rinder

Statistisches Bundesamt made data available describing the frequency of animals grazing (in %), the mean annual duration of the grazing period (in weeks) and the average daily grazing time (in hours per day) for dairy cows, heifers, beef bulls, bulls for reproduction and calves.

Of these, the data for calves are not used in the inventory, as the category described by Statistisches Bundesamt (calves younger than 8 months) differs from that used in the inventory (calves younger than 2 months). For calves younger than 2 months, no grazing is assumed.

All other data supplied by Statistisches Bundesamt are used as provided.

In previous submissions, no data were available for grazing times of beef bulls and bulls for reproduction. Therefore "no grazing" had been assumed for these subcategories. In the present submission, the data provided for 2010 are used for the entire time series from 1990 to 2010.

Annual grazing times on a national level are summarized on the data CD enclosed in Table AI\_1005FHO on the sheet Tables\_Submission\_2012.xls. These data are derived from survey data provided by Statistisches Bundesamt.

#### 3.3.2.2.4 Grazing times, sheep / Weidezeiten, Schafe

bisher für Eber und Zuchtsauen die gleichen Daten zu Haltungsverfahren verwendet. Analog war das Vorgehen für Mastschweine und Aufzuchtferkel. Aus Konsistenzgründen wurde dies bei der Auswertung der vom Statistischen Bundesamt für 2010 gelieferten Erhebungsdaten beibehalten.

Die Kategorie „andere Stallhaltungsverfahren (z. B. Tiefmist, Tretmist)“ ist hinsichtlich der Emissionseigenschaften undefiniert und kann daher für die Emissionsberichterstattung nicht verwendet werden. Sie wird als Tiefstreu interpretiert.

Die Kategorie „Freiland“ ist mangels Emissionsfaktor in GAS-EM nicht abbildbar. Auf Bundesebene liegt ihr Anteil nach den gelieferten Zahlen des Statistischen Bundesamtes bei 0 %; in den wenigen Bundesländer, für die Freilandhaltung mit 1 % ermittelt wurde, wird „Freiland“ im Inventar wie „Tiefstreu“ behandelt.

Für Zuchtsauen und Eber wird im Inventar wie bisher nur zwischen Flüssigmist- und Festmistverfahren unterschieden. Die Summe der offiziell erhobenen Häufigkeiten von „Vollspaltenboden“ und „Teilspaltenboden“ liefert die Häufigkeit der Inventarkategorie „Flüssigmist“, die Summe der Häufigkeiten der anderen drei in der LZ 2010 berücksichtigten Stallhaltungsverfahren die Häufigkeit der Inventarkategorie „Festmist“.

Bei den Mastschweinen und Aufzuchtferkeln werden die vier Kategorien „Vollspaltenboden“, „Teilspaltenboden“, „planbefestigter Boden mit Einstreu und regelmäßiger Entmistung“ und „Tiefstreu“ verwendet.

Vom Statistischen Bundesamt wurde der Anteil der Tiere mit Weidegang in Prozent, die durchschnittliche jährliche Weidedauer in Wochen und die durchschnittliche Weidedauer in Stunden pro Tag für die Tierkategorien Milchkühe, Färsen, Mutterkühe, Mastbullen, Zuchtbullen und Kälber geliefert.

Die Daten für die Kälber wurden nicht verwendet, da sie für Kälber bis zu einem Alter von 8 Monaten erhoben wurden, im Inventar die Kategorie Kälber aber nur Rinder bis zu einem Alter von 2 Monaten umfasst. Für Kälber bis 2 Monate wird davon ausgegangen, dass sie keinen Weidegang haben.

Die übrigen Daten des Statistischen Bundesamtes wurden unverändert übernommen.

Für frühere Inventare gab es für Mast- und Zuchtbullen keine Informationen zum Weidegang, weshalb „kein Weidegang“ angenommen wurde. Die für 2010 für diese beiden Tierkategorien erhobenen Weidegangdaten wurden daher für den gesamten Berichtszeitraum 1990 bis 2010 übernommen.

In Tabelle AI\_1005FHO (siehe beiliegende Daten-CD, Datei Tables\_Submission\_2012.xls) wird auf Bundesebene die aus den Erhebungsdaten folgende durchschnittliche jährliche Weidezeit in % des Jahres angegeben.

For sheep (sheep older than 1 year, i.e. excluding lambs) and lambs (sheep younger than 1 year), Statistisches Bundesamt provided the share of animals grazed (in %), the mean annual duration of the grazing period (in weeks) and the mean daily grazing hours. Both the duration of the grazing period and daily grazing hours do not differ for the two animal subcategories.

These data replace the total time series used before, as compromise could be constructed. The data used before have been completely discarded.

Annual grazing times on a national level are summarized on the data CD enclosed in Table AI\_1005FHO on the sheet Tables\_Submission\_2012.xls. These data are derived from survey data provided by Statistisches Bundesamt.

### 3.3.2.2.5 *Slurry storage systems, cattle and pigs / Güllelagerverfahren, Rinder und Schweine*

The following separate frequency distributions were provided by Statistisches Bundesamt for slurry stores in cattle and pig husbandry:

- without cover,
- with natural crust,
- with artificial crust,
- with plastic film or solid cover.

The frequencies of these categories apply to the cattle and pig categories as a whole. No further differentiation is made for subcategories.

The official surveys did not cover the share of slurry stored underneath slatted floors. In Germany this fraction cannot be neglected. The 1999 frequency distributions (last data set provided by RAUMIS), however, allowed for this differentiation. The data available for animal numbers of dairy cows and fattening pigs were used to assess weighted means of the shares of slurry stored underneath slatted floors in 1999. The (rounded) mean of 32 % was then used for all cattle and pigs in the inventory for 2010. The remaining 68 % were split into the categories provided according to the percentages obtained for the evaluation of the official survey data.

### 3.3.2.2.6 *Spreading systems for liquid manure, cattle and pigs / Flüssigmistausbringungsverfahren, Rinder und Schweine*

Statistisches Bundesamt also delivered frequency distributions for the application of slurry and leachate, covering the techniques involved, the time span between application and incorporation as well as the kind of land use. No differentiation was made for cattle and pigs.

- **broad cast:** Application to bare soil: with immediate incorporation, incorporation within 1 to 4 hours, 4 to 8 hours or more than 8 hours. Application to

Vom Statistischen Bundesamt wurde der Anteil der Tiere mit Weidegang in Prozent, die durchschnittliche jährliche Weidedauer in Wochen und die durchschnittliche Weidedauer in Stunden pro Tag für die Tierkategorien Schafe (exklusive Lämmer) und Lämmer unter einem Jahr alt geliefert. Die durchschnittlichen Weidedauern in Wochen und Stunden wurden für beide Kategorien gemeinsam angegeben.

Die gelieferten Daten wurden unverändert für die gesamte Zeitreihe übernommen, da sie sich so stark von den bisherigen Annahmen unterschieden, dass diese verworfen wurden.

In Tabelle AI\_1005FHO (siehe beiliegende Daten-CD, Datei Tables\_Submission\_2012.xls) wird auf Bundesebene die aus den Erhebungsdaten folgende durchschnittliche jährliche Weidezeit in % des Jahres angegeben.

Vom Statistischen Bundesamt wurden getrennt für Rinder und Schweine die prozentualen Anteile für folgende Güllelager-Varianten geliefert:

- ohne Abdeckung,
- mit natürlicher Schwimmdecke,
- mit künstlicher Schwimmdecke,
- mit Folien- oder fester Abdeckung.

Diese Anteile gelten jeweils für alle Rinder und alle Schweine und werden nicht nach Unterkategorien differenziert.

Durch die offizielle Erhebung nicht abgefragt wurde der Anteil der Gülle, der unter Spaltenboden gelagert wird und der in Deutschland nicht unbedeutend ist. Mit Hilfe der Milchkuhzahlen bzw. Mastschweinezahlen von 1999 wurde das gewichtete Mittel des Anteils der Güllelagerung unter Spaltenboden in den einzelnen Bundesländern aus dem letzten verwendeten RAUMIS-Datensatz von 1999 gebildet. Dieser Anteil wurde auf ganze Prozent gerundet (jeweils 32 %) und für 2010 und alle Rinder bzw. Schweine angenommen. Die restlichen 68 % wurden zwischen den gelieferten vier Güllelagerkategorien gemäß ihren relativen Anteilen aufgeteilt.

Vom Statistischen Bundesamt geliefert wurde jeweils für Rinder- bzw. Schweinegülle sowie für Jauche (Rinder- und Schweinejauche gemeinsam) die Anteile, die mit folgenden Techniken und Einarbeitungszeiten sowie auf folgende Flächennutzungsarten ausgebracht wurden:

- **Breitverteiler:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland: Einarbeitung sofort, zwischen 1 und 4 h, zwischen 4 und 8 h oder nach mehr als 8 h. Aus-

- tilled arable land, grassland or permanent crops;
- **trailing hose:** Application to bare soil: with immediate incorporation, incorporation within 1 to 4 hours, 4 to 8 hours or more than 8 hours. Application to tilled arable land, grassland or permanent crops;
- **trailing shoe:** application to bare soil, to tilled arable land, to grassland or to permanent crops;
- **slot injection:** application to bare soil, to tilled arable land, to grassland or to permanent crops;
- **slurry cultivator or other injection techniques:** application to bare soil, to tilled arable land, to grassland or to permanent crops;

Any incorporation after 12 hours was treated as „incorporation between 8 and 12 hours after incorporation”.

The German inventory system has no emission factors for permanent cultures. These are treated in the same way as grassland. The share applied to permanent crops is thus added to the share spread on grassland.

In Germany there do not exist any differentiated emission factors for the slurry application with trailing shoe referring to the kind of land use. Therefore all shares of slurry applied on different kinds of land use with the trailing shoe technique are summarized.

The same applies to the slot injection technique. Furthermore all shares of slurry applied on different kinds of land use with the slot injection technique are summarized with the shares of the category “slurry cultivator or other injection techniques” (except the share applied to bare soil). Slurry applied to bare soil with a technique out of the category “slurry cultivator or other injection techniques” is calculated individually because of the existence of a technique specific emission factor.

- bringung auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Schleppschlauch:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland: Einarbeitung sofort, zwischen 1 und 4 h, zwischen 4 und 8 h oder nach mehr als 8 h. Ausbringung auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Schleppschuh:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland, auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Schlitzverfahren:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland, auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Güllegrubber oder andere Injektionsverfahren:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland, auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen.

Die Einarbeitung nach mehr als 8 h wurde als Einarbeitung nach höchstens 12 h interpretiert.

Für die Ausbringung auf Dauerkulturen existieren in Deutschland keine Emissionsfaktoren, daher wird im Inventar der Anteil, der auf Dauerkulturen ausgebracht wurde, jeweils dem Anteil, der auf Dauergrünland ausgebracht wurde, hinzugezählt.

Für die Ausbringung mit dem Schleppschuh existieren in Deutschland keine nach Flächennutzungsart differenzierten Emissionsfaktoren. Daher werden alle auf unterschiedliche Flächennutzungen ausgebrachten Anteile, die mit dem Schleppschuh ausgebracht wurden, zusammengezählt.

Gleiches gilt für Schlitzverfahren. Die auf unterschiedliche Flächennutzungen ausgebrachten Anteile des Schlitzverfahrens werden für das Inventar außerdem mit den Anteilen aus der Kategorie „Güllegrubber oder andere Injektionsverfahren“ (mit Ausnahme des auf unbestelltem Ackerland ausgebrachten Anteils) zu einem Wert zusammengefasst. Der mit dem Güllegrubber auf unbestelltem Ackerland ausgebrachte Anteil wird einzeln verwendet, da hierfür ein Emissionsfaktor vorhanden ist.

### 3.3.2.3

#### *Gap closure for the years 2000 to 2009 / Datenlückenschließung für die Jahre 2000 bis 2009*

Data were provided for 1999 using the latest available RAUMIS data set (see Chapter 3.3.2.1). The gaps between this data and the data originating from the evaluation of the 2010 agricultural census and the 2011 survey on application techniques (see Chapter 3.3.2.2) were closed by linear interpolation on district level.

In some cases, the new data sets do not provide data categories fitting those of RAUMIS. One example is the share of slurry that is incorporated 12 to 24 hours after application. As a result of the interpolation between 1999 and 2010 the respective categories become extinct in 2010 for the first time.

In other cases where the 2010 agricultural census did not yield the necessary data, the 1999 RAUMIS data were extrapolated. This affects solid manure application as a whole (including manure produced in poultry pro-

Der Zeitraum zwischen dem Jahr mit dem letzten RAUMIS-Datensatz (1999, siehe Kapitel 3.3.2.1) und dem Jahr 2010, für das durch die Landwirtschaftszählung 2010 und die Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung im Frühjahr 2011 aktuelle Daten vorliegen (siehe Kapitel 3.3.2.2), wird durch lineare Interpolation auf Kreisebene überbrückt.

Es gibt Fälle, in denen einer einzelnen RAUMIS-Datenkategorie keine neu erhobene Datenkategorie gegenübersteht. Dies gilt z. B. für die Einarbeitung von Flüssigmist innerhalb von 24 h. In diesen Fällen bewirkt die Interpolation, dass genau im Jahr 2010 diese Kategorie das erste Mal nicht mehr vorkommt.

In Fällen, in denen die Landwirtschaftszählung 2010 keine Daten erbrachte, wird im Inventar weiterhin mit den entsprechenden Daten des letzten RAUMIS-Datensatzes von 1999 gerechnet. Dies betrifft den ge-

duction systems).

For laying hens only, Statistisches Bundesamt provided special frequency distributions for housing for the period from 2000 to 2009. For details see Chapter 9.3.7.3.

From the derivations described above, national means of frequency distributions were deduced for the year 2000. These can be found on the data CD enclosed (Table “AI\_1005FHO” on sheet “Tables\_Submission\_2012.xls”).

samen Bereich der Ausbringung von Festmist (einschließlich Hühnermist).

Für Legehennen gilt der Sonderfall, dass auch für die Jahre 2000 bis 2009 separate Daten zu den Häufigkeitsverteilungen der Haltungsformen durch das Statistische Bundesamt bereitgestellt wurden, siehe Kapitel 9.3.7.3.

Die mit Hilfe der vorstehend beschriebenen Ableitung gewonnenen nationalen Mittelwerte der Verteilungen für die Jahre 2000 bis 2009 finden sich in Tabelle AI\_1005FHO (siehe beiliegende Daten-CD, Datei Tables\_Submission\_2012.xls).

### 3.3.3 *Other activity data in animal husbandry / Andere Aktivitätsdaten in der Tierhaltung*

#### 3.3.3.1 *Number of production cycles of fattening pigs / Daten zur Durchgangszahl bei Mastschweinen*

In previous inventories, the number of production cycles in pig fattening had to be deduced from data on the animal weights at the beginning and the end of the fattening period, the mean daily weight gain as well as the duration of cleansing and disinfection. However, a survey was made in 2010 yielding “real” numbers of production cycles for the various German federal states (Dämmgen et al., 2011b). These fall below the numbers previously calculated. As a result, reduced emissions per place and year are observed as compared to model variants used earlier.

In früheren Inventaren wurde bei den Mastschweinen in Ermangelung von Erhebungsdaten die jährliche Anzahl an Mastdurchgängen aus Anfangsgewicht, Mastendgewicht, mittlerer täglicher Zunahme und angenommener Stallreinigungsdauer zwischen aufeinanderfolgenden Durchgängen berechnet. Nach einer im Jahr 2010 vorgenommenen Umfrage in den Bundesländern liegen nun die tatsächlichen Durchgangszahlen vor (siehe Dämmgen et al., 2011b). Sie sind niedriger als die früher berechneten Werte. Daraus ergibt sich im Vergleich zur früheren Modellversion eine Verringerung der Gesamtemissionen pro Platz und Jahr.

#### 3.3.3.2 *N reduced feeding in BImSchG farms / N-reduzierte Fütterung bei Schweinen in BImSchG-Betrieben*

In August 2011, Statistisches Bundesamt provided data on pig producing farms falling under the regulations of the Federal Deposition Control Act (BImSchG, 1974) for the year 2010. These farms keep more than 560 sows or 1500 fattening pigs. For these farms, feeding is to have N contents adjusted to requirements (i.e. N reduced diets). Hence this should result in reduced NH<sub>3</sub> emission rates (inter alia).

Data were forwarded for each federal state. In order to match the requirements of the inventory model, the shares assumed for each single district had to be derived. The frequency for the whole federal state was considered valid for each district as well. This procedure does not affect the accuracy of the results for the federal state, however, it distorts the distribution of emissions between the districts.

Percentages were assumed to be zero in 2002. The gap between 2002 and 2010 was closed by linear interpolation.

The composition of the N reduced diets fed to the respective sows and fattening pigs is described in detail in Chapters 5.3.3 and 5.5.3.

Im August 2011 wurden durch das StatBA Informationen zu Schweine haltenden Betrieben für das Jahr 2010 bereitgestellt, die unter das Bundes-Immissionschutzgesetz (BImSchG, 1974) fallen. Dies sind Betriebe mit mindestens 560 Zuchtsauen oder mindestens 1500 Mastschweinen. Für diese Schweine ist aufgrund des BImSchG von einer N-angepassten (d. h. N-reduzierten) Fütterung zur Minderung u. a. der NH<sub>3</sub>-Emissionen auszugehen.

Die bereitgestellten bundeslandbezogenen prozentualen Anteile wurden, da das Inventar zunächst auf der Kreisebene rechnet bevor die Emissionsergebnisse auf Bundeslandebene aggregiert werden, für jeden Kreis des jeweiligen Bundeslandes als gültig angenommen. Während damit die Kreisemissionen teilweise verzerrt werden, ist das auf Bundeslandebene aggregierte Emissionsergebnis korrekt.

Die prozentualen Anteile wurden linear von Null im Jahr 2002 auf die vom StatBA bereitgestellten Werte im Jahr 2010 interpoliert.

Für die so quantifizierten Anteile der Populationen von Sauen und Mastschweinen, die mit einem reduzierten N-Input gefüttert werden, kommen entsprechend vorgegebene typische Futterrationen zu Einsatz, siehe Kapitel 5.3.3 und 5.5.3).

### 3.3.3.3 *Air scrubber systems in pig husbandry / Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung*

KTBL made an inquiry on the frequency distribution of air scrubbing facilities in pig production (sows, weaners and fattening pigs) on the district level. They showed that about 2.9 % of the German fattening pig places were equipped with air scrubbers, for sows and weaners the percentage is 1.4 % and 2.6 %, respectively. The efficiency of the scrubbing systems ranges between 50 % and 90 % for  $\text{NH}_3$ , the national weighted mean was determined to be 80 %. In order to simplify the procedure, this efficiency was assumed to be valid for all scrubbing systems.

Furthermore it was assumed that all houses equipped with scrubbers were operated as slurry based systems. The percentage of animal places equipped was assumed to be zero in 2004 in any case. The data gap between 2004 and 2010 was closed by linear interpolation.

Scrubbers removing  $\text{NH}_3$  also remove particles from the air flow. This is also taken into account (see Chapter 3.2.5).

Durch KTBL wurde eine Erhebung zur Verteilung der Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung (Sauen, Ferkel und Mastschweine) auf Kreisebene durchgeführt. Demnach waren im Jahr 2010 rund 2,9 % aller Mastschweine-Plätze in Deutschland mit einer Abluftreinigungsanlage ausgestattet; für Sauen und Aufzuchtferkel liegt dieser Anteil bei 1,4 % bzw. 2,6 %. Je nach Anlagentyp liegt die  $\text{NH}_3$ -Reinigungseffizienz zwischen 50 und 90 %; auf Bundesbene ergibt sich ein tierzahlgewichteter Mittelwert von 80 %. Diese mittlere Reinigungseffizienz wurde vereinfachend für alle Anlagen übernommen.

Es wurde davon ausgegangen, dass ausschließlich güllebasierte Haltungssysteme mit Abluftreinigungsanlagen ausgestattet sind. Die betroffene Anzahl an Tierplätzen wird in allen Kreisen mit Abluftreinigungsanlagen linear von null im Jahr 2004 auf den durch KTBL bereitgestellten Wert im Jahr 2010 interpoliert.

Für die Abluftreinigungsanlagen wurde in den Inventarberechnungen auch eine Staubabscheidung unterstellt (siehe Kapitel 3.2.5).

### 3.3.4 *Mean air temperatures / Lufttemperatur-Mittelwerte*

#### 3.3.4.1 *The role of air temperature / Zur Bedeutung der Lufttemperatur*

Both the state of equilibria in chemistry and biology as well as the velocities with which they are attained, are temperature dependent. In particular this applies to the state of chemical equilibria (van't Hoff's equation), the vapour pressure of solutions (Clausius-Clapeyron equation) and rate constants of chemical reactions (Arrhenius equation). Physiological activities of living organisms are linked to certain temperature ranges, in which they exhibit an activity optimum.

Inevitably, all emission processes have to be temperature dependent. For several emission factors temperature ranges are given in which they have to be applied (e.g. mineral fertilizer application, manure storage and spreading). In some cases soil surface temperatures may be relevant, in other cases temperatures inside a slurry store or a manure heap. However, these temperatures cannot be recorded on a broader scale. Therefore it seems convenient to use air temperatures as surrogate data; for mineral fertilizer applications a mean spring air temperature is used as measure, for slurry and manure storage mean annual air temperatures.

Mean air temperatures have increased during the past decades to such an extent that the use of historic climate maps without corrections is thought to be inadequate for the determination of relevant temperatures (e.g. Mayer et al., 2005).

Die Lage von Gleichgewichten in Chemie und Biologie sowie die Geschwindigkeiten, mit denen sie sich einstellen, sind temperaturabhängig. Hierzu zählen insbesondere die Lage chemischer Gleichgewichte (van't Hoff-Gleichung), Dampfdrücke von Lösungen (Clausius-Clapeyron-Gleichung) und Umsetzungsraten bei chemischen Reaktionen (Arrhenius-Gleichung). Die physiologische Aktivität von Organismen ist an einen Temperaturbereich gebunden, in dem sie im Regelfall ein Aktivitätsoptimum besitzt.

Alle Emissionsvorgänge sind deshalb zwangsläufig temperaturabhängig. Für eine Reihe von Emissionsfaktoren gibt es demzufolge Temperaturbereiche, in denen sie anzuwenden sind (z.B. Mineraldünger-Anwendung, Wirtschaftsdünger-Lagerung und -Ausbringung). Maßgebliche Temperaturen sind dabei Bodenoberflächen-Temperaturen und die Temperaturen innerhalb von Gülle-Lagern oder Misthaufen. Da diese Temperaturen jedoch nicht flächendeckend erfasst werden, wird die Lufttemperatur als Hilfsgröße herangezogen, und zwar die Frühlings-Lufttemperatur bei der Mineraldünger-Anwendung und die mittlere Jahrestemperatur bei der Wirtschaftsdünger-Lagerung.

Die Steigerungen der mittleren Lufttemperaturen in den vergangenen Jahrzehnten ist so erheblich, dass die Anwendung von älteren Klimakarten ohne Korrekturen zur Bestimmung der relevanten Temperaturen als unzureichend angesehen wird (z.B. Mayer et al. 2005).

Mean annual temperatures and mean spring temperatures of 1990 to 2007 are higher than the values of 1961 to 1990 by 0.9 K or 1.1 K, respectively (Table 3.4) (expert judgement Löpmeier, DWD; in accordance with Mayer et al., 2005).

With respect to the establishment of emission inventories with a comparatively high resolution in time and space (months, rural districts), maps of the mean air temperature based upon measurements of the years 1961 to 1990, were corrected by adding these values.

Laut Expertenurteil Löpmeier (DWD) liegen die mittleren Jahres- und Frühlingstemperaturen der Jahre 1990 bis 2007 um 0,9 K bzw. 1,1 K über denen der Jahre 1961 bis 1990 (Table 3.4) (vgl. auch Mayer et al., 2005).

Im Hinblick auf die Herstellung von Emissionsinventaren mit einer hohen zeitlichen und örtlichen Auflösung (Monate, Landkreise) erschien es deshalb sinnvoll, Karten der mittleren Lufttemperatur, die auf Messwerten der Jahre 1961 bis 1990 basieren, durch die Addition dieser Werte zu korrigieren.

### 3.3.4.2 *Temperature data provided by the German Weather Service / Temperaturdaten des Deutschen Wetterdienstes*

DWD (German Weather Service) kindly provided digital maps of the 30-years-mean monthly air temperatures based upon measurements in the years 1961 to 1990. These interpolated maps have a resolution of 1 x 1 km<sup>2</sup>.

In order to generate mean annual temperatures for rural districts, initially the average of all 12 maps was calculated for each grid cell. Afterwards the average of all grid cells belonging to a rural district was taken as the mean annual temperature.

To take the increasing mean air temperatures during the last years into account 0.9 K (expert judgement Löpmeier, Table 3.4) were added to the mean annual temperatures for each rural district.

For mean spring temperatures the same procedure was applied to the maps of the months March, April, and May. The correction value in this case was 1.1 K (Table 3.4)).

DWD (Deutscher Wetterdienst) stellte freundlicherweise für jeden Monat eine digitale Karte mit den 30jährigen Monatsmittelwerten der Lufttemperatur zur Verfügung. Die Karten beruhen auf Messungen der Jahre 1961 bis 1990, die mit einer Auflösung von 1 x 1 km<sup>2</sup> in die Fläche interpoliert sind.

Zur Erzeugung von Jahresmittelwerten auf Landkreisbasis wurde zunächst der Mittelwert aller 12 Karten für jede Rasterzelle berechnet. Anschließend wurde jedem Landkreis der Mittelwert der zu ihm gehörigen Rasterzellen zugeordnet.

Zu den Mittelwerten der Landkreise wurden dann 0,9 K (Expertenurteil Löpmeier, Table 3.4) addiert, um die Steigerung der mittleren Lufttemperaturen in den letzten Jahren zu berücksichtigen.

Zur Erzeugung von Frühlingssmittelwerten auf Landkreisbasis wurde das gleiche Verfahren auf die Karten der Monate März, April und Mai angewendet. Als Korrekturwert wurde hier 1,1 K verwendet (Table 3.4)).

Table 3.4: Air temperatures in Germany 1961 – 1990 and 1990 – 2007 and correction values

	Year	March	April	May	Spring
Mean Temperature 1961 -1990	8.6 °C	3.9 °C	7.7 °C	12.4 °C	8,0 °C
Mean Temperature 1990 – 2007	9.5 °C	5.0 °C	8.9 °C	13.4 °C	9,1 °C
Difference	0.9 K	1.1 K	1.2 K	1.0 K	1.1 K
Correction value	+ 0.9 K				+ 1.1 K

Source: expert judgement Löpmeier, DWD

The spatial distribution of annual and springtime means of the air temperature in Germany is shown in Figure 3.7.

Die räumliche Verteilung von Jahresmittelwerten und Frühlingssmittelwerten in Deutschland zeigt Figure 3.7.

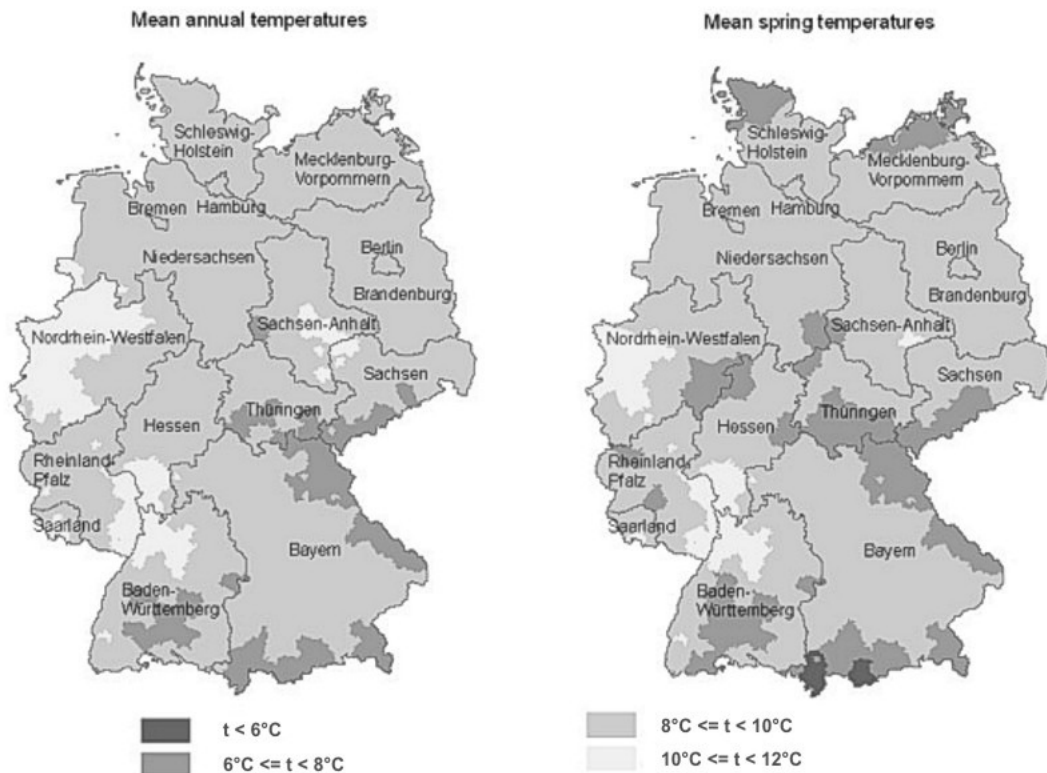


Figure 3.7: Air temperatures, map of annual and springtime means in Germany

### 3.3.5 Data gaps and uncertainties / Datenlücken und Unsicherheiten

Procedures for data gap closure are described in specific subchapters from Chapter 4.3 onwards.

The description of uncertainties follows the guidance provided in IPCC (2000) “Quantifying Uncertainties in Practice” and “Quality Assurance and Quality Control” as well as EMEP (2004, gpg) “Good Practice Guidance for CLRTAP Emission Inventories”, also the “Anleitung zur Durchführung eines Expert Judgement (Expertenschätzung) zur Unsicherheitsbestimmung” (Umweltbundesamt, Qualitätssicherungs-System Emissionen, unpublished typescript).

The uncertainties of specific partial emission factors, their amounts (as a rule related to an emitting source) and their frequency distributions are described and discussed in the respective chapters dealing with animal husbandry and plant roduction.

In contrast to partial emission factors, implied emission factors (IEF) relate emissions to animal heads or areas. The derivation of uncertainties of national emission factors is described in Chapter 15.

Die Behandlung von Datenlücken wird ab Kapitel 4.3 in den entsprechenden Unterkapiteln beschrieben.

Die Beschreibung der Unsicherheiten der Emissionsberechnungen orientiert sich an IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ und „Quality Assurance and Quality Control“, und EMEP (2004, gpg) „Good Practice Guidance for CLRTAP Emission Inventories“ sowie an der „Anleitung zur Durchführung eines Expert Judgement (Expertenschätzung) zur Unsicherheitsbestimmung“ (Umweltbundesamt, Qualitätssicherungs-System Emissionen, unveröffentlichtes Typskript).

Angaben zu Unsicherheiten (Betrag und Verteilungstyp) von partiellen Emissionsfaktoren, die sich i. d. R. auf die Menge des emittierenden Stoffes beziehen, finden sich in den Kapiteln zur Tierhaltung und zum Boden/Pflanze-Bereich.

Im Gegensatz zu partiellen Emissionsfaktoren beschreiben effektive Emissionsfaktoren (IEF für „Implied Emission Factor“) eine Gesamtemission pro Tier oder pro Flächeneinheit. Auf die Unsicherheiten der nationalen IEF geht Kapitel 13 ein.

### 3.4 Projections / Projektionen

Since the inventory submitted in 2009 for 2007 (Submission 2009, Dämmgen et al., 2009a), projections have been estimated. From submission 2012 onwards predictions are limited to the year 2020 only. Separate projections for 2015 are not made.

Including the Submission 2011 (Rösemann et al., 2011), the projection calculations were based on assumptions made at the Institute of Rural Studies of vTI (Osterburg and Dämmgen, 2009).

The emission calculations for the projection 2020 in the current submission 2012 are based on a data set agreed upon by the Federal Ministry of Agriculture (see Table 3.5). The data stem from the baseline projection of the agro-economic institutes of the vTI for the year 2021 (Offermann et al., 2012). The results for 2021 are applied to the year 2020.

Seit der Berichterstattung 2009 (Submission 2009, Dämmgen et al., 2009a) werden auch Projektionen berechnet. Sie beschränken sich ab der Submission 2012 auf das Jahr 2020. Eine gesonderte Berechnung für 2015 erfolgt nicht.

Die Projektionsberechnungen basierten bis zur Submission 2011 (Rösemann et al., 2011) auf Annahmen, die vom Institut für Ländliche Räume des vTI erstellt wurden (Osterburg und Dämmgen, 2009).

Die Berechnungen für die Projektion 2020 in der aktuellen Berichterstattung 2012 basieren auf einem mit dem BMELV neu abgestimmten Eingangsdatensatz (siehe Table 3.5). Die Daten stammen aus der Baseline-Projektion der agrarökonomischen Institute des vTI für das Jahr 2021 (Offermann et al., 2012). Die Ergebnisse für 2021 werden auf das Jahr 2020 übertragen.

Table 3.5: Animal numbers, milk yield, mineral fertilizer application and rural land use projected for 2020

	2020 % of 1990	comments
dairy cows	59	abolishment of the milk quota system
milk yield	7822 kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	increase according to long-term trend
suckler cows	200	
stud bulls	35	population decrease according to long-term trend
male beef cattle	44	population decreases proportionally to dairy cow population
heifers	57	population decreases proportionally to dairy cow population
calves up to 6 month	59	population decreases proportionally to dairy cow population
sows	75	
fattening pigs	82	
laying hens	100 % of 2010	no change according to long-term trend
pullets	100 % of 2010	no change according to long-term trend
broilers	200	
other poultry (ducks, turkeys)	300	
other poultry (geese)	100 % of 2010	no change according to long-term trend
sheep	50	
horses	100 % of 2010	no change according to long-term trend
mineral fertilizer application	85	share of urea is estimated with 32 %
cereals	89	expansion of oilseed crops and maize
oilseed crops	150	increase for biodiesel
legumes	70	
sugar beet	32	
maize for silage	180	increase for biogas
grassland	83	

For all other data the activity data of the year 2010 are used. This regards especially the distribution of activity data for stable, storage and pasture, according to the results of the farm survey in 2010 (see chapter 3.3.2.2). The only exemption are data for slurry application on uncultivated arable land. The share of slurry incorporated into soils more than 4 hours after application have been added to the share incorporated between 1 and 4 hours. The reason is an adaptation of the administrative instructions of the German Federal States for implementing the German Fertilisation Ordinance in 2011. According to

Bei allen anderen Eingangsdaten wurden die Daten von 2010 weiterverwendet. Dies betrifft insbesondere die Häufigkeitsverteilungen für Stall und Lager sowie die Weidedaten, wie sie sich aus der LZ 2010 ergeben haben (vgl. Kapitel 3.3.2.2). Einzige Ausnahme sind die Daten zur Ausbringung von flüssigem Wirtschaftsdünger auf unbewachsenen Ackerflächen. Hier wurden die prozentualen Anteile, die nach mehr als 4 Stunden nach Ausbringung eingearbeitet werden, zu den jeweiligen Anteilen, die zwischen 1 und 4 Stunden eingearbeitet werden, hinzugezählt. Grund ist eine Konkretisierung der Verwal-



this change liquid manure has to be incorporated into the soil not later than 4 hours after application on uncultivated arable land.

tungsvorschriften der Bundesländer zur Düngeverordnung in Deutschland, nach der ab 2011 die Einarbeitung von flüssigem Wirtschaftsdünger innerhalb von 4 Stunden nach der Ausbringung auf unbewachsenen Ackerflächen stattgefunden haben muss.

### **3.5 Verification of GAS-EM results / Verifizierung von GAS-EM-Ergebnissen**

The emission results calculated with the inventory model GAS-EM cannot be compared to other German emission results as such data sets are not available. Instead, for the relevant emission sources, international intercomparisons are made for the effective or implied emission factors (IEF) as well as the emission governing input data. These intercomparisons also include the IPCC default values of the respective entities. In the following, the intercomparisons are presented in specific sub-chapters.

Die mit dem Inventarmodell GAS-EM berechneten nationalen Emissionsergebnisse können nicht mit anderen Daten aus Deutschland verglichen werden, da solche Daten nicht vorliegen. Stattdessen wird für die relevanten Quellen ein Vergleich der effektiven Emissionsfaktoren (IEF) sowie anderer emissionsrelevanter Größen mit IPCC-Defaultwerten und entsprechenden Daten anderer Staaten durchgeführt. Hierauf wird im Folgenden in entsprechenden Unterkapiteln eingegangen.

## 4 Cattle / Rinder

### 4.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

Both CRF and NFR distinguish between dairy cows and the category of „other cattle“.

Dairy cattle are a key source for methane and ammonia. Thus they have to be described in great detail.

For the category of „other cattle“ methane emissions from enteric fermentation as well as emissions of ammonia cattle represent key categories. Hence the emissions have to be calculated as detailed as possible. This requires to subdivide the category of “other cattle” into subcategories which are as homogeneous as possible with respect to husbandry and feeding details.

Table 4.1 shows the cattle subcategories used in the German census as well as their aggregation and disaggregation for the emission inventory. For details see the subsequent chapters dealing with the different cattle categories used in the inventory.

Rinder werden nach CRF/NFR in Milchkühe und die Gruppe der übrigen Rinder unterteilt.

Milchkühe sind eine Hauptquellgruppe für Methan und für Ammoniak. Sie werden daher möglichst detailliert beschrieben.

Auch für die Gruppe der übrigen Rinder ist die Emission von Methan aus der Verdauung und von Ammoniak jeweils eine Hauptquellgruppe. Deshalb sind die Emissionen auch hier möglichst detailliert zu berechnen. Dies erfordert eine Unterteilung der Gruppe der übrigen Rinder in Unterkategorien, die hinsichtlich Haltung und Fütterung möglichst homogen sind.

Die Untergliederung der Rinder in der deutschen Tierzählung sowie ihre Aufteilung und Aggregation zum Zwecke der Emissionsberechnung gehen aus Table 4.1 hervor. Zu Details wird auf die nachfolgenden Kapitel zu den Rinder-Unterkategorien verwiesen.

Table 4.1: Cattle, categorisation and characterisation

animal subcategories according to German census			animal subcategories used in this inventory			
type	descriptor		type	category	weight 1	weight 2
A <sup>1</sup>	Kälber unter einem Alter von 6 Monaten oder unter 220 kg LG	calves younger than 6 months or weighing less than 220 kg	ca	calves	38 kg an <sup>-1</sup>	100 kg an <sup>-1</sup>
			to bm and bf			
B <sup>1</sup>	Jungvieh ½ bis unter 1 Jahr alt, männlich (Fresser)	young male cattle 6 months to 1 year	bm	male beef (bulls)	100 kg an <sup>-1</sup>	w <sub>fin, bm</sub>
C <sup>1</sup>	Jungvieh ½ bis unter 1 Jahr alt, weiblich (Fresser)	young female cattle 6 months to 1 year	bf	female beef (heifers)	100 kg an <sup>-1</sup>	w <sub>fin, bf</sub>
D	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt, männlich (Bullen)	young male cattle 1 to 2 years	to bm			
E	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt weiblich zum Schlachten (Jungrinder)	young female cattle 1 to 2 years, for slaughtering	to bf			
F	Jungvieh 1 bis 2 Jahre weiblich, Nutz- und Zucht-tiere (Färsen)	young female cattle 1 to 2 years, for replacement	to bf			
G	Rinder 2 Jahre und älter, männlich	male cattle above 2 years	mm	mature males (bulls)	1000 kg an <sup>-1</sup>	
H	Rinder 2 Jahre und älter, weiblich, Schlachtfärsen	female cattle above 2 years, for slaughtering	to bf			
I	Rinder 2 Jahre und älter, weiblich, Nutz- und Zucht-färsen	female cattle above 2 years, for replacement	to bf			
J	Milchkühe	dairy cows	dc	dairy cows	w <sub>fin, bf</sub>	w <sub>fin, dc</sub>
K <sup>2</sup>	Ammen und Mutterkühe	suckler cows	sc	suckler cows	650 kg an <sup>-1</sup>	
L <sup>2</sup>	Schlacht- und Mastkühe	cows for fattening and slaughtering	to bf			

LG: Lebendgewicht (live weight); weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period;  $w_{start}$ : variable start weight;  $w_{fin}$ : variable final weight

<sup>1</sup> From 2009 on, the threshold between category A and the categories B and C is 8 months. For the inventory these data set is converted to a data set with a threshold of 6 months.

<sup>2</sup> From 2008 on, the categories K and L are counted as a total, which, for the inventory, is converted into the two separate categories K and L.

Table 4.1 illustrates that all animal subcategories for which weight gain is an important feature are included adequately with respect to their weights and age.

The animal numbers used and their derivation as well as the animal weights are explained in the respective subchapters of the subsequent animal category chapters.

Table 4.1 veranschaulicht, dass bei den Tierkategorien, bei denen die Gewichtszunahme eine Rolle spielt, alle Gewichtsbereiche und Lebensalter erfasst sind.

Die verwendeten Tierzahlen bzw. ihre Berechnung sowie die Tiergewichte werden in den entsprechenden Unterkapiteln der einzelnen Tierkategorien erläutert.

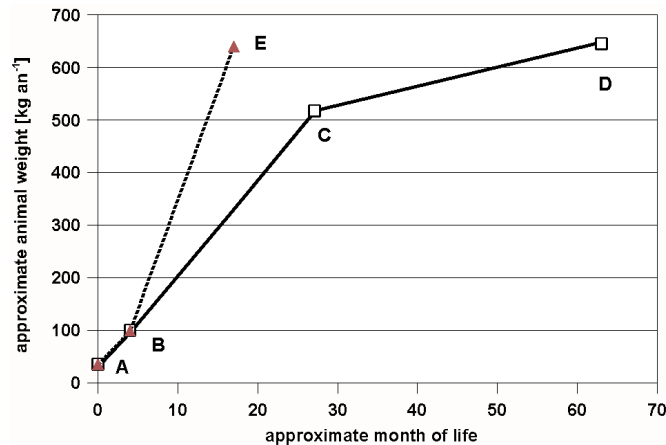


Figure 4.1: Cattle, scheme of animal weight development

A to B: calves. Start weight A and final weight B fixed by definition.

B to C: heifers. Weight C: slaughter weight.

C to D: dairy cattle. Weight D: slaughter weight of dairy cattle.

B to E: bulls (male beef cattle). Weight E: slaughter weight of bulls.

## 4.2 Emission factors for all cattle / Emissionsfaktoren für alle Rinder

### 4.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

The emission factor for methane emissions from manure management is assessed by a Tier 2 approach (see Chapter 3.2.3.3.3), using the input data described below.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are taken from IPCC(2006), see Table 4.2.

Der Emissionsfaktor für Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement wird mit einem Stufe-2-Verfahren (Kapitel 3.2.3.3.3) aus nachfolgenden Größen berechnet:

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die lagerungsabhängigen Methan-Umwandlungsfaktoren ( $MCF$ ) werden IPCC(2006) entnommen, siehe Table 4.2.

Table 4.2: Cattle, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

Maximum methane producing capacity $B_0$ , dairy cows	0.24	$\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$
Maximum methane producing capacity $B_0$ , other cattle	0.18	$\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$
<b>MCF liquid/slurry</b>		
open tank (IPCC: without natural crust)	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
with solid cover (incl. tent structures)	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
with natural crust	temperature dependent, 0.10 to 0.11	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
artificial crust (chaff)	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
floating cover (plastic film)	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
underneath slatted floor > 1 month	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
<b>MCF solid storage</b>		
	0.02	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
<b>MCF deep litter</b>		
	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
<b>MCF pasture/range</b>		
	0.01	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$

Sources: IPCC(2006)-10.77, Table 10A-4; IPCC(2006)-10.78, Table 10A-5; IPCC(2006)-10.44ff, Table 10.17. For “liquid/slurry with solid cover”, “artificial crust (chaff)” and “floating cover (plastic film)” no adequate MCF data is available; hence the higher MCF of “liquid/slurry without natural crust” is assumed.

For the temperatures needed to calculate temperature-dependent MCF see Chapter 3.3.4.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) for dairy cows equals that of IPCC (1996), the IPCC (2006) maximum methane producing capacity for other cattle exceeds the respective IPCC (1996) value.

Using the methane conversion factor (MCF) according to IPCC (2006) allows for a more detailed description of the various storage systems than the use of MCF according to IPCC (1996).

The MCF for solid storage given by IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996). The MCF for pasture equals that of IPCC (1996).

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

Die maximale Methan-Bildungskapazität nach IPCC (2006) entspricht für Milchkühe dem in IPCC (1996) angegebenen Wert, für die übrigen Rinder ist der Wert nach IPCC (2006) größer als der in IPCC (1996).

Die Verwendung der Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) nach IPCC (2006) erlaubt eine bessere Differenzierung der verschiedenen Lagerverfahren als die MCF nach IPCC (1996).

Der in IPCC (2006) MCF für Festmist ist größer als der in IPCC (1996). Der MCF für Weide ist der gleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

#### 4.2.2 *N species: Emissions factors for storage / N-Spezies: Emissionsfaktoren für die Lagerung*

Partial NH<sub>3</sub> emission factors for storage are based on data of Döhler et. al. (2002, pg. 62f). They are valid for all subcategories of cattle and were converted to TAN-related emission factors, see Dämmgen et. al. (2010a) and Table 4.3.

For leachate (“Jauche”) it is assumed that 100 % are stored in tanks with solid covers.

Die partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für die Lagerung beruhen auf Daten von Döhler et. al. (2002, S. 62f). Sie sind für alle Rinderkategorien gültig und wurden von Dämmgen et. al. (2010a) in TAN bezogene Emissionsfaktoren umgerechnet, siehe Table 4.3.

Für Jauche wird angenommen, dass sich 100 % in Behältern mit fester Abdeckung befinden.

Table 4.3: Cattle, partial emission factors for NH<sub>3</sub> from storage (related to TAN)

liquid/slurry	open tank (without natural crust)	<i>reference</i>		0.15 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid cover (incl. tent structures)		90 % <sup>b</sup>	0.015	kg kg <sup>-1</sup> N
	natural crust	<i>reduction compared with</i>	70 % <sup>b</sup>	0.045	kg kg <sup>-1</sup> N
	floating cover (chaff)	<i>reference</i>	80 % <sup>b</sup>	0.030	kg kg <sup>-1</sup> N
	floating cover (plastic film)		85 % <sup>b</sup>	0.023	kg kg <sup>-1</sup> N
	underneath slatted floor			0.045 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
leachate	solid cover			0.014 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
solid storage	heap			0.60 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
deep bedding	heap			0.60 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N

<sup>a</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.14

<sup>b</sup> Source: Dämmgen et al. (2010a)

The N<sub>2</sub>O partial emission factors for slurry based systems (IPCC, 2006) exceed those provided in IPCC (1996), IPCC (2000). Hence, in comparison to the methodology of IPCC (1996, 2000), an underestimation of emissions is not possible.

For solid manure systems, N<sub>2</sub>O emission factors fall below those supposed in IPCC (1996) or IPCC (2000). These comparatively low emissions factors result from farm scale field experiments in Germany and Central Europe (Freibauer, 2003; KTBL, 2005b). As research on greenhouse gas emissions from solid manure systems has almost come to a standstill, the data base resulting in the findings of Freibauer (2003) and KTBL (2005) is unchanged.

Bei den partiellen N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren werden für Flüssigmistsysteme höhere Werte als von IPCC (1996) bzw. IPCC (2000) vorgegeben verwendet (IPCC, 2006), so dass eine Emissionsunterschätzung im Vergleich mit der Methodik von IPCC (1996, 2000) ausgeschlossen ist.

Für Festmistsysteme werden niedrigere N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren verwendet als von IPCC (1996) bzw. IPCC (2000) vorgegeben. Diese niedrigeren Emissionsfaktoren beruhen auf der Auswertung von Messungen in Deutschland und Mitteleuropa auf Betriebsebene und in speziellen Versuchsanordnungen (ohne Laborexperimente) (Freibauer, 2003; KTBL, 2005b). Die Forschung zu Treibhausgasemissionen aus Festmistsystemen ist seitdem nahezu zum Erliegen gekommen, so dass sich die Datenbasis seit Freibauer (2003) und KTBL (2005b) nicht verändert hat.

The data mentioned above results in emission factors of 0.005 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup> for the storage of cattle and pig solid manures. This agrees with the default emission factor provided in IPCC (2006). Experiments performed in Denmark with deep litter systems for cattle confirm that the use of the IPCC (2006) default emission factor does not result in an underestimation of N<sub>2</sub>O emissions. For references see Freibauer (2003).

The N<sub>2</sub>O-N emission factors used are collated in Table 4.4. They refer to the total N input resulting from faeces, urine and bedding material.

Auf Grundlage dieser Daten verwendet Deutschland für Festmistsysteme bei Rindern und Schweinen einen Emissionsfaktor von 0,005 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup> der mit dem Default-Emissionsfaktor von IPCC (2006) übereinstimmt. Ergebnisse aus Wirtschaftsdünger-Lagerungssystemen in Dänemark (Tiefstreu bei Rindern, siehe Freibauer, 2003) bestätigen, dass die Verwendung des Default-Emissionsfaktors von IPCC (2006) nicht zu einer Unterschätzung der Emissionen führt.

Table 4.4 zeigt die im Inventar verwendeten N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren, die sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N beziehen.

Table 4.4: Cattle, partial emission factors for N<sub>2</sub>O from housing and storage (related to N<sub>excr</sub> + N<sub>straw</sub>)

liquid/slurry	open tank (without natural crust)	0.000 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid cover (incl. tent structures)	0.005 <sup>b</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	natural crust	0.005 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	floating cover (chaff)	0.000 <sup>c</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	floating cover (plastic film)	0.000 <sup>c</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	underneath slatted floor	0.002 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
solid storage		0.005 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
deep bedding	(no mixing)	0.010 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N

<sup>a</sup> Source: IPCC(2006)-10.62 ff; for details see text

<sup>b</sup> Assumption: As there is no data on the frequencies of a natural crust below solid covers the worst case (no natural crust) is assumed.

<sup>c</sup> Assumption: Floating covers do not allow for the formation of N<sub>2</sub>O.

In accordance with Chapter 3.2.4.6.3, the NO-N emission factor is assumed to be one tenth of the N<sub>2</sub>O-N emissions factor, the N<sub>2</sub> emission factor is estimated thrice the factor for N<sub>2</sub>O. Again, the emission factors for NO and N<sub>2</sub> are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

In most cases, the inventory makes use of a detailed methodology to derive VS and N excretion rates. In the mass flow approach used in any case it is important to differentiate between the various housing and storage systems, as these have an effect on CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, NO and N<sub>2</sub>O emissions.

However, the application of both NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emission factors designed for non-mass flow calculations and based on the knowledge available in 1996 to a mass flow system reveals that in many cases emissions exceed the size of the TAN pools.

When the mass flow methodology was established, partial emission factors for all N-species reflecting the state of knowledge were compiled.

For N<sub>2</sub>O, IPCC 2006 partial emission factors were taken into account, as they can be assigned to the storage systems used in Germany (see also Amon et al., 2001).

For cattle, these emission factors allow for a differentiation between slurry stored with and without a natural crust cover in particular.

The mean N<sub>2</sub>O emission factor is strongly depending on the emission factor chosen for solid storage. Here, the

Entsprechend Kapitel 3.2.4.6.3 wird der NO-N-Emissionsfaktor mit einem Zehntel, der N<sub>2</sub>-Emissionsfaktor mit dem Dreifachen des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors angesetzt. Die Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

In den meisten Fällen verwendet das Inventar eine detaillierte Methode zur Ableitung von VS- und N-Ausscheidungsraten. Das Massenfluss-Verfahren wird in jedem Fall benutzt. Dabei ist es wichtig, zwischen den einzelnen Stall- und Lagersystemen zu unterscheiden, weil sich beide auf die CH<sub>4</sub>-, NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>-, NO- und N<sub>2</sub>O-Emissionen auswirken.

Dabei stößt jedoch die Anwendung von Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O, die auf der Basis des Wissens von 1996 und nicht für Massenfluss-Berechnungen entwickelt worden waren, auf Widersprüche: Die Anwendung dieser Faktoren führt in etlichen Fällen dazu, dass die Summe der Emissionen die verfügbaren TAN-Vorräte überschreitet.

Mit der Entwicklung der Massenfluss-Methode wurden deshalb die Emissionsfaktoren für alle N-Spezies aktualisiert. Für N<sub>2</sub>O wurden hierbei die partiellen Emissionsfaktoren aus IPCC 2006 in Betracht gezogen, da sie die in Deutschland gebräuchlichen Lagertypen beschreiben (siehe auch Amon et al., 2001). Insbesondere erlauben sie in der Rinderhaltung die Beschreibung der Gülle-Lager mit und ohne natürliche Schwimmdecke.

Der mittlere N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor ist stark von dem Emissionsfaktor für Festmist-Lagerung abhängig. Hier

IPCC 1996 factor unduly extrapolates from the dry lot storage systems ( $0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$ ) to straw based systems used in Germany, see comment in IPCC 2006, Table 10.21 (“Judgement of IPCC Expert Group in combination with Amon et al. (2001), which shows emissions ranging from  $0.0027$  to  $0.01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$ .”)

To illustrate the effect of the differentiation in slurry storage with and without a natural crust and a high or low emission factor for solid storage, exemplary calculations were performed for dairy cows assuming a share of 50 % of natural crusts (which reflects the average situation in Germany):

dairy cows: mean  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor using IPCC 2006

1990:  $0.0049 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$   
2008:  $0.0045 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$

dairy cows: mean  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor using IPCC 1996 with  $EF_{\text{solid}} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1}$

1990:  $0.0020 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$   
2008:  $0.0016 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$

Application of the IPCC 1996 methodology modified as described above (using  $EF_{\text{solid}} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) yields lower  $\text{N}_2\text{O}$  emissions than the German methodology.

EMEP (2007)-B1090-19 gives an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  without referring to any details. A normal distribution is assumed.

Chapter 13.3.1 describes the estimation of the uncertainty of the emission factor for  $\text{N}_2\text{O}$  from manure management. The uncertainty amounts to 53 % (standard error). As this value appears to be too high for a normal distribution, an asymmetric distribution is assumed.

The calculation of the total uncertainty of the German agricultural greenhouse gas inventory (see Chapter 13.6) requires the uncertainty to be given as the interval between the upper boundary of the 95 % confidence interval and the emission factor used. Lacking better knowledge, this interval is assumed to be 100 % of the emission factor used (which corresponds to the doubling of the standard error with a normal distribution), and the lower boundary of the 95 % confidence interval is assumed to be 50 % of the emission factor used.

Both  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emission factors are derived from  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors. The use of constant ratios results in additional uncertainties. However, as these additional uncertainties cannot be quantified, the  $\text{N}_2\text{O}$  is adopted for  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ .

extrapoliert IPCC 1996 unangemessen von den dry-lot-Systemen ( $0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$ ) auf die in Deutschland üblichen Systeme mit Stroh-Einstreu (siehe auch Kommentar der IPCC Expert Group in IPCC 2006, Table 10.21, in Verbindung mit Amon et al., 2001, die Emissionsfaktoren von  $0,0027$  bis  $0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$  angeben).

Der Effekt der Differenzierung der Güllelagerung mit und ohne Schwimmdecke und eines hohen bzw. niedrigen Emissionsfaktors für Festmist wird anhand von Beispielrechnungen für Milchkühe deutlich. Angenommen wurde ein Anteil der Systeme mit Schwimmdecke von 50 % (entsprechend der mittleren Häufigkeit in Deutschland):

Milchkühe: mittlerer  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor gemäß IPCC 2006

1990:  $0,0049 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$   
2008:  $0,0045 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$

Milchkühe: mittlerer  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor gemäß IPCC 1996 with  $EF_{\text{solid}} = 0,005 \text{ kg kg}^{-1}$

1990:  $0,0020 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$   
2008:  $0,0016 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$

Die Anwendung der modifizierten IPCC-1996-Methode (mit  $EF_{\text{solid}} = 0,005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) führt zu geringeren  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen als den mit der deutschen Methode berechneten.

EMEP (2007)-B1090-19 gibt für  $\text{NH}_3$  ohne weitere Einzelheiten eine Unsicherheit von 30 % an. Eine Normalverteilung wird angenommen.

Zur Schätzung der Unsicherheit des Emissionsfaktors für  $\text{N}_2\text{O}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 13.3.1. Es ergibt sich ein Wert von 53 % (Standardfehler). Die Höhe dieses Wertes legt nahe, dass es sich um eine asymmetrische Verteilung handelt.

Das in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (s. Kap. 13.6) eingehende Intervall zwischen der oberen Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles und dem verwendeten Emissionsfaktor wird mit 100 % des verwendeten Emissionsfaktors angesetzt, d. h. – mangels besserer Kenntnis in Anlehnung an die Normalverteilung – als rund das Zweifache des Standardfehlers. Die untere Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles wird mangels besserer Kenntnis mit 50 % des verwendeten Emissionsfaktors angenommen.

Die  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktoren leiten sich von den  $\text{N}_2\text{O}$ -Faktoren ab. Diese Ableitung beinhaltet weitere Unsicherheiten, die allerdings nicht quantifizierbar sind. Es wird daher die gleiche Unsicherheit wie für den  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor angenommen.

#### 4.2.3 Emissions factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung

The following Tables (Table 4.5 bis Table 4.9) provide the partial emission factors used in the inventory for the spreading of cattle manure (Döhler et al., 2002). The emission reduction percentages listed in these tables refer to the reference system "broadcast" at air temperatures of 15° C.

All emission factors relate to TAN.

No emission factors are provided for landspreading of liquid separate and digested slurry as these types of landspreading do not occur in the inventory.

Die nachfolgenden Tabellen (Table 4.5 bis Table 4.9) beinhalten die im Inventar für Rinder eingesetzten partiellen Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung (Döhler et al., 2002). Die Emissionsminderungen beziehen sich auf das Referenzsystem „Breitverteiler“ bei einer Lufttemperatur von 15° C.

Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf TAN.

Emissionsfaktoren zur Ausbringung von separierter Gülle und vergorener Gülle werden nicht angegeben, da diese Varianten im Inventar nicht auftreten.

Table 4.5: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of slurry to arable land (related to TAN)

		reduction <sup>a, b</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast	without incorporation	reference 0	0.50 <sup>b</sup>
broadcast	incorporation within 1 h	80	0.10
broadcast	incorporation within 4 h	48	0.26
broadcast	incorporation within 6 h	30	0.35
broadcast	incorporation within 8 h	20	0.40
broadcast	incorporation within 12 h	14	0.43
broadcast	incorporation within 24 h	8	0.46
broadcast	incorporation within 48 h	0	0.50
broadcast	short vegetation	0	0.50
trailing hose	without incorporation	8	0.46
trailing hose	incorporation within 1 h	92	0.04
trailing hose	incorporation within 4 h	70	0.15
trailing hose	incorporation within 6 h	60	0.20
trailing hose	incorporation within 8 h	52	0.24
trailing hose	incorporation within 12 h	40	0.30
trailing hose	incorporation within 24 h	22	0.39
trailing hose	incorporation within 48 h	8	0.46
trailing hose	short vegetation	0	0.50
trailing hose	under vegetation	30	0.35
injection		90	0.05

<sup>a</sup> reduction compared with reference

<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.18 and pg. 69, except for broadcast/short vegetation (worst case assumption of "no reduction" as no standard emission factor available), broadcast or trailing hose with incorporation within 8 h (emission reduction factors estimated in agreement with KTBL).

Table 4.6: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of slurry to grassland (related to TAN)

		reduction <sup>a, b</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast	short vegetation	reference 0	0.60 <sup>b</sup>
trailing hose	short vegetation	10	0.54
trailing shoe		40	0.36
open slot		60	0.24

<sup>a</sup> reduction compared with reference

<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.18

Table 4.7: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of leachate (“Jauche”) to arable land (related to TAN)

		reduction <sup>a</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast	without incorporation	reference 0	0.20 <sup>b</sup>
broadcast	incorporation within 1 h	90 <sup>b</sup>	0.02
broadcast	incorporation within 4 h	65 <sup>b</sup>	0.07
broadcast	incorporation within 6 h	50 <sup>c</sup>	0.10
broadcast	incorporation within 8 h	42 <sup>c</sup>	0.12
broadcast	incorporation within 12 h	28 <sup>c</sup>	0.14
broadcast	incorporation within 24 h	10 <sup>b</sup>	0.18
broadcast	incorporation within 48 h	0 <sup>c</sup>	0.20
broadcast	short vegetation	0 <sup>c</sup>	0.20
trailing hose	without incorporation	10 <sup>c</sup>	0.18
trailing hose	incorporation within 1 h	95 <sup>c</sup>	0.01
trailing hose	incorporation within 4 h	75 <sup>c</sup>	0.05
trailing hose	incorporation within 6 h	64 <sup>c</sup>	0.07
trailing hose	incorporation within 8 h	55 <sup>c</sup>	0.09
trailing hose	incorporation within 12 h	40 <sup>c</sup>	0.12
trailing hose	incorporation within 24 h	20 <sup>c</sup>	0.16
trailing hose	incorporation within 48 h	10 <sup>c</sup>	0.18
trailing hose	short vegetation	0 <sup>c</sup>	0.20
trailing hose	under vegetation	50 <sup>c</sup>	0.10
Injection		90 <sup>d</sup>	0.02

<sup>a</sup> reduction compared with reference<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.20<sup>c</sup> Source: emission factors estimated in agreement with KTBL, based on a emission decay curve as function of the duration of incorporation similar to that of pig slurry or by direct adoption of pig slurry emission factors (see Döhler et al., 2002, Table 3.19)<sup>d</sup> Source: Döhler et al. (2002), pg. 69Table 4.8: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of leachate (“Jauche”) to grassland (related to TAN)

		reduction <sup>a</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast		reference 0	0.20 <sup>b</sup>
trailing hose		30 <sup>b</sup>	0.14
trailing shoe		60 <sup>b</sup>	0.08
open slot		80 <sup>c</sup>	0.04

<sup>a</sup> reduction compared with reference<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.20<sup>c</sup> Source: adoption of the respective emission reduction factor for pig slurry (Döhler et al., 2002, Table 3.19)Table 4.9: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of manure (FYM) to arable land or grassland (related to TAN)

			reduction <sup>a</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast	arable land, grassland	without incorporation	reference 0	0.90 <sup>b</sup>
broadcast	arable land	incorporation within 1 h	90 <sup>b</sup>	0.09
broadcast	arable land	incorporation within 4 h	50 <sup>b</sup>	0.45
broadcast	arable land	incorporation within 8 h	20 <sup>c</sup>	0.72
broadcast	arable land	incorporation within 12 h	10 <sup>c</sup>	0.81
broadcast	arable land	incorporation within 24 h	0 <sup>b</sup>	0.90
broadcast	arable land	incorporation within 48 h	0 <sup>b</sup>	0.90

<sup>a</sup> reduction compared with reference<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.24<sup>c</sup> Source: emission reduction factors estimated in agreement with KTBL



Uncertainties for  $\text{NH}_3$  emissions from cattle husbandry are not given in EMEP (2007)-B1090-19. Thus the general uncertainty of about 30 % is likely. For the oxidised species, the order of magnitude is likely to be correct.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ , and  $\text{N}_2$  from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.5.

Unsicherheiten für  $\text{NH}_3$  aus der Rinderhaltung werden in EMEP (2007)-B1090-19 nicht gesondert betrachtet. Es wird die allgemeine EF-Unsicherheit von 30 % angenommen. Für die oxidierten Spezies dürfte die Größenordnung richtig sein.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.5 beschrieben.

### 4.3 Dairy cows / Milchkühe

The subcategory “dairy cows” comprises lactating cows and cows in calf.

Dairy cows are a key category with respect to emissions of:

- CH<sub>4</sub> from enteric fermentation (“level”)
- NH<sub>3</sub>

A description using at least a Tier 2 approach is necessary.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.10.

Die Kategorie „Milchkühe“ fasst laktierende und tragende Kühe zusammen.

Milchkühe sind Hauptquellgruppen bei folgenden Emissionen:

- CH<sub>4</sub> aus der Verdauung („level“)
- NH<sub>3</sub>

Eine Beschreibung mit mindestens einem Stufe-2-Verfahren ist notwendig.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.10. zusammengestellten Verfahren.

Table 4.10: Dairy cows, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	district	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

#### 4.3.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

##### 4.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4), see category J in Table 4.1. The numbers are used without corrections.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4), siehe Kategorie J in Table 4.1. Diese Zahlen werden ohne Korrekturen verwendet.

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit Standardfehler lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 13.6 and 13.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 13.6 und 13.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

##### 4.3.1.2 Milk yield and composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

For dairy cows, the most important performance criterion is milk yield (Y<sub>M</sub>). As a rule, mean milk yields are available for each year and each district.

Wesentliches Leistungskriterium bei Milchkühen ist die Milchleistung (Y<sub>M</sub>). Mittlere jährliche Milchleistungen sind im Regelfall für jedes Jahr und jeden Kreis verfügbar.

Milk fat contents are available for single German Federal States. They are listed in Table 4.11. Milk protein contents are shown in Table 4.12. (As a standard, for the last year of the time series no data are available yet at the time when the inventory is compiled.)

Die mittleren MilCHFett-Gehalte sind für die einzelnen Bundesländer in Table 4.11 zusammengestellt, die mittleren Milcheiweiß-Gehalte in Table 4.12. (Generell sind die Daten für das letzte Jahr der Zeitreihe zum Zeitpunkt der Inventarerstellung noch nicht verfügbar.)

Table 4.11: Dairy cows, fat content of milk (in % of mass) (statistical data)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW	4.04	4.07	4.10	4.14	4.15	4.14	4.17	4.16	4.17	4.16	4.14	4.29	4.17	4.18	4.22	4.20	4.17	4.17	4.17	
BY	4.06	4.10	4.11	4.16	4.14	4.17	4.19	4.20	4.22	4.21	4.20	4.24	4.24	4.23	4.25	4.21	4.19	4.20	4.19	
BB		4.36	4.35	4.43	4.43	4.37	4.32	4.26	4.24	4.20	4.17	4.13	4.08	4.10	4.16	4.07	3.93	4.05	3.99	
HE	4.07	4.15	4.17	4.23	4.21	4.25	4.28	4.26	4.27	4.25	4.24	4.36	4.23	4.21	4.24	4.19	4.19	4.16	4.16	
MV		4.28	4.38	4.47	4.43	4.39	4.41	4.35	4.33	4.28	4.26	4.32	4.13	4.15	4.16	4.09	4.10	4.10	4.06	
NI	4.17	4.23	4.22	4.27	4.28	4.29	4.33	4.27	4.27	4.24	4.27	4.39	4.22	4.22	4.25	4.20	4.20	4.19	4.17	
NW	4.11	4.15	4.14	4.19	4.15	4.16	4.20	4.18	4.21	4.16	4.19	4.32	4.17	4.15	4.19	4.12	4.14	4.15	4.12	
RP	4.12	4.16	4.15	4.22	4.20	4.22	4.22	4.23	4.27	4.21	4.21	4.32	4.21	4.19	4.22	4.19	4.18	4.17	4.16	
SL																				
SN		4.40	4.41	4.48	4.49	4.47	4.45	4.41	4.36	4.33	4.29	4.37	4.17	4.14	4.19	4.10	4.07	4.11	4.15	
ST		4.29	4.37	4.43	4.41	4.38	4.36	4.29	4.25	4.20	4.18	4.29	4.07	4.04	4.10	4.01	4.00	4.06	3.99	
SH	4.16	4.18	4.27	4.26	4.27	4.29	4.33	4.26	4.28	4.28	4.30	4.42	4.37	4.24	4.22	4.21	4.25	4.24	4.23	
TH		4.29	4.35	4.41	4.38	4.36	4.33	4.29	4.32	4.26	4.19	4.26	4.09	4.05	4.10	4.04	4.00	4.04	4.00	
StSt																				
Germany	4.09	4.18	4.20	4.25	4.24	4.25	4.27	4.33	4.25	4.22	4.22	4.23	4.20	4.19	4.22	4.17	4.16	4.16	4.14	

Source: ZMP, various years; MLUR-BB (2007); ZMB (2009)

Table 4.12: Dairy cows, protein content of milk (in % of mass) (statistical data)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW	3.33	3.34	3.37	3.43	3.43	3.45	3.46	3.38	3.39	3.40	3.39	3.42	3.40	3.41	3.44	3.43	3.40	3.42	3.40	
BY	3.35	3.37	3.38	3.38	3.36	3.38	3.39	3.45	3.45	3.47	3.46	3.48	3.47	3.48	3.49	3.47	3.46	3.48	3.46	
BB		3.39	3.42	3.45	3.46	3.47	3.49	3.48	3.48	3.47	3.47	3.45	3.46	3.46	3.46	3.44	3.41	3.40	3.38	
HE	3.30	3.31	3.32	3.33	3.31	3.35	3.35	3.33	3.36	3.36	3.35	3.38	3.37	3.37	3.39	3.39	3.37	3.38	3.38	
MV		3.32	3.42	3.47	3.50	3.48	3.50	3.48	3.47	3.48	3.46	3.47	3.44	3.45	3.43	3.42	3.39	3.41	3.38	
NI	3.29	3.30	3.29	3.30	3.30	3.32	3.37	3.34	3.35	3.37	3.37	3.38	3.38	3.40	3.39	3.40	3.38	3.40	3.40	
NW	3.34	3.33	3.32	3.33	3.32	3.34	3.35	3.32	3.33	3.34	3.35	3.35	3.36	3.37	3.38	3.37	3.37	3.40	3.39	
RP	3.28	3.29	3.33	3.32	3.34	3.37	3.36	3.34	3.34	3.34	3.32	3.34	3.35	3.36	3.37	3.37	3.37	3.39	3.38	
SL																				
SN		3.38	3.38	3.46	3.46	3.48	3.48	3.45	3.47	3.47	3.47	3.46	3.45	3.45	3.44	3.42	3.40	3.41	3.41	
ST		3.40	3.42	3.48	3.46	3.49	3.50	3.47	3.47	3.45	3.45	3.45	3.43	3.43	3.42	3.42	3.38	3.40	3.40	
SH	3.32	3.32	3.36	3.40	3.43	3.40	3.40	3.38	3.39	3.41	3.41	3.43	3.42	3.43	3.39	3.41	3.39	3.42	3.40	
TH		3.29	3.38	3.45	3.43	3.45	3.45	3.42	3.46	3.45	3.42	3.41	3.41	3.41	3.42	3.42	3.39	3.41	3.39	
StSt																				
Germany	3.32	3.33	3.35	3.38	3.39	3.40	3.42	3.40	3.41	3.42	3.41	3.42	3.42	3.43	3.43	3.42	3.40	3.43	3.41	

Source: ZMP Milch, various years; MLUR-BB (2007); ZMB (2009)

The missing data for the New Länder and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991.

Data for Saarland were taken from the respective data set for Rheinland-Pfalz. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

For the last year of the time series the values of the previous year are repeated.

Die fehlenden Daten für die Neuen Bundesländer im Jahr 1990 wurden durch Daten aus 1991 ersetzt.

Die Daten für das Saarland wurden insgesamt durch Daten aus Rheinland-Pfalz ersetzt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

Für das letzte Jahr der Zeitreihe wird der Wert des Vorjahres verwendet.

#### 4.3.1.3 Animal weights / Tiergewichte

Start and final animal weight are the necessary data to estimate the emissions from dairy cows. The start weight of dairy cows is equivalent to the final live weight of heifers., see Chapter 4.5.1.2.1.

the final live weight of dairy cows is calculated with the following regression equation:

$$w_{\text{fin,dc}} = a + b \cdot w_{\text{dc,cw}}$$

Für die Emissionsberechnung der Milchkühe sind das Anfangsgewicht und das Lebendendgewicht von Bedeutung. Das Anfangsgewicht der Milchkühe entspricht dem Lebendendgewicht der Färsen, siehe Kapitel 4.5.1.2.1.

Das Lebendendgewicht der Milchkühe wird mit der folgenden Regressionsgleichung berechnet:

$$(4.1)$$

where

$w_{\text{fin, dc}}$	final live weight of dairy cows (in kg an <sup>-1</sup> )
$a$	constant ( $a = 221 \text{ kg an}^{-1}$ )
$b$	coefficient ( $b = 1.46$ )
$w_{\text{dc, cw}}$	carcass weight of dairy cows (in kg an <sup>-1</sup> )

The carcass weights of dairy cows are compiled in Table 4.13.

Die Schlachtgewichte von Milchkühen sind in Table 4.13 zusammengestellt.

Table 4.13: Dairy cows, carcass weights (in kg an<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BW	283	276	284	289	290	288	291	291	296	298	298	307	306	305	305	308	309	312	309
BY	299	293	299	309	310	308	308	304	310	314	315	320	319	318	318	321	320	323	320
BB		233	250	265	260	261	265	266	271	272	278	284	282	284	284	278	278	273	270
HE	278	280	282	282	280	275	275	271	274	280	285	288	285	281	284	292	290	287	278
MV		237	250	255	254	253	255	253	256	257	262	273	274	275	272	270	267	271	270
NI	280	275	285	292	293	288	290	287	290	293	297	306	300	300	296	299	299	300	296
NW	279	273	280	290	284	280	284	280	285	287	287	292	289	288	289	291	292	295	290
RP	272	269	279	291	292	289	288	280	281	281	282	284	283	282	280	281	282	283	281
SL	293	288	290	270	307	304	307	304	305	304	304	305	305	305	301	299	302	302	302
SN		231	245	248	254	252	257	258	260	262	266	274	278	276	273	270	272	274	275
ST		231	241	264	262	257	259	263	266	272	278	294	290	263	263	263	264	274	275
SH	283	277	287	292	294	293	290	289	293	296	301	308	305	303	298	301	303	306	302
TH		232	249	273	270	264	268	268	270	272	275	274	274	269	269	270	272	274	275
StSt	265	286	284	291	293	289	284	280	281	286	291	302	297	300	295	296	295	304	302

Source: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung; Bundesgesetzblatt 2008 Teil I Nr. 52

The mean animal live weight,  $w$ , of a dairy cow is assumed as the arithmetic mean of her start weight and her final live weight.

The missing data for the New Länder and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin those from Brandenburg.

. Das mittlere Gewicht,  $w$ , einer Milchkuh wird als das arithmetische Mittel aus Anfangs- und Lebendendgewicht angenommen.

Für die fehlenden Daten im Jahr 1990 bei den Neuen Bundesländern werden die Daten von 1991 eingesetzt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

#### 4.3.1.4 Animal weight gains / Tiergewichtszunahmen

The relevant weight gain is calculated using the final live weight of cows and the final live weight of heifers (see Chapter 4.5.1.2.2). The weight gain rate is derived from the weight gain by dividing it by the timespan between the age of slaughtering and the age of first calving.

Als relevante Gewichtszunahme wird die Differenz zwischen dem Lebendendgewicht der Färsen (siehe Kapitel 4.5.1.2.2) und dem Lebendendgewicht der Milchkühe angesehen. Die Zunahmerate wird aus dieser Gewichts-differenz und der Zeit zwischen Kalbealter und Schlachtalter berechnet.

$$\frac{\Delta w_{\text{dc}}}{\Delta t} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{w_{\text{fin, dc}} - w_{\text{fin, bf}}}{\tau_{\text{fin, dc}} - \tau_{\text{calf}}} \quad (4.2)$$

where

$\Delta w_{\text{dc}} / \Delta t$	weight gain rate of dairy cows, averaged over lifetime (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$w_{\text{fin, dc}}$	final live weight of dairy cows (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{\text{fin, bf}}$	final live weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{fin, dc}}$	slaughter age of dairy cows (in a)
$\tau_{\text{calf}}$	age at first calving (in a)

The ages of first calving ( $\tau_{\text{calv}}$ ) and of slaughtering ( $\tau_{\text{fin}}$ ) are published by ADR and taken from their annual reports (ADR, 1993 ff). These data originate from sample surveys. In this inventory, a linear regression of ages versus time was used to describe weight gain rates.

There is no differentiation between Federal States or race.

Data are compiled in Table 4.14.

Erstkalbealter ( $\tau_{\text{calv}}$ ) und Schlachalter ( $\tau_{\text{fin}}$ ) werden ADR-Mitteilungen entnommen (ADR, 1993 ff). Die Zahlen entstammen Stichproben. Für den Zweck dieses Inventars werden die Ergebnisse einer linearen Regressi-on verwendet.

Eine Differenzierung nach Bundesländern oder Ras-sen findet nicht statt.

Die Daten sind in Table 4.14 zusammengestellt.

Table 4.14: Dairy cows, slaughter ages, ages at first calving and resulting life spans (in a).

( $\tau_{\text{calv}}$ : age of first calving;  $\tau_{\text{fin}}$ : age of slaughtering; subscripts "ADR" and "lin" denote original data and data obtained by linear regression, respectively;  $\Delta t$ : resulting life span.)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
$\tau_{\text{fin, dc, ADR}}$				5.70	5.60	5.70	5.70	5.50	5.50	5.50	5.40	5.40	5.40	5.30	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
$\tau_{\text{fin, dc, lin}}$	5.70	5.68	5.66	5.64	5.62	5.60	5.58	5.56	5.54	5.52	5.50	5.48	5.46	5.44	5.42	5.40	5.38	5.36	5.34	5.32
$\tau_{\text{calv, ADR}}$			2.55	2.55	2.55	2.53	2.50	2.51	2.51	2.59	2.50	2.51	2.48	2.47	2.46	2.45	2.43	2.39	2.39	2.38
$\tau_{\text{calv, lin}}$	2.59	2.58	2.57	2.56	2.55	2.54	2.53	2.52	2.51	2.50	2.49	2.48	2.47	2.46	2.45	2.44	2.43	2.42	2.41	2.40
$\Delta t$	3.11	3.10	3.09	3.08	3.07	3.06	3.05	3.04	3.03	3.02	3.01	3.00	2.99	2.98	2.97	2.96	2.95	2.94	2.93	2.92

Source: ADR, 1993 ff, Tables 61a, 48 or 4.9 ( $\tau_{\text{calv}}$ ), Tables 68a, 53 or 4.14 ( $\tau_{\text{fin}}$ )

#### 4.3.1.5 Pregnancy rates / Trächtigkeitsraten

The proportion of pregnant dairy cows is published in ADR (1993 ff). A complete timeseries covering all Federal States can be obtained.

Der Anteil trächtiger Milchkühe wird ADR (1993 ff) entnommen. Es ergibt sich eine vollständige Zeitreihe für alle Bundesländer.

#### 4.3.1.6 Duration of calving interval, lactation period, and dry period / Dauer von Zwischenkalbezeit, Laktationsperiode und Trockenstehzeit

The method to calculate the energy requirements and the respective feed intake of a dairy cow is based on the cycle defined by the duration of the interval between calvings and its performance-based partitioning. In general, the duration of the interval between calvings does not equal one year. Hence, the year-based inventory calculations require a normalization of energy requirements and respective feed intake with respect to one year.

Die Berechnung des Energiebedarfs einer Milchkuh sowie der damit verbundenen Futteraufnahme baut auf dem durch die Zwischenkalbezeit vorgegebenen Zyklus und dessen leistungsorientierter Unterteilung auf. Da die Dauer der Zwischenkalbezeit i. d. R. nicht einem Jahr entspricht, ist für die in Jahresschritten erfolgende Inventarberechnung eine Umrechnung von Energiebedarf und Futteraufnahme auf ein Jahr erforderlich (siehe Kapitel 4.3.2.9 und 4.3.3.2).

The durations of lactation period and dry period add up to the duration of the interval between calvings:

Die Zwischenkalbezeit setzt sich aus der Dauer der Laktationsperiode und der Dauer der Trockenstehzeit zusammen:

$$t_{\text{ibc}}^* = t_{\text{lact}}^* + t_{\text{dry}}^* \quad (4.3)$$

where

$t_{\text{ibc}}^*$  duration of interval between calvings (calving interval) (in d)  
 $t_{\text{lact}}^*$  duration of lactation period (in d)  
 $t_{\text{dry}}^*$  duration of dry period (in d)

The duration of the calving interval can be related to the milk yield (Dämmgen et al., 2009b, Figure 2 and Equation (53)):

Die Dauer der Zwischenkalbezeit kann als Funktion der Milchleistung ausgedrückt werden (Dämmgen et al., 2009b, Abbildung 2 und Gleichung (53)):

$$t_{\text{ibc}}^* = a + b \cdot Y_{\text{M}} \quad (4.4)$$

where

$t_{\text{ibc}}^*$	duration of interval between calvings (calving interval) (in d)
$a$	constant ( $a = 346.4$ d)
$b$	coefficient ( $b = 0.00769 \text{ kg}^{-1} \text{ cow d a}$ )
$Y_{\text{M}}$	annual milk yield (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), see Chapter 4.3.1.2

The duration of the dry period  $t_{\text{dry}}^*$  is assumed to 6 weeks or 42 days (reflecting the data in Table 1.4.2 in GfE, 2001, pg. 23).

Hence, the duration of the lactation period  $t_{\text{lact}}^*$  follows from the difference of the calving interval  $t_{\text{ibc}}^*$  and the duration of the dry period  $t_{\text{dry}}^*$ .

Die Dauer der Trockenstehzeit  $t_{\text{dry}}^*$  wird nach Tabelle 1.4.2 in GfE (2001), S. 23, mit 6 Wochen bzw. 42 Tagen angenommen.

Somit ergibt sich die Laktationsdauer  $t_{\text{lact}}^*$  aus der Differenz von Zwischenkalbezeit  $t_{\text{ibc}}^*$  und Trockenstehzeit  $t_{\text{dry}}^*$ .

### 4.3.2 Energy requirements / Energiebedarf

The subsequent chapters describe the derivation of the total energy requirements of a dairy cow based on the various details of animal performance. In preparation of the calculation of feed intake in Chapter 4.3.3, Chapter 4.3.2.9 gives a description of the partitioning of the total energy requirements into the shares required for the lactation period and the dry period (for lactation period and dry period see Chapter 4.3.1.6).

In den nachfolgenden Kapiteln wird der Gesamtenergiebedarf der Milchkuh aus den verschiedenen tierischen Leistungsmerkmalen abgeleitet. In Kapitel 4.3.2.9 erfolgt zur Vorbereitung der Futteraufnahmerechnung in Kapitel 4.3.3 eine Aufteilung des Gesamtenergiebedarfs in die Anteile für Laktationsperiode und Trockenstehzeit (zu Laktationsperiode und Trockenstehzeit siehe Kapitel 4.3.1.6).

#### 4.3.2.1 The NEL system / Das NEL System

The unit used in Germany to describe feed properties in dairy cow feeding is NEL (Net Energy Lactation). This system is the basis for the calculation of the energy and feed requirements of dairy cows. It is also used in the inventory model GAS-EM. The procedure is equivalent to the net energy system (NE system) used in the methodology described in IPCC (1996) and IPCC (2006).

Die in Deutschland verwendete Einheit zur Beschreibung der Futtereigenschaften in der Milchviehfütterung ist die Netto-Energie-Laktation (NEL). Dieses System ist Grundlage für die Berechnung von Milchkuh-Energiebedarf und -Fütterung auch im Inventarmodell GAS-EM. Die Vorgehensweise ist dabei analog zu dem in IPCC (1996) und IPCC (2006) verwendeten Netto-Energie-System (NE-System).

Irrespective of the literal meaning of the words, the net energy for lactation concept expresses the net energies for *all* processes in this unit.

If a partial energy demand is given in ME units instead of NEL units, a conversion is possible by the subsequent equation according to van Es (1975) (see GfE, 2001, pg. 19):

Ungeachtet der wörtlichen Bedeutung des Begriffs „Netto-Energie-Laktation“ werden die Netto-Energien aller Einzelprozesse in dieser Einheit angegeben.

Liegt ein Teilenergiebedarf in ME- statt in NEL-Einheiten vor, kann nach van Es (1975) (siehe GfE, 2001, S. 19) wie folgt eine Umrechnung vorgenommen werden:

$$NEL = (a + b \cdot X_{\text{ME}}) \cdot ME \quad (4.5)$$

where

$NEL$	net energy for lactation (in MJ NEL)
$ME$	metabolizable energy (in MJ ME)
$a$	constant ( $a = 0.4632 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )
$b$	constant ( $b = 0.24 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )
$X_{\text{ME}}$	metabolizability (assumed: $X_{\text{ME}} = 0.60 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )

#### 4.3.2.2 Overall annual NEL requirements / Jährlicher Gesamt-NEL-Bedarf

The overall annual NEL requirements are given by:

Für den gesamten jährlichen NEL-Bedarf ergibt sich:

$$NEL_{tot} = \alpha \cdot (nel_m + nel_f + nel_{lc} + nel_d + nel_p + nel_g) \quad (4.6)$$

where

$NEL_{tot}$	annual NEL required (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$nel_m$	mean daily net energy required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_f$	mean daily net energy needed to obtain food (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_{lc}$	mean daily net energy requirements for lactation (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_d$	mean daily net energy required for draft power (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_p$	mean daily net energy required for pregnancy (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_g$	mean daily net energy required for growth (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

#### 4.3.2.3 NEL requirement for maintenance / NEL-Bedarf für Erhaltung

The mean daily NEL requirements for maintenance are obtained as follows (GfE, 2001, pg. 20):

Der mittlere tägliche NEL-Bedarf für Erhaltung wird wie folgt (GfE, 2001, S. 20) berechnet:

$$nel_m = \eta_{nel, m} \cdot w_{unit} \cdot \left( \frac{w}{w_{unit}} \right)^{0.75} \quad (4.7)$$

where

$nel_m$	mean daily net energy required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$\eta_{nel, m}$	constant ( $\eta_{nel, m} = 0.364 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ NEL}$ ) (see discussion in Dämmgen et al., 2009b, Chapter 3.2.1)
$w_{unit}$	unit value of animal weight ( $w_{unit} = 1 \text{ kg cow}^{-1}$ )
$w$	animal weight averaged over lifetime (in kg cow <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.3

#### 4.3.2.4 NEL requirement to obtain feed / NEL-Bedarf für die Nahrungsaufnahme

According to IPCC (2006)-10.16, the mean daily NEL requirements to obtain feed are assumed to be proportional to the NEL requirements for maintenance. The calculation considers the duration of grazing time:

In Anlehnung an IPCC (2006)-10.16 wird der mittlere tägliche NEL-Bedarf für Nahrungsaufnahme proportional zum NEL-Bedarf für Erhaltung berechnet. Die Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung der Weidezeiten:

$$nel_f = nel_m \cdot [c_{house} \cdot (1 - f_{graz}) + c_{pasture} \cdot f_{graz}] \quad (4.8)$$

where

$nel_f$	mean daily net energy needed to obtain food (in analogy to IPCC) (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_m$	mean daily net energy required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.3
$c_{house}$	coefficient for housing ( $c_{house} = 0.00$ ; IPCC(2006)-10.17, Table 10.5)
$f_{graz}$	weighting factor ( $0 \leq f_{graz} \leq 1$ ), see Chapter 4.3.7.6.1
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$c_{pasture}$	coefficient for pasture ( $c_{pasture} = 0.17$ ; IPCC(2006)-10.17, Table 10.5)

#### 4.3.2.5 NEL requirements for lactation / NEL-Bedarf für Laktation

In contrast to IPCC (2006), the approach proposed includes the energy requirements for the synthesis of milk protein, see GfE (2001, pg. 21f), Equation 1.4.3.

Anders als IPCC (2006) berücksichtigt die Berechnung des NEL-Bedarfs für Laktation den Aufwand für die Milcheiweiß-Synthese (GfE, 2001, S. 21 f., Gleichung 1.4.3).

Dämmgen et al. (2009b) Chapter 3.2.3, introduced an additional correction factor  $a = 1.04$  to reflect that the inventory uses temporal means of milk yield, milk fat and milk protein contents. However, a revision of the derivation of Equation 1.4.2 in GfE (2001) suggests that the effects of the use of means is already implicit. Hence, from the 2011 submission onwards a factor  $a = 1.00$  is used in agreement with GfE (2001), pg. 21 et seq.

Dämmgen et al. (2009b), Kapitel 3.2.3, führten einen zusätzlichen Korrekturfaktor  $a = 1,04$  ein zum Ausgleich dafür, dass mit zeitlich gemittelten Werten von Milchleistung, Fett- und Eiweißgehalt gerechnet wird. Eine Neueinschätzung der Ableitung der Koeffizienten in Gleichung 1.4.3 in GfE (2001) legt aber den Schluss nahe, dass die Mittelungseffekte bereits implizit in den Regressionskoeffizienten enthalten sind. Daher wird ab Submission 2011 mit  $a = 1,00$  und damit konform zu GfE (2001), S. 21 f, gerechnet.

$$nel_{lc} = \frac{Y_M}{\alpha} \cdot \left[ (c_{lc,1} + c_{lc,2} \cdot x_{fat,milk} + c_{lc,3} \cdot x_{XP,milk}) + d \right] \cdot a \quad (4.9)$$

where

$nel_{lc}$	mean daily net energy requirements for lactation (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$Y_M$	annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$c_{lc,1}$	constant ( $c_{lc,1} = 0.95$ MJ kg <sup>-1</sup> ; GfE, 2001, pg. 21)
$c_{lc,2}$	coefficient ( $c_{lc,2} = 38$ MJ kg <sup>-1</sup> ; GfE, 2001, pg. 21)
$x_{fat,milk}$	mass fraction of milk fat (in kg kg <sup>-1</sup> )
$c_{lc,3}$	coefficient ( $c_{lc,3} = 21$ MJ kg <sup>-1</sup> ; GfE, 2001, pg. 21)
$x_{XP,milk}$	mass fraction of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> )
$d$	constant ( $d = 0.1$ MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL; GfE, 2001, pg. 22)
$a$	correction factor (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see text

#### 4.3.2.6 NEL requirements for draft power / NEL-Bedarf für Zugleistungen

In the reporting period, dairy cows have not been used as draught animals.

Im Berichtszeitraum wurden von Milchkühen keine Zugleistungen erbracht.

#### 4.3.2.7 NEL requirements for pregnancy / NEL-Bedarf für die Trächtigkeit

The mean daily energy amount required for the development of the conception product and the udder,  $nel_p$ , is calculated as follows:

Der mittlere tägliche Energiebedarf für die Entwicklung von Konzeptionsprodukt und Euter,  $nel_p$ , berechnet sich wie folgt:

$$nel_p = \frac{NEL_p^*}{t_{ibc}^*} \quad (4.10)$$

where

$nel_p$	mean daily net energy required for pregnancy (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_p^*$	NEL required for pregnancy (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)
$t_{ibc}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6

The total energy requirements  $NEL_p^*$  for pregnancy are derived from the energies needed for the development of the conception products and the udder (GfE, 2001, S. 23).

Der Gesamtenergiebedarf  $NEL_p^*$  für die Trächtigkeit errechnet sich aus dem Bedarf für die Entwicklung von Konzeptionsprodukt und Euter (GfE, 2001, S. 23).

$$NEL_p^* = NEL_{cp}^* + NEL_u^* \quad (4.11)$$

where

$NEL_p^*$	NEL required for pregnancy (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{cp}^*$	NEL required for the development of the uterus including the conception product (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_u^*$	NEL required for the development of the udder (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)



According to calculations in Dämmgen et al. (2009b) based on data in GfE (2001, pg. 23) and a default cow weight of 36 kg an<sup>-1</sup>,  $NEL_p^*$  is set to 917 MJ per calf. (The weight of the cow is not considered, as is the case in GfE, 2001.)

Nach Berechnungen in Dämmgen et al. (2009b) auf Grundlage von GfE (2001, S. 23) und einem Standard-Kalbgewicht von 36 kg an<sup>-1</sup> wird  $NEL_p^*$  mit 917 MJ Kalb<sup>-1</sup> angesetzt. (Das Kuhgewicht bleibt wie bei GfE, 2001, ohne Einfluss.)

#### 4.3.2.8 *NEL requirements for growth / NEL-Bedarf für Wachstum*

GfE (2001), pg. 22, relate the mean daily NEL requirements for growth to the weight gain per year:

GfE (2001), S. 22, bezieht den mittleren täglichen NEL-Bedarf für Wachstum auf die jährliche Gewichtszunahme.

$$nel_g = \eta_{nel, g} \cdot \frac{\Delta w}{\alpha} \quad (4.12)$$

where

$nel_g$	mean daily net energy required for growth (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{nel, g}$	constant ( $\eta_{nel, g} = 25.5$ MJ kg <sup>-1</sup> NEL according to GfE, 2001, pg. 22)
$\Delta w$	weight gain (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )

#### 4.3.2.9 *Energy partitioning between lactation period and dry period / Energieaufteilung zwischen Laktationsperiode und Trockenstehzeit*

As a base for the feed intake calculations in Chapter 4.3.3, the total energy requirements  $NEL_{tot}$  as calculated according to Chapter 4.3.2.2 have to be split up into the requirements during lactation ( $NEL_{lact}$ ) and dry period ( $NEL_{dry}$ ).

Zur Vorbereitung der Futteraufnahmeberechnung in Kapitel 4.3.3 ist eine Aufteilung des nach Kapitel 4.3.2.2 berechneten Gesamtenergiebedarfs  $NEL_{tot}$  auf Laktationsperiode ( $NEL_{lact}$ ) und Trockenstehzeit ( $NEL_{dry}$ ) erforderlich.

$$NEL_{tot} = NEL_{lact} + NEL_{dry} \quad (4.13)$$

where

$NEL_{tot}$	total annual net energy requirements (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.2
$NEL_{lact}$	annual net energy requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{dry}$	annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)

The much smaller contribution,  $NEL_{dry}$ , is estimated as described subsequently.  $NEL_{lact}$  is then calculated as the difference between  $NEL_{tot}$  und  $NEL_{dry}$ .

Der weitaus geringere Anteil,  $NEL_{dry}$ , wird wie nachfolgend beschrieben geschätzt.  $NEL_{lact}$  berechnet sich dann als Differenz von  $NEL_{tot}$  und  $NEL_{dry}$ .

Table 4.15 provides the data given by GfE (2001, pg. 24, Table 1.4.3) for dry matter intake during the dry period (i. e. the last 6 weeks before calving) as a function of the dry matter NEL content. This data set applies to a cow with a weight of 650 kg. Differing cow weights can not be taken into account as there is no information given in GfE (2001).

Table 4.15 zeigt die für die Trockenzeit (d. h. die letzten 6 Wochen vor dem Kalben) von GfE (2001, S. 24, Tabelle 1.4.3) angegebenen Werte für Trockenmasseaufnahme als Funktion des NEL-Gehaltes dieser Trockenmasse. Diese Daten gelten für ein Kuhgewicht von 650 kg. Eine Differenzierung nach Tiergewicht erfolgt mangels Daten in GfE (2001) nicht.

In additional lines, Table 4.15 lists the steps used to calculate the total NEL intake during the dry period. The result equals that obtained with equation (22) in Dämmgen et al (2009b). As the emission inventory is based on the assumption that animal feeding exactly satisfies energy requirements, the total NEL intake calculated according to Table 4.15 can be interpreted as the total NEL requirements during the dry period ( $NEL_{dry}^*$ ).

In zusätzlichen Zeilen listet Table 4.15 die Schritte zur Berechnung der Gesamt-NEL-Aufnahme während der Trockenstehzeit. Das Ergebnis entspricht dem mit Gleichung (22) in Dämmgen et al. (2009b) zu erhaltenen Ergebnis. Da die Inventarberechnung auf der Voraussetzung beruht, dass die Tierfütterung genau den Energiebedarf decken soll, kann die nach Table 4.15 berechnete Gesamt-NEL-Aufnahme mit dem Gesamt-NEL-Bedarf  $NEL_{dry}^*$  gleich gesetzt werden.

Table 4.15: Dairy cows, NEL intake during the dry period for a cow of 650 kg

NEL content per kg of dry matter (4 different types of dry matter) <sup>a</sup>	5.2	5.6	6.0	6.4
daily dry matter intake during phase 1 (6 to 4 weeks before calving) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	9.8	9.0	8.4	7.9
daily dry matter intake during:phase 2 (3 <sup>rd</sup> week until calving) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	10.7	9.9	9.3	8.7
daily dry matter intake averaged over the entire dry period (6 weeks) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	20.5/2	18.9/2	17.7/2	16.6/2
mean daily NEL intake (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	20.5/2 · 5.2	18.9/2 · 5.6	17.7/2 · 6.0	16.6/2 · 6.4
mean daily NEL intake averaged over the different dry matter types (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	53.1			
NEL <sup>*</sup> <sub>dry</sub> , i. e. total daily NEL intake for 6 weeks of dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> )	2230.6			

<sup>a</sup> Source: GfE (2001), pg. 24, Table 1.4.3

The annual NEL requirements are the calculated as follows:

Der jährliche NEL-Bedarf NEL<sub>dry</sub> ergibt sich dann wie folgt:

$$NEL_{dry} = NEL_{dry}^* \cdot \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \quad (4.14)$$

where

NEL <sub>dry</sub>	annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
NEL <sub>dry</sub> <sup>*</sup>	total net energy requirements during the dry period (NEL <sub>dry</sub> <sup>*</sup> = 2230.6 MJ cow <sup>-1</sup> NEL, see Table 4.15)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$t_{ibc}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6

The NEL requirements during the lactation period are then given by:

Damit lässt sich der aus der Laktationsphase jährlich resultierende NEL-Bedarf NEL<sub>lact</sub> berechnen:

$$NEL_{lact} = NEL_{tot} - NEL_{dry} \quad (4.15)$$

where

NEL <sub>lact</sub>	annual net energy requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
NEL <sub>tot</sub>	total annual net energy requirements (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.2
NEL <sub>dry</sub>	annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)

The NEL requirements during the lactation period are then given by:

Für den während der Laktationsphase entstehenden NEL-Bedarf folgt daraus:

$$NEL_{lact}^* = NEL_{lact} \cdot \frac{t_{ibc}^*}{\alpha} \quad (4.16)$$

where

NEL <sub>lact</sub> <sup>*</sup>	total net energy requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> NEL)
NEL <sub>lact</sub>	annual net energy requirements related to the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$t_{ibc}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )

### 4.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Feed is supplied in concentrates and roughage inside the animal house and during grazing. The respective shares are also governed by the DM intake of the animals, as DM intake is limited. Once the DM intake and the feed properties are known, the intakes of GE, DE, ME, NEL and N can be deduced.

Energy and N contents of pasture grass and roughage provided in the housing are different. This is taken into

Futter wird als Raufutter und als Kraftfutter im Stall und auf der Weide bereitgestellt. Die jeweiligen Anteile sind auch von der Trockenmasse-Aufnahme abhängig, die begrenzt ist. Wenn die Trockenmasse und die Futtereigenschaften bekannt sind, lassen sich die Aufnahme von GE, DE, ME, NEL und N ableiten.

Die unterschiedlichen Energie- und N-Gehalte von Weidegras und im Stall verabreichten Rauhfutter werden

account in the inventory calculation by weighted averaging, see Chapter 4.3.4.

The calculations described subsequently are done for all districts separately which is not explicitly emphasized in the respective paragraphs.

in der Inventarberechnung durch gewichtete Mittelung berücksichtigt, siehe Kapitel 4.3.4.

Die nachfolgend beschriebenen Berechnungen erfolgen für jeden Kreis separat, ohne dass dies gesondert hervorgehoben wird.

#### 4.3.3.1 Linking feed intake with energy requirements / Die Kombination von Futter-Aufnahme und Energiebedarf

IPCC (2006, pg. 10.23) requires inventory calculations to be based on the principle of feeding animals exactly according to their energy requirements. Hence, the energy taken in with feed ( $NEL_{\text{feed}}$ ) equals the total energy requirements ( $NEL_{\text{tot}}$ ). The latter can be split up into the energy shares for the lactation period ( $NEL_{\text{lact}}$ ) and the dry period ( $NEL_{\text{dry}}$ ).

Die IPCC-Forderung (2006, S. 10.23), für die Inventarberechnung von energiebedarfsgerecht gefütterten Tieren auszugehen, resultiert in der Gleichsetzung der mit dem Futter aufgenommenen Energie  $NEL_{\text{feed}}$  mit dem Gesamtenergiebedarf  $NEL_{\text{tot}}$ , der sich wiederum nach Kapitel 4.3.2.9 in die Energiebedarfsanteile für die Laktationsperiode ( $NEL_{\text{lact}}$ ) und die Trockenstehzeit ( $NEL_{\text{dry}}$ ) aufspaltet.

$$NEL_{\text{feed}} = NEL_{\text{tot}} = NEL_{\text{lact}} + NEL_{\text{dry}} \quad (4.17)$$

where

$NEL_{\text{feed}}$	annual intake of NEL with feed (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{\text{tot}}$	annual NEL required (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{\text{lact}}$	annual net energy requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{\text{dry}}$	annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)

#### 4.3.3.2 Total dry matter intake / Gesamttrockenmasse-Aufnahme

The calculation of the inventory-relevant *annual* dry matter intake is based on the total dry matter intake during the interval between calvings ( $DM^*$ ).  $DM^*$  is calculated from the amounts of dry matter taken in during the lactation period and the dry period. (For the period definitions see Chapter 4.3.1.6.)

Ausgangspunkt zur Ermittlung der für das Inventar relevanten *jährlichen* Trockenmasse-Aufnahme ist die Trockenmasse-Aufnahme  $DM^*$  während der Zwischenkalbezeit, die aus Beiträgen aus Laktations- und Trockenphase gebildet wird. (Zum Zusammenhang der verschiedenen Phasen siehe Kapitel 4.3.1.6.).

$$DM^* = DM_{\text{lact}}^* + DM_{\text{dry}}^* \quad (4.18)$$

where

$DM^*$	total intake of dry matter (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{lact}}^*$	intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{dry}}^*$	intake of DM during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)

The *annual* dry matter intake is given by:

Für die *jährliche* Trockenmasse-Aufnahme gilt:

$$DM = DM_{\text{lact}} + DM_{\text{dry}} = (DM_{\text{lact}}^* + DM_{\text{dry}}^*) \cdot \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}^*} \quad (4.19)$$

where

$DM$	annual intake of dry matter (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{lact}}$	annual intake of dry matter related to the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{dry}}$	annual intake of dry matter related to the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{lact}}^*$	intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{dry}}^*$	intake of DM during dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$t_{\text{ibc}}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6

Different properties of roughage and concentrates are accounted for during the calculation of the dry matter intake by considering the different shares of roughage and concentrates:

Zur Berücksichtigung unterschiedlicher Eigenschaften von Raufutter- und Kraftfutter wird bei der Trockenmasse-Aufnahme zusätzlich noch nach Raufutter- und Kraftfutteranteilen unterschieden:

$$DM_{\text{lact}}^* = DM_{\text{conc, lact}}^* + DM_{\text{rough, lact}}^* = (dm_{\text{conc, lact}} + dm_{\text{rough, lact}}) \cdot t_{\text{lact}}^* \quad (4.20)$$

$$DM_{\text{dry}}^* = DM_{\text{conc, dry}}^* + DM_{\text{rough, dry}}^* = (dm_{\text{conc, dry}} + dm_{\text{rough, dry}}) \cdot t_{\text{dry}}^* \quad (4.21)$$

where

$DM_{\text{lact}}^*$	intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{conc, lact}}^*$	intake of concentrates dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{rough, lact}}^*$	intake of roughage dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$dm_{\text{conc, lact}}$	daily intake of dry matter during the lactation period with concentrates (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$dm_{\text{rough, lact}}$	daily intake of dry matter during the lactation period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$t_{\text{lact}}^*$	duration of the lactation period (in d), see Chapter 4.3.1.6
$DM_{\text{dry}}^*$	intake of dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{conc, dry}}^*$	intake of concentrates dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{rough, dry}}^*$	intake of roughage dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$dm_{\text{conc, dry}}$	daily intake of dry matter during the dry period with concentrates (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$dm_{\text{rough, dry}}$	daily intake of dry matter during the dry period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$t_{\text{dry}}^*$	duration of the dry period (in d), see Chapter 4.3.1.6

The calculation of the daily amounts of dry matter intake as introduced above is described in the subsequent chapters.

Die oben eingeführten Tageswerte der Trockenmasse-Aufnahme werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

#### 4.3.3.3 *Dry matter intake during the lactation period / Trockenmasse-Aufnahme während der Laktationszeit*

The calculation of the daily dry matter intake with roughage during the lactation period is principally based on the formula provided in DLG (1986), Chapter 6. However, it is extended to take into account the impact of high milk yields according to Kruif et al. (2006). Dämmgen et al. (2009b) combine this approach with an equation describing how energy requirements are met by feeding. This results in a set of two equations for the daily dry matter intake with roughage and concentrates (according to Dämmgen et al., 2009b, with slight formal modifications):

Die Berechnung der täglichen Trockenmasse-Aufnahme von Raufutter während der Laktationszeit, beruht im Wesentlichen auf der in DLG (1986), Kap. 6 angegebenen Formel, ergänzt um die Berücksichtigung des Einflusses hoher Milchleistungen (Kruif et al., 2006). Dämmgen et al. (2009b) kombinieren diesen Ansatz mit einer Gleichung zur Befriedigung des Energiebedarfs durch das Futter. Daraus resultiert der folgende Gleichungssatz für die tägliche Trockenmasse-Aufnahme von Rau- und Kraftfutter, (formal leicht verändert nach Dämmgen et al., 2009b):

$$dm_{\text{rough, lact}} = \frac{nel_{\text{lact}} - dm_{\text{conc, lact}} \cdot \eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \quad (4.22)$$

with

$$nel_{\text{lact}} = \frac{NEL_{\text{lact}}^*}{t_{\text{lact}}^*} \quad (4.23)$$

and

$$dm_{\text{conc, lact}} = \frac{B}{2} - \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 - C} \quad (4.24)$$

with

$$B = \frac{\eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \cdot \frac{1}{d} \quad (4.25)$$

$$C = \left( \frac{NEL_{\text{lact}}^*}{t_{\text{lact}}^* \cdot \eta_{\text{NEL, rough}}} - a \cdot w - b \cdot \left( \frac{\eta_{\text{NEL, rough}}}{\eta_{\text{NEL, unit}}} \right)^c - f \cdot \max(y_{\text{ECM}} - e; 0) \right) \cdot \frac{1}{d} \quad (4.26)$$

where

$dm_{\text{rough, lact}}$	daily intake of dry matter during the lactation period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$nel_{\text{lact}}$	daily net energy requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$dm_{\text{conc, lact}}$	daily intake of dry matter during the lactation period with concentrates (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$B, C$	auxiliary entities
$\eta_{\text{NEL, conc}}$	NEL content of concentrates (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2
$\eta_{\text{NEL, rough}}$	NEL content of roughage (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2
$NEL_{\text{lact}}^*$	total net energy requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.9
$t_{\text{lact}}^*$	duration of lactation period (in d a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.6
$d$	constant ( $d = 0.026 \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )
$a$	constant ( $a = 0.006 \text{ d}^{-1}$ )
$w$	animal weight (in kg cow <sup>-1</sup> )
$b$	constant ( $b = 0.19 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )
$\eta_{\text{NEL, unit}}$	unit NEL content of feed ( $X_{\text{NEL, unit}} = 1 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ NEL}$ )
$c$	exponent ( $c = 2.16$ )
$f$	constant ( $f = 0.1$ )
$y_{\text{ECM}}$	energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see below
$e$	constant ( $e = 25 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )

The energy-corrected daily milk yield  $y_{\text{ECM}}$  is defined as follows:

Die energiekorrigierte mittlere tägliche Milchleistung  $y_{\text{ECM}}$  ist wie folgt definiert:

$$y_{\text{ECM}} = y_{\text{M}} \cdot \frac{LE}{LE_{\text{s}}} \quad (4.27)$$

where

$y_{\text{ECM}}$	energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$y_{\text{M}}$	daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$LE$	energy content of milk (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see below
$LE_{\text{s}}$	energy content of standard milk (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see below

Taking into account a specific additional amount of energy  $d = 0,1 \text{ MJ kg}^{-1}$  (see GfE, 2001, pg. 22),  $LE$  is given by (see also GfE, 2001, pg. 21, eq. (1.4.3)):

Nach GfE (2001), S. 21, Gl. (1.4.3), gilt unter Berücksichtigung des in GfE (2001), S. 22, angegebenen Energiezuschlages von  $d = 0,1 \text{ MJ kg}^{-1}$ :

$$LE = (c_{\text{lc, 1}} + c_{\text{lc, 2}} \cdot x_{\text{fat, milk}} + c_{\text{lc, 3}} \cdot x_{\text{XP, milk}}) + d \quad (4.28)$$

where

$LE$	energy content of milk (in MJ kg <sup>-1</sup> )
$LE_{\text{s}}$	energy content of standard milk (4 % fat content, 12.8 % dry matter content) (in MJ kg <sup>-1</sup> )
$c_{\text{lc, 1}}$	constant ( $c_{\text{lc, 1}} = 0.95 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)
$c_{\text{lc, 2}}$	coefficient ( $c_{\text{lc, 2}} = 38 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)
$x_{\text{fat, milk}}$	mass fraction of milk fat (in kg kg <sup>-1</sup> )
$c_{\text{lc, 3}}$	coefficient ( $c_{\text{lc, 3}} = 21 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)
$x_{\text{XP, milk}}$	mass fraction of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> )
$d$	constant ( $d = 0.1 \text{ MJ cow}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ NEL}$ ; GfE, 2001, pg. 22)

The quantity  $LE_s$  is obtained by using standard milk properties in the equation given above: fat content of 4 % or  $0.04 \text{ kg kg}^{-1}$ , protein content of 3.4 % or  $0.034 \text{ kg kg}^{-1}$  (DLG, 2005, pg. 28; Weiß, 2010). This leads to  $LE_s = 3.28 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

Finally  $y_{ECM}$  can be written as follows:

$$y_{ECM} = y_M \cdot \frac{p + q \cdot x_{\text{fat, milk}} + r \cdot x_{\text{XP, milk}}}{s} \quad (4.29)$$

where

$y_{ECM}$	energy-corrected daily milk yield during lactation period (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ), see below
$y_M$	daily milk yield during lactation period (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )
$p$	constant ( $p = 1.05 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$q$	constant ( $q = 38 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$x_{\text{fat, milk}}$	mass fraction of milk fat (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$r$	constant ( $r = 21 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$x_{\text{XP, milk}}$	mass fraction of milk protein (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$s$	constant ( $s = LE_s = 3.28 \text{ MJ kg}^{-1}$ )

This equation corresponds to the formula given in DLG (2001, pg. 14ff, context of Tables 5, 6, and 7).

The daily milk yield is obtained from:

$$y_M = \frac{Y_M^*}{t_{\text{lact}}^*} = Y_M \frac{t_{\text{ibc}}^*}{\alpha} \quad (4.30)$$

where

$y_M$	daily milk yield during lactation period (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ), see below
$Y_M^*$	total milk yield during the interval between calvings (in $\text{kg cow}^{-1}$ )
$t_{\text{lact}}^*$	duration of lactation period (in $\text{d a}^{-1}$ ), see Chapter 4.3.1.6
$Y_M$	annual milk yield (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )
$t_{\text{ibc}}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )

Die Größe  $LE_s$  erhält man, indem Standardmilch-Kennwerte in die obige LE-Gleichung eingesetzt werden: Fettgehalt 4 % bzw.  $0,04 \text{ kg kg}^{-1}$ , Proteingehalt 3,4 % bzw.  $0,034 \text{ kg kg}^{-1}$  (DLG, 2005, S. 28; Weiß, 2010). Dies führt zu  $LE_s = 3,28 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

Zusammenfassend ergibt sich für  $y_{ECM}$ :

Diese Gleichung entspricht der Formel in DLG (2001, S. 14ff, Kontext zu Tabellen 5, 6, und 7).

Die tägliche Milchleistung  $y_M$  berechnet sich aus:

#### 4.3.3.4 Dry matter intake during the dry period / Trockenmasse-Aufnahme während der Trockenstehzeit

Combining the dairy cow's energy requirements with the energy contents of the feed, Dämmgen et al. (2009b) derived the following equation to calculate the dry matter intake with roughage during the dry period.

Aus dem Abgleich zwischen dem Energiebedarf der Milchkuh und dem Energieangebot im Futter resultiert nach Dämmgen et al. (2009b) für die Trockenstehzeit die folgende Gleichung zur Berechnung der Trockenmasse-Aufnahme mit dem Raufutter:

$$dm_{\text{rough, dry}} = \frac{nel_{\text{dry}} - dm_{\text{conc, dry}} \cdot \eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \quad (4.31)$$

where

$dm_{\text{rough, dry}}$	daily intake of dry matter during the dry period with roughage (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ DM}$ )
$nel_{\text{dry}}$	daily NEL intake with feed during the dry period (in $\text{MJ cow}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ NEL}$ )
$dm_{\text{conc, dry}}$	daily intake of dry matter during the dry period with roughage (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ DM}$ ), see below
$\eta_{\text{NEL, conc}}$	NEL content of concentrates (in $\text{MJ kg}^{-1} \text{ NEL}$ ), see Chapter 4.3.4.2
$\eta_{\text{NEL, rough}}$	NEL content of roughage (in $\text{MJ kg}^{-1} \text{ NEL}$ ), see Chapter 4.3.4.2

and

$$nel_{\text{dry}} = \frac{NEL_{\text{dry}}^*}{t_{\text{dry}}^*} \quad (4.32)$$

where

$nel_{\text{dry}}$	daily NEL intake with feed during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{\text{dry}}^*$	total net energy requirements during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> NEL)
$t_{\text{dry}}^*$	duration of the dry period (in d), see Chapter 4.3.1.6

During the dry period of 42 days (Chapter 4.3.1.6 ) dairy cows get no concentrates over 28 days and 3 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> of concentrates over 14 days (according to Spiekers, 2002, Table 7 and 8). The mean daily intake of concentrates,  $dm_{\text{conc, dry}}$  is therefore 1 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> fresh matter or 0.88 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> dry matter.

Nach Spiekers (2002, Tabelle 7 und 8) erhalten Milchkühe innerhalb der 42 Tage Trockenstehzeit (Kapitel 4.3.1.6) 28 Tage kein Kraftfutter und 14 Tage 3 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche tägliche Kraftfutteraufnahme  $dm_{\text{conc, dry}}$  von 1 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Frischmasse bzw. 0,88 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Trockenmasse.

#### 4.3.3.5 *Partitioning of roughage intake between house and pasture /Aufteilung der Raufutteraufnahme zwischen Stall und Weide*

The properties of pasture grass and roughage provided in the housing differ, e. g. for the nitrogen content. To account for this difference when calculating N intake and N excretion, the annual total intake of roughage dry matter is split up into the shares for housing and pasture:

Weidegras unterscheidet sich von dem im Stall verabreichten Raufutter u. a. im Stickstoffgehalt. Um dies in der Berechnung von N-Aufnahme und N-Ausscheidung berücksichtigen zu können, wird die jährlich aufgenommene Gesamtmenge an Raufutter-Trockenmasse zwischen Stall und Weide aufgeteilt:

$$DM_{\text{rough}} = DM_{\text{rough, house}} + DM_{\text{rough, graz}} \quad (4.33)$$

where

$DM_{\text{rough}}$	total annual dry matter intake of roughage (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{rough, house}}$	annual dry matter intake of roughage in the house (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{rough, graz}}$	annual dry matter intake of roughage during grazing (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)

The dry matter proportioning is performed using the factor  $f_{\text{graz}}$ , which quantifies the relative annual duration of grazing:

Die Aufteilung wird mit Hilfe eines Faktors  $f_{\text{graz}}$  vorgenommen, der dem auf die Dauer eines Jahres bezogenen relativen Anteil der Weidezeiten entspricht.

$$DM_{\text{rough, graz}} = f_{\text{graz}} \cdot DM_{\text{rough}} \quad (4.34)$$

$$DM_{\text{rough, house}} = (1 - f_{\text{graz}}) \cdot DM_{\text{rough}} \quad (4.35)$$

where

$DM_{\text{rough, graz}}$	annual dry matter intake of roughage during grazing (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$f_{\text{graz}}$	weighting factor ( $0 \leq f_{\text{graz}} \leq 1$ ), see Chapter 4.3.7.6.1
$DM_{\text{rough}}$	total annual dry matter intake of roughage (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{rough, house}}$	annual dry matter intake of roughage in the house (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)

Grazing has also an impact on the mean properties of the roughage taken in, see Chapter 4.3.4.4

Der Weidegang beeinflusst in analoger Weise auch die mittleren Eigenschaften des Raufutters, siehe Kapitel 4.3.4.4.

#### 4.3.3.6 *Assessment of gross energy intake / Bestimmung der Gesamtenergie-Aufnahme*

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation (Chapter 3.2.2.3) as well as VS excretions (Chapter 3.2.3.2), the amount of annual gross energy intake (GE) is needed. The calculation of GE is described in Chapter 4.3.4.5.

Für die Berechnung der Methanemission aus der Verdauung (Chapter 3.2.2.3) sowie der VS-Ausscheidung (Chapter 3.2.3.2) wird der Betrag der jährlichen Gesamtenergie-Aufnahme pro Platz (GE) benötigt. Die Berechnung dieser Größe wird in Kapitel 4.3.4.5 beschrieben.

### 4.3.4 *Feed composition / Futterzusammensetzung*

#### 4.3.4.1 *Modelling concept*

The German inventory differentiates between two standard diet categories:

- “Mixed diet” fed in regions with considerable areas of arable land (maize silage, grass silage, standard concentrate MLF 18/3, rape seed expeller and straw),
- “grass based” diet in regions without considerable areas of arable land (grass silage, standard concentrate MLF 18/3, wheat)

For each district, the respective shares of these standard diet categories in dairy cattle husbandry are calculated using percentages of dairy cows kept either in farms with considerable areas of arable land or farms where the share of grassland is predominant. The percentages have been provided by the Federal Statistical Agency (based on existing official statistical data). For details see Dämmgen et al. (2010a).

The specific composition of each of the two standard diet categories depends on milkyield, see Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.3.

The modification of the mean properties of the roughage due to grazing is described in Chapter 4.3.4.4.

Chapter 4.3.4.5 deals with the calculation of the national mean of the digestibility, a quantity which is needed for the emission reporting under UNFCCC.

Das deutsche Inventar unterscheidet zwei Standardkategorien von Futterrationen:

- “Gemischte Ration“ in Ackerbaugebieten (Maissilage, Grassilage, Kraftfutter MLF 18/3, Rapskuchen und Stroh),
- „Grassilage-Ration“ in Grünlandgebieten (Grassilage, Kraftfutter MLF 18/3, Weizen)

Für jeden Kreis wird berechnet, zu welchen Anteilen diese Standardfutterkategorien an der Fütterung der jeweiligen Milchkühe-Population beteiligt sind. Diese Berechnung beruht auf Daten zur prozentualen Verteilung der Milchkühe eines jeden Kreises auf Ackerbau- und Grünlandbetriebe. Diese Daten wurden durch das Statistische Bundesamt aus vorhandenen Daten der amtlichen Statistik abgeleitet. Zu Einzelheiten siehe Dämmgen et al. (2010a).

Die spezielle Zusammensetzung jeder der beiden Standardfutterkategorien ist eine Funktion der Milchleistung, siehe Kapitel 4.3.4.2 und 4.3.4.3.

Auf die infolge Weidehaltung erforderliche Modifikation der mittleren Eigenschaften des Raufutter-Anteiles geht Kapitel 4.3.4.4 ein.

Kapitel 4.3.4.5 beschreibt schließlich die Berechnung der für die Klimaberichterstattung unter UNFCCC erforderlichen mittleren Verdaulichkeit auf nationaler Ebene.

#### 4.3.4.2 *Composition of the mixed diet / Zusammensetzung der gemischten Ration*

According to Dämmgen et al. (2010a), the standard roughage composition of the mixed diet consists of grass and maize silages in a constant mass ratio  $g_{i, \text{house}}$  of grass to maize to straw of 0.44 to 0.54 to 0.02 kg kg<sup>-1</sup> (related to dry matter).

For the properties of the roughage constituents see Table 4.16. They were derived from Beyer et al. (2004) in a way that the overall diet properties used in DLG (2005) could be met as best as possible. The DLG data sets are considered as nationwide accepted data<sup>14</sup>, and hence serve as standard. The DLG data sets could not be used on their own as - in contrast to Beyer et al. (2004) - the list of feed properties does not contain certain necessary parameters used for the compilation of the inventory.

Nach Dämmgen et al. (2010a) besteht die Standard-Raufutterzusammensetzung in der gemischten Ration aus Grassilage, Maissilage und Stroh mit konstanten Massenanteilen  $g_{i, \text{house}}$  von 0,44 zu 0,54 zu 0,02 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf Trockenmasse).

Die Eigenschaften der Raufutterbestandteile zeigt Table 4.16. Sie wurden aus Beyer et al. (2004) in der Weise abgeleitet, dass durch DLG (2005), S. 13, vorgegebene Eigenschaften möglichst gut angenähert wurden. Die DLG-Datensätze wurden als Maßstab gewählt, da sie als national akzeptiert gelten können<sup>14</sup>. Eine direkte Übernahme der DLG-Datensätze war nicht möglich, da sie im Gegensatz zu den Datensätzen in Beyer et al. (2004) nicht alle für die Inventarberechnungen erforderlichen Angaben enthalten.

<sup>14</sup> DLG (2005) is considered to be the official expert judgement for Germany and national consent (Spiekers, head of the group of authors, pers. communication).



The selection and combination of parameters extracted from Beyer et al. (2004) takes into account that the ratio of crude protein to NEL contents has to approximate the respective ratio of the DLG data set. This requirement was derived from the dairy cow modelling concept. From the 2011 submission onwards the newly selected parameters are used instead of those previously used which had been derived from a mixture of sources.<sup>13</sup>

The data for raw protein contents are converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(1996)-10.58).

Die Auswahl und Kombination von Datensätzen aus Beyer et al. (2004) beruht auf der aus dem Milchkuh-Modellkonzept ableitbaren Forderung, dass das sich ergebende Verhältnis von Rohproteingehalt zu NEL-Gehalt möglichst gut den entsprechenden Wert des DLG-Datensatzes approximieren muss. Die so erhaltenen Datensätze ersetzen ab Submission 2012 die zuvor verwendeten, aus unterschiedlichen Quellen zusammengestellten Datensätze<sup>13</sup>.

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6.25 in N-Gehalte umgerechnet (IPCC(1996)-10.58).

Table 4.16: Dairy cows, diet constituent properties used in the inventory

( $x_{DM}$ : dry matter content;  $\eta_{ME}$ : content of metabolizable energy, related to dry matter;  $\eta_{NEL}$ : NEL content, related to dry matter;  $\eta_{DE}$ : content of digestible energy, related to dry matter  $\eta_{GE}$ : content of gross energy, related to dry matter;  $x_{XP}$ : raw protein content of feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

<b>roughage</b>	$x_{DM, rough}$ kg kg <sup>-1</sup>	$\eta_{ME, rough}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{NEL, rough}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{DE, rough}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{GE, rough}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$x_{XP, rough}$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM, rough}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash, rough}$ kg kg <sup>-1</sup>
grass (pasture) <sup>a</sup>	0.18	10.0	6.3	12.3	17.9	0.180	0.72	0.125
grass silage <sup>b</sup>	0.35	10.0	6.3	12.4	18.5	0.162	0.72	0.099
maize silage <sup>c</sup>	0.25	10.2	6.6	12.4	17.9	0.080	0.73	0.082
straw <sup>d</sup>	0.85	6.4	3.8	8.0	18.1	0.038	0.47	0.070
<b>concentrates</b>	$x_{DM, conc}$ kg kg <sup>-1</sup>	$\eta_{ME, conc}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{NEL, conc}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{DE, conc}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{GE, conc}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$x_{XP, conc}$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM, conc}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash, rough}$ kg kg <sup>-1</sup>
concentrate MLF 18/3 <sup>e</sup>	0.88	12.3	7.6	15.5	18.7	0.205	0.83	0.065
rape seed expeller <sup>f</sup>	0.91	14.2	8.7	17.7	23.6	0.340	0.77	0.080
wheat <sup>g</sup>	0.87	13.2	9.0	15.8	18.5	0.145	0.88	0.020

<sup>a</sup> Source: Beyer et al. (2004), No 1613

<sup>b</sup> Source: Beyer et al. (2004), No 3431

<sup>c</sup> Source: Beyer et al. (2004), combination of 33.3 % of No 2891 and 66.7 % of No 2895

<sup>d</sup> Source: Beyer et al. (2004), No 5811

<sup>e</sup> Source: DLG (2005), pg. 13;  $\eta_{GE}$  estimated from  $\eta_{ME}$  using the metabolizability derived from  $\eta_{NEL}/\eta_{ME}$  via the van Es equation (GfE, 2001), pg. 19;  $\eta_{DE}$  estimated from  $\eta_{GE}$  using a digestibility of 82.7 % which was derived from averaging the two data sets "Union MLF M 18-680" and "Balance 18-III" in Menke (2011) assuming that the digestibility of organic matter approximates the digestibility of energy.

<sup>f</sup> Source: LfL (2011), No 6427, completed on base of digestibility and metabolizability taken from Beyer et al. (2004), No 7231

<sup>g</sup> Source: Beyer et al. (2004), combination of 50 % of No 6113 and 50 % of No 6114

Based on the information in Table 4.16 and the formula given below, the mean properties of roughage (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated:

Mit Hilfe der Angaben in Table 4.16 und der folgenden allgemeinen Formel werden die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Raufutters berechnet:

$$A_{\text{mean}} = \sum_i^n g_i \cdot A_i \quad (4.36)$$

where

$A_{\text{mean}}$	mean value of a feed property A
i	index of feed constituent
$g_{i, \text{house}}$	mass fraction of feed constituent i
$A_i$	value of feed property A of feed constituent i (see Table 4.16)

If grazing occurs, the mean roughage properties need to be adjusted in order to account for differing properties

Im Falle von Weidegang müssen die mittleren Raufuttereigenschaften noch angepasst werden, um die ab-

<sup>13</sup> A comparison of dairy cow models with those of neighbouring European countries had revealed that the N excretion rates in the German dairy cow model were overestimated. A revision of the N balance corrected the ratio of crude protein to energy contents. This value had been overestimated.

of pasture grass, see Chapter 4.3.4.4.

Standard concentrate MLF 18/3 is used throughout. The diet is supplemented by rape seed expeller (varying between 0.5 and 1.5 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

From expert data (see Dämmgen et al., 2010a), a steady function for the share of rapeseed expeller in concentrates as a function of milk yield was derived, see Figure 4.2.

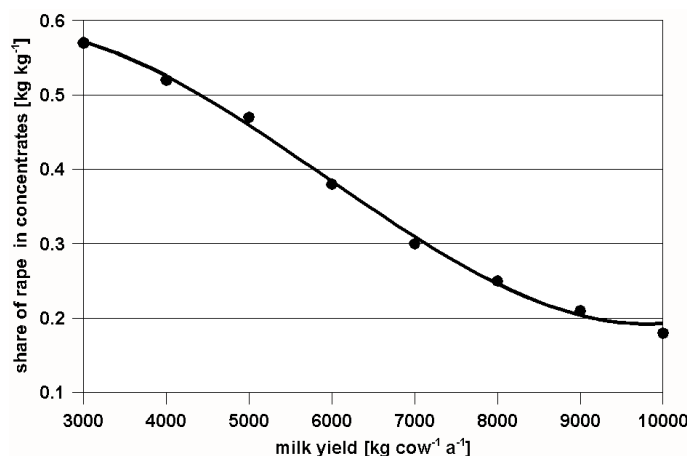


Figure 4.2: Standard mixed feeds, share of rape seed expeller in concentrates as function of milk yield (data points derived from expert judgment, see Dämmgen et al., 2010a)

The adjusted steady function reads

$$X_{\text{rape, mixed}} = a_{\text{rape, mixed}} + b_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M + c_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M^2 + d_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M^3 \quad (4.37)$$

where

$X_{\text{rape, mixed}}$	ratio of rape seed expeller in concentrates, mixed diet (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{\text{rape, mixed}}$	constant ( $a_{\text{rape, mixed}} = 0.4879 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$b_{\text{rape, mixed}}$	coefficient ( $b_{\text{rape, mixed}} = 0.1038 \cdot 10^{-3} \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )
$Y_M$	annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.2
$c_{\text{rape, mixed}}$	coefficient ( $c_{\text{rape, mixed}} = -3.043 \cdot 10^{-8} \text{ kg}^{-2} \text{ cow}^2 \text{ a}^2$ )
$d_{\text{rape, mixed}}$	coefficient ( $d_{\text{rape, mixed}} = 1.71 \cdot 10^{-12} \text{ kg}^{-3} \text{ cow}^3 \text{ a}^3$ )

The share of standard concentrate MLF 18/3 is

$$X_{\text{MLF, mixed}} = 1 - X_{\text{rape, mixed}} \quad (4.38)$$

The properties of the concentrates constituents are given in Table 4.16.

The mean properties of concentrates (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated by analogy to the procedure used for roughage (see above). They depend on the milk yield which varies in space and time.

weichenden Eigenschaften von Weidegras zu berücksichtigen, siehe dazu Kapitel 4.3.4.4.

An Kraftfutter wird generell Milchleistungsfutter MLF 18/3 gefüttert. Die Mischung wird mit Rapskuchen supplementiert (Mengen zwischen 0,5 und 1,5 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

Aus Expertenschätzungen (siehe Dämmgen et al., 2010a) wurde eine stetige Funktion für die Rapskuchen-Anteile in Abhängigkeit von der Milchleistung abgeleitet, siehe Figure 4.2.

Es ergibt sich die folgende stetige Funktion:

Der Anteil von MLF 18/3 im Kraftfutter ist

Die Eigenschaften der Kraftfutterbestandteile zeigt Table 4.16.

Die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Kraftfutters werden analog zur Vorgehensweise beim Raufutters (s. o. berechnet. Sie sind von der räumlich und zeitlich variierenden Milchleistung abhängig.

#### 4.3.4.3 Composition of the grass based diet / Zusammensetzung der Ration auf Grassilage-Basis

For roughage, only grass silage is used the properties of which are listed in Table 4.16.

If grazing occurs, the mean roughage properties need to be adjusted in order to account for differing properties of pasture grass, see Chapter 4.3.4.4.

Standard concentrate MLF 18/3 is supplemented with wheat in varying shares.

The properties of the concentrates constituents are given in Table 4.16 (see Chapter 4.3.4.2).

The share of wheat in concentrates is depending on milk yield as displayed in Figure 4.3:

Als Raufutter wird ausschließlich Grassilage verwendet, deren Eigenschaften in Table 4.16 aufgeführt sind.

Im Falle von Weidegang müssen die Raufuttereigenschaften noch angepasst werden, um die abweichenden Eigenschaften von Weidegras zu berücksichtigen, siehe dazu Kapitel 4.3.4.4.

Kraftfutter MLF 18/3 wird mit variierenden Mengen Weizen supplementiert.

Die Eigenschaften der Kraftfutterbestandteile zeigt Table 4.16 (siehe Kapitel 4.3.4.2).

Der Anteil von Weizen im Kraftfuttermisch ist milchleistungsabhängig wie in Figure 4.3 gezeigt:

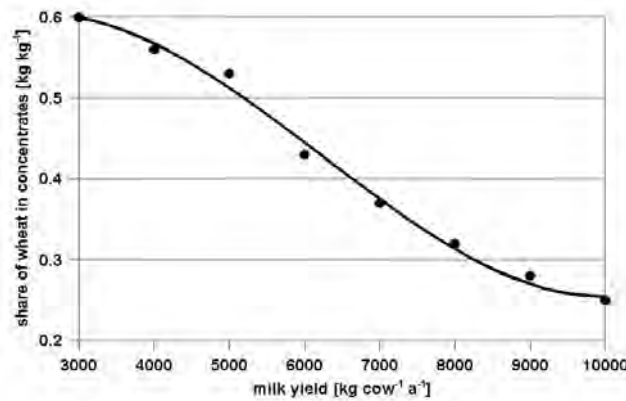


Figure 4.3: Standard grass based feeds, share of wheat in concentrates as function of milk yield (data points derived from expert judgment, see Dämmgen et al., 2010a)

The resulting steady function reads

Daraus resultiert folgende stetige Funktion:

$$X_{\text{wheat, grass}} = a_{\text{wheat, grass}} + b_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M + c_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M^2 + d_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M^3 \quad (4.39)$$

where

$X_{\text{wheat, grass}}$	ratio of wheat in total concentrates, grass based diet (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{\text{wheat, grass}}$	constant ( $a_{\text{wheat, grass}} = 0.47054 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$b_{\text{wheat, grass}}$	coefficient ( $b_{\text{wheat, grass}} = 1.238 \cdot 10^{-4} \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )
$Y_M$	annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.2
$c_{\text{wheat, grass}}$	coefficient ( $c_{\text{wheat, grass}} = -3.1446 \cdot 10^{-8} \text{ kg}^{-2} \text{ cow}^2 \text{ a}^2$ )
$d_{\text{wheat, grass}}$	coefficient ( $d_{\text{wheat, grass}} = 1.688 \cdot 10^{-12} \text{ kg}^{-3} \text{ cow}^3 \text{ a}^3$ )

The share of standard concentrate MLF 18/3 is

Der Anteil von MLF 18/3 im Kraftfutter ist

$$X_{\text{MLF, grass}} = 1 - X_{\text{wheat, grass}} \quad (4.40)$$

$X_{\text{MLF, grass}}$	ratio of MLF 18/3 in total concentrates, grass based diet (in kg kg <sup>-1</sup> )
$X_{\text{wheat, grass}}$	ratio of wheat in total concentrates, grass based diet (in kg kg <sup>-1</sup> )

The mean properties of concentrates (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated by analogy to the procedure used for roughage (see Chapter 4.3.4.2). They depend on the milk yield which varies in space and time.

Die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Kraftfutters werden wie in Kapitel 4.3.4.2 für Raufutter beschrieben berechnet. Sie sind von der räumlich und zeitlich variierenden Milchleistung abhängig.

#### 4.3.4.4 *Impact of grazing on mean roughage properties / Einfluss von Weidegang auf mittlere Raufutter-Eigenschaften*

The properties of pasture grass and roughage provided in the housing differ for energy and nitrogen content, see Table 4.16. Hence, grazing has to be accounted for when calculating the mean contents of NEL, GE and N in the roughage taken in. This leads to effective contents of the dry matter intake which are to be used in Chapters 4.3.3.3 and 4.3.3.4.

The effective value of a feed property A is calculated using a weighted mean:

$$A_{\text{eff}} = (1 - f_{\text{graz}}) \cdot A_{\text{standard}} + f_{\text{graz}} \cdot A_{\text{graz}} \quad (4.41)$$

where

$A_{\text{eff}}$	effective value of roughage property A
$f_{\text{graz}}$	weighting factor ( $0 \leq f_{\text{graz}} \leq 1$ ), see Chapter 4.3.7.6.1
$A_{\text{standard}}$	value of roughage feed property A in the standard diet composition, see Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.3
$A_{\text{graz}}$	value of property A in pasture grass, see Table 4.16

Weidegras unterscheidet sich in Energie- und Stickstoffgehalt von dem im Stall verabreichten Raufutter, siehe Table 4.16. Daher muss Weidegang in die Berechnung der NEL-, GE- und N-Gehalte des insgesamt aufgenommenen Raufutters einbezogen werden. Dies ergibt effektive Gehalte der aufgenommenen Trockenmasse, die in den Kapiteln 4.3.3.3 und 4.3.3.4 zugrunde zu legen sind.

Der effektive Wert einer Futtereigenschaft A wird im Inventar durch gewichtete Mittelung berechnet:

#### 4.3.4.5 *Calculation of digestibility and metabolizability / Berechnung von Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit*

The mean digestibilities of the two standard rations (cf. Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.3) are calculated separately for each district:

Die mittlere Verdaulichkeiten der beiden Standard-Rationen (siehe Kapitel 4.3.4.2 und 4.3.4.3) werden für jeden Kreis jeweils wie folgt berechnet:

$$X_{\text{DE}, f, i} = \frac{DE_{f, i}}{GE_{f, i}} \quad (4.42)$$

with

$$DE_{f, i} = \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}^*} \cdot DE_{f, i}^* = \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}^*} \cdot (DM_{f, \text{conc}, i}^* \cdot \eta_{\text{DE}, f, \text{conc}, i} + DM_{f, \text{rough}, i}^* \cdot \eta_{\text{DE}, f, \text{rough}, i}) \quad (4.43)$$

$$GE_{f, i} = \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}^*} \cdot GE_{f, i}^* = \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}^*} \cdot (DM_{f, \text{conc}, i}^* \cdot \eta_{\text{GE}, f, \text{conc}, i} + DM_{f, \text{rough}, i}^* \cdot \eta_{\text{GE}, f, \text{rough}, i}) \quad (4.44)$$

where

$X_{\text{DE}, f, i}$	digestibility of standard feed type f in district i (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
f	standard feed type (f = mix, gra)
i	index of districts
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$t_{\text{ibc}}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6
$DE_{f, i}$	total annual intake of digestible energy with diet f in district i (in MJ cow <sup>-1</sup> DE)
$DE_{f, i}^*$	total intake of digestible energy with diet f in district i during the interval between calvings (in MJ cow <sup>-1</sup> DE)
$GE_{f, i}$	total annual intake of gross energy with diet f in district i (in MJ cow <sup>-1</sup> GE)
$GE_{f, i}^*$	total intake of gross energy with diet f in district i during the interval between calvings (in MJ cow <sup>-1</sup> GE)

$DM_{f, \text{conc}, i}^*$	total intake of concentrates dry matter with diet f in district i during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$DM_{f, \text{rough}, i}^*$	total intake of roughage dry matter with diet f in district i during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$\eta_{\text{DE}, f, \text{conc}, i}$	effective content of digestible energy in the concentrates fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)
$\eta_{\text{DE}, f, \text{rough}, i}$	effective content of digestible energy in roughage fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)
$\eta_{\text{GE}, f, \text{conc}, i}$	effective content of gross energy in concentrates fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)
$\eta_{\text{GE}, f, \text{rough}, i}$	effective content of gross energy in roughage fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)

For the calculation of the effective contents of DE and GE see Chapters 4.3.4.2, 4.3.4.3 und 4.3.4.4.

The total intake of dry matter with concentrates in standard ration f in district i is given by (indices f and i dropped for sake of simplicity of notation):

Zur Ermittlung der effektiven Gehalte an DE und GE siehe Kapitel 4.3.4.2, 4.3.4.3 und 4.3.4.4.

Für die Gesamtaufnahme an Kraftfutter-Trockenmasse mit der Standard-Ration f im Kreis i gilt (Indizes f und i zur Vereinfachung der Schreibweise weggelassen):

$$DM_{\text{conc}}^* = DM_{\text{conc}, \text{lact}}^* + DM_{\text{conc}, \text{dry}}^* \quad (4.45)$$

where

$DM_{\text{conc}}^*$	total intake of concentrates dry matter during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{conc}, \text{lact}}^*$	intake of concentrates dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM), see Chapter 4.3.3.2
$DM_{\text{conc}, \text{dry}}^*$	intake of concentrates dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM), see Chapter 4.3.3.2

The total intake of dry matter with roughage in standard ration f in district i is calculated accordingly.

Die Gesamtaufnahme an Rauhfutter-Trockenmasse mit der Standard-Ration f im Kreis i wird analog berechnet.

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation (Chapter 3.2.2.3) as well as VS excretions (Chapter 3.2.3.2), the amount of annual gross energy intake (GE) is needed. The latter is obtained as a weighted mean of the ration-specific values of GE intake.

Für die Berechnung der Methanemission aus der Verdauung (Chapter 3.2.2.3) sowie der VS-Ausscheidung (Chapter 3.2.3.2) wird der Betrag der jährlichen Gesamtenergie-Aufnahme pro Platz (GE) benötigt. Diese ergibt sich als gewichtetes Mittel aus den rationsbezogenen GE-Aufnahme-Werten:

$$GE_i = x_{\text{mix}, i} \cdot GE_{\text{mix}, i} + x_{\text{gra}, i} \cdot GE_{\text{gra}, i} \quad (4.46)$$

where

$GE_i$	gross energy intake in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE)
$GE_{\text{mix}, i}$	intake of gross energy with mixed diet in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE)
$x_{\text{mix}, i}$	fraction of dairy cow population in district i fed with the mixed feed composition (in cow cow <sup>-1</sup> )
$GE_{\text{gra}, i}$	intake of gross energy with grass based diet in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE)
$x_{\text{gra}, i}$	fraction of dairy cow population in district i fed with the grass based feed composition (in cow cow <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$t_{\text{ibc}}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6

The emission reporting under UNFCCC requires to report a national mean of digestibility (CRF Table 4.A, Cell I 14). This is calculated as follows:

Die Emissionsberichterstattung unter UNFCCC erfordert die Angabe eines nationalen Mittelwertes der Verdaulichkeit (CRF Tabelle 4.A, Zelle I 14). Dieser wird wie folgt berechnet:

$$X_{\text{DE}, \text{Germany}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{\text{dc}, i} \cdot (x_{\text{mix}, i} \cdot X_{\text{DE}, \text{mix}, i} + x_{\text{gra}, i} \cdot X_{\text{DE}, \text{gra}, i})}{\sum_{i=1}^k n_{\text{dc}, i}} \quad (4.47)$$

where

$X_{DE, Germany}$	national mean digestibility in Germany (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$i$	index of districts
$k$	number of districts
$n_{dc, i}$	number of dairy cows in district $i$
$x_{mix, i}$	fraction of dairy cow population in district $i$ fed with the mixed feed composition (in cow cow <sup>-1</sup> )
$X_{DE, mix, i}$	digestibility of mixed feed in district $i$ (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$x_{gra, i}$	fraction of dairy cow population in district $i$ fed with the grass based feed (in cow cow <sup>-1</sup> )
$X_{DE, gra, i}$	digestibility of grass based feed in district $i$ (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

The calculation of metabolizability on district and national level follows the procedure described for mean digestibilities.

Die Berechnung der Umsetzbarkeit auf Kreis- und nationaler Ebene entspricht dem oben für die Verdaulichkeit beschriebenen Vorgehen.

#### 4.3.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.3.3.6) and the methane conversion factor  $x_{CH_4, GE}$  as input.

Dämmgen et al. (2009b) modelled  $x_{CH_4, GE}$  according to Ellis et al. (2007) as a function of dry matter intake. The derivation of this function is based on data leading to results below the default value of 0,06 MJ MJ<sup>-1</sup> given by IPCC (1996). According to the opinion of the reviewers during the In Country Review of the German trace gas inventory in September 2010 the data base used by Ellis et al. (2007) is not typical for Germany. It would underestimate the emissions from enteric fermentation.

Hence, for the inventory at hand, Germany uses the default value of 0,06 MJ MJ<sup>-1</sup> given by IPCC (1996). This leads to fermentation-caused CH<sub>4</sub> emissions of a German dairy cow which, when related to milk yield, is higher than the emissions reported by neighbouring European states, cf. Table 4.20 in Chapter 4.3.9.1. (The IPCC (2006) default value of 0,065 MJ MJ<sup>-1</sup> which in the German inventory is applied to other cattle except for calves is not used for dairy cows as it would lead to fermentation-caused CH<sub>4</sub> emissions of German dairy cows far above the emission level reported by the neighbouring European states.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.3.3.6) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet.

Dämmgen et al. (2009b) modellierten  $x_{CH_4, GE}$  nach Ellis et al. (2007) als Funktion der Trockenmasseaufnahme. Die der Ableitung dieser Funktion zugrunde liegende Datenbasis, die zu Ergebnissen unterhalb des IPCC (1996)-Defaultwertes von 0,06 MJ MJ<sup>-1</sup> führt, ist nach Ansicht der Gutachter beim In-Country-Review des deutschen Treibhausgas-Inventars im September 2010 nicht typisch für Deutschland und unterschätzt die tatsächlichen Emissionen aus der Verdauung.

Deutschland verwendet daher für das vorliegende Inventar den IPCC (1996)-Defaultwert von 0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>. Damit liegt die verdauungsbedingte CH<sub>4</sub>-Emission einer deutschen Milchkuh in Relation zur Milchleistung über dem Niveau der europäischen Nachbarländer, vgl. Table 4.20 in Kapitel 4.3.9.1. (Der im deutschen Inventar bei den übrigen Rindern mit Ausnahme der Kälber verwendete IPCC (2006)-Defaultwert von 0,065 MJ MJ<sup>-1</sup> kommt nicht zum Einsatz, da er dazu führen würde, dass die verdauungsbedingten CH<sub>4</sub>-Emissionen der deutschen Milchkühe weit oberhalb des Niveaus der europäischen Nachbarländer läge.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.3.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.2.3.3.3.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von

et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

The necessary information on the digestability of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 4.16. The mean digestibility of organic matter (national mean) for 2010 is  $0.74 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , the mean ash content (related to dry matter) amounts to  $0.088 \text{ kg kg}^{-1}$  (values for 2010).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 3.3.4.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.16. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0,74 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0,088 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme ( $MCF$ ) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.3.7 *N intake with feed and N excretion / N-Aufnahme mit dem Futter und N-Ausscheidung*

##### 4.3.7.1 *N intake / N-Aufnahme*

The N intake is calculated as follows::

Die N-Aufnahme wird wie folgt berechnet:

$$m_{\text{feed}} = x_N \cdot \sum_1^i DM_i \cdot x_{N, \text{XP}, i} \quad (4.48)$$

where

$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen in feed (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$x_N$	nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$DM_i$	amount of DM consumed with feed constituent i (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ ME}$ )
$x_{N, \text{XP}, i}$	crude protein content of feed constituent i (in $\text{kg kg}^{-1} \text{ XP}$ )

However, the applicability of this equation is restricted to those cases where both the amounts fed and the diet composition are known. For emission inventories, the DM intake can be modelled adequately. For the protein content of the feed assumptions have to be made with regard to typical regional feeds.

The N intake during grazing is assessed using the following relation and data:

Diese Beziehung gilt jedoch nur für solche Fälle, in denen die Menge und die Zusammensetzung des Futters bekannt sind. Für die Anwendung in Emissionsinventaren kann die Trockenmasse-Aufnahme hinreichend gut modelliert werden. Für die Protein-Gehalte des Futters müssen Annahmen zur Futterzusammensetzung gemacht werden, die die regionalen Unterschiede beim Futterangebot berücksichtigen.

Die N-Aufnahme beim Weidegang wird mit der folgenden Beziehung beschrieben:

$$m_{\text{graz}} = DM_{\text{rough, graz}} \cdot x_{\text{XP, rough, graz}} \cdot x_N \quad (4.49)$$

where

$m_{\text{graz}}$	mean nitrogen intake during grazing (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$DM_{\text{rough, graz}}$	DM intake during grazing (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ DM}$ )
$x_{\text{XP, rough, graz}}$	mean nitrogen content of crude protein XP in feed (in $\text{kg kg}^{-1} \text{ XP}$ )
$x_N$	nitrogen content in XP ( $x_N = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )

## 4.3.7.2 Overall nitrogen excretion / Gesamtausscheidung von Stickstoff

The accuracy of the modelling of the emissions of N species depends significantly on the accuracy of the assessment of N excretion rates (Webb et al., 2005). Both overall and renal excretion rates are needed (Dämmgen and Hutchings, 2008).

The assessment of the amount of N excreted is based on a nitrogen balance:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{faeces}} + m_{\text{urine}} = m_{\text{feed}} - (m_g + m_l + m_p + m_s) \quad (4.50)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of N excreted with faeces and urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted with urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of N taken in with feed (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_g$	amount of N retained in weight gained (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_l$	amount of N exported with milk (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_p$	amount of N excreted in conception products (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_s$	amount of N lost by skin particles and hair (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

The calculation of the N balance components is described in Dämmgen et al. (2009b).

Die Genauigkeit der N-Emissionsmodellierung hängt entscheidend von der Güte der Ausscheidungsrechnung ab (Webb et al., 2005). Benötigt werden die Gesamt-N-Ausscheidungen sowie die renalen Ausscheidungen (Dämmgen und Hutchings, 2008).

Die ausgeschiedenen N-Menge wird mit Hilfe einer Stickstoff-Bilanz berechnet:

Zur Berechnung der einzelnen Glieder der N-Bilanz wird auf Dämmgen et al. (2009b) verwiesen.

## 4.3.7.3 Renal and faecal nitrogen excretion and TAN content of excreta / Stickstoff-Ausscheidung mit Harn und Kot und TAN-Gehalte der Ausscheidungen

Emissions of N species are usually related to the reactive nitrogen excreted. This is almost entirely excreted with urine and consists of urea and allanthoin (see e.g. Dämmgen and Erisman, 2005). As the enzyme urease is ubiquitous, these compounds decompose readily to yield ammonium (NH<sub>4</sub>). NH<sub>4</sub> and NH<sub>3</sub> in excreta are summarized as total ammoniacal nitrogen (TAN).

It would be advantageous to assess renal N excretion directly. However, no simple modelling procedure is available. Complex models such as Molly require input information that is not normally available (e.g. Johnson and Baldwin, 2008). Renal N excretion cannot be related to the N intake with feed satisfactorily (e.g. Kebreab et al., 2001, 2002; Gehman et al., 2008). For the purpose of inventory making, measurements of milk urea N are likely to provide an adequate tool to estimate renal N excretion (e.g. Lebzien et al., 2008). These data is not available yet, so an indirect approach of quantifying faecal N excretion is used:

Die Emissionen von N-Spezies werden i. d. R. auf den verfügbaren reaktiven Stickstoff bezogen. Dieser wird nahezu ausschließlich mit Harn als Harnstoff und Allanthoin ausgeschieden (siehe z.B. Dämmgen und Erisman, 2005). Das allgegenwärtige Enzym Urease baut diese Verbindungen rasch zu Ammonium (NH<sub>4</sub>) ab. Die Summe von NH<sub>4</sub> und NH<sub>3</sub> in den Ausscheidungen wird als TAN (total ammoniacal nitrogen) bezeichnet.

Wünschenswert wäre eine direkte Modellierung des renal ausgeschiedenen N. Ein einfaches Modell hierfür ist jedoch nicht verfügbar. Für komplexe Modelle wie Molly (Johnson und Baldwin, 2008) können die Daten nicht bereit gestellt werden. Renales N kann nicht befriedigend auf die mit dem Futter aufgenommene N-Menge bezogen werden (vgl. Kebreab et al., 2001, 2002, Gehman et al., 2008). Die Möglichkeit, die renal ausgeschiedenen N-Mengen über den Milch-Harnstoff-Gehalt zu erschließen (siehe z.B. Lebzien et al., 2008) scheidet aus, da keine vollständigen Datensätze für den Berichtszeitraum verfügbar sind. Die renal ausgeschiedenen N-Mengen werden deshalb über die fäkal ausgeschiedenen errechnet:

$$m_{\text{urine}} = m_{\text{excr}} - m_{\text{faeces}} \quad (4.51)$$

where

$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted in urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr}}$	amount of N excreted with faeces und urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)



Faecal N excretion is almost independent of the N intake with feed. It is rather dominated by microbial XP synthesis in the rumen. The calculation procedure used in this inventory (Equation (4.49)), is based on Danish experimental results, and takes N input into account. However, the effect of N in feed is comparatively small:

$$m_{\text{faeces}} = \alpha \cdot \beta \cdot \left( a \cdot \frac{m_{\text{feed}}}{\alpha} + \left( b \cdot \frac{DM}{\alpha} + c \cdot \left( \frac{DM}{\alpha} \right)^2 \cdot x_N \right) \right) \quad (4.52)$$

where

$m_{\text{faeces}}$	N excreted with faeces (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 0.001 \text{ kg g}^{-1}$ )
$m_{\text{feed}}$	N intake with feed (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$a$	constant ( $a = 40 \text{ g kg}^{-1}$ )
$DM$	DM intake (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$b$	constant ( $b = 20 \text{ g kg}^{-1}$ )
$c$	constant ( $c = 1.8 \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )
$x_N$	nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )

The fraction of TAN in excreta  $X_{\text{TAN}}$  is then calculated from:

$$X_{\text{TAN}} = \frac{m_{\text{urine}}}{m_{\text{excr}}} \quad (4.53)$$

Die fäkale N-Ausscheidung ist nahezu unabhängig von der N-Aufnahme; sie wird vielmehr von der mikrobiellen XP-Synthese im Pansen bestimmt. Das im vorliegenden Inventar verwendete Verfahren beruht auf dänischen experimentellen Daten und berücksichtigt die N-Aufnahme mit dem Futter in vergleichsweise geringem Umfang (Gleichung (4.49)).

Der relative TAN-Gehalt der Ausscheidungen,  $X_{\text{TAN}}$  ergibt sich dann wie folgt:

#### 4.3.7.4 *N entering pasture and the manure management system / N-Einträge in die Weide und in das Wirtschaftsdünger-Management*

The overall amount of nitrogen considered for the assessment of the pasture and manure management mass flow is:

$$m_{\text{MM}} = m_{\text{faeces}} + m_{\text{urine}} + m_s \quad (4.54)$$

where

$m_{\text{MM}}$	amount of N entering pasture and the manure management system (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted with urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_s$	amount of N lost by skin particles and hair (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

The amounts of organic N  $m_{\text{org, MM}}$  and  $\text{TAN}_{\text{MM}}$  are:

$$m_{\text{org, MM}} = m_{\text{faeces}} + m_s \quad (4.55)$$

$$\text{TAN}_{\text{MM}} = m_{\text{urine}} \quad (4.56)$$

Die insgesamt in das Wirtschaftsdünger-Managementsystem bzw. die Weideflächen eingebrachten N-Mengen betragen

Dabei betragen die Mengen an organischem N,  $m_{\text{org, MM}}$ , und TAN,  $\text{TAN}_{\text{MM}}$ ,

#### 4.3.7.5 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The amounts of N are given in Table 4.17. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

All straw N is considered to be organic N, of which

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 4.17 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.2.4.4 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes

50 % may mineralize to TAN during storage, see Table 4.17.

N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren, s. Table 4.17.

Table 4.17: Dairy cows, N inputs with straw in German dairy cattle houses

Animal house type		straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
tied systems		5.0 <sup>a</sup>	4.3	21.5·10 <sup>-3</sup>	10.8·10 <sup>-3</sup>
loose housing	cubicles	5.0 <sup>b</sup>	4.3	21.5·10 <sup>-3</sup>	10.8·10 <sup>-3</sup>
loose housing	deep litter	8.0 <sup>c</sup>	6.9	34.4·10 <sup>-3</sup>	17.2·10 <sup>-3</sup>
loose housing	sloped floor	5.0 <sup>d</sup>	4.3	21.5·10 <sup>-3</sup>	10.8·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 221

<sup>b</sup> Assumption: same value as for loose housing, sloped floor (preliminary KTBL expert judgement, Brigitte Eurich-Menden)

<sup>c</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 261

<sup>d</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 269

#### 4.3.7.6 Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide

##### 4.3.7.6.1 N excreted in the house, the dairy parlour and during grazing / N-Ausscheidungen im Stall, im Melk-stall und auf der Weide

N excretions have to be split into fractions dropped in the house ( $f_{\text{house}}$ ), in the dairy parlour ( $f_{\text{milk}}$ ) and during grazing ( $f_{\text{graz}}$ ), as different emission factors have to be applied to house and dairy parlour (see Chapter 4.3.7.6.3). Emissions during grazing are treated separately (see Chapter 11.2).

Die N-Ausscheidungen werden in die relativen Anteile für Stall ( $f_{\text{house}}$ ), Melkstall ( $f_{\text{milk}}$ ) und Weide ( $f_{\text{graz}}$ ) gegliedert, da Stall und Melkstall unterschiedliche Emissionsfaktoren aufweisen (siehe Kapitel 4.3.7.6.3) und die Ausscheidungen auf der Weide nur in die Berechnung der Emissionen aus Weidegang eingehen (siehe Kapitel 11.2).

$$f_{\text{graz}} = \frac{\tau_{\text{graz, year}} \cdot [x_{\text{graz, d}} \cdot (\delta - \tau_{\text{milk}}) + x_{\text{graz, h}} \cdot \tau_{\text{graz, h}}]}{\alpha \cdot \delta} \quad (4.57)$$

$$f_{\text{milk}} = \frac{\tau_{\text{milk}}}{\delta} \quad (4.58)$$

$$f_{\text{house}} = 1 - f_{\text{graz}} - f_{\text{milk}} \quad (4.59)$$

where

$f_{\text{graz}}$	fraction of N excreted on pasture (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{graz, year}}$	annual duration of the grazing period (in d a <sup>-1</sup> ), see below
$x_{\text{graz, d}}$	fraction of the dairy cow population kept outdoors all day (an an <sup>-1</sup> ), see below
$\delta$	time units conversion factor ( $\delta = 24 \text{ h d}^{-1}$ )
$\tau_{\text{milk}}$	daily duration of milking (in h d <sup>-1</sup> ), see below
$x_{\text{graz, h}}$	fraction of the dairy cow population kept outdoors part of day (an an <sup>-1</sup> ), see below
$\tau_{\text{graz, h}}$	daily duration of grazing (in h d <sup>-1</sup> ), see below
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$f_{\text{milk}}$	fraction of N excreted during milking (in kg kg <sup>-1</sup> )
$f_{\text{house}}$	fraction of N excreted in the house (in kg kg <sup>-1</sup> )

For the parameters describing grazing see Chapter 3.3.2.2.3.

During milking the animals exhibit higher activity, leading to a higher excretion rate (per unit of time) than in the house or during grazing. This is taken into account by an (assumed) extended duration of presence in the dairy parlour ( $\tau_{\text{milk}} = 3,5 \text{ h d}^{-1}$ ).

Bzgl. der Daten zur Weidehaltung siehe Kapitel 3.3.2.2.3.

Wegen der erhöhten Aktivität der Tiere beim Melken wird davon ausgegangen, dass auch die Ausscheidungsrate höher als auf der Weide oder im Stall ist. Dies wird durch eine effektiv verlängerte Melkdauer berücksichtigt ( $\tau_{\text{milk}} = 3,5 \text{ h d}^{-1}$ ).

#### 4.3.7.6.2 Housing types and duration of grazing / Stalltypen und Dauer des Weidegangs

Information on the frequency distribution of the various housing systems and the duration of grazing is obtained from RAUMIS and the respective data supplied by the official statistics (see Chapter 3.3.2).

Die Angaben zur Verteilung der verschiedenen Stallformen und zur Dauer der Weidehaltung werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus der Agrarstatistik entnommen (siehe 3.3.2).

#### 4.3.7.6.3 Partial emission factors "housing and grazing" / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“

Partial  $\text{NH}_3$  emission factors were fixed for all relevant housing systems, cf. Table 4.18. They are based on absolute data provided by Döhler et al. (2002) and converted into TAN related data by Dämmgen et al. (2010a).

Die für die relevanten Stallsysteme angesetzten partiellen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren beruhen auf absoluten Daten von Döhler et al. (2002), die von Dämmgen et al. (2010a) auf TAN-Bezug umgerechnet wurden, siehe Table 4.18.

Table 4.18: Dairy cows, partial emission factors for  $\text{NH}_3$ -N from housing (related to TAN)

			$EF_{\text{house}}$ (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ )
slurry based	tied systems		0.066
	loose housing	cubicles	0.197
straw based	tied systems		0.066
	loose housing	cubicles	0.197
	loose housing	deep litter	0.197
	loose housing	sloped floor	0.213

Source: see text

The EF for dairy parlour is assumed to equal that of cubicle houses ( $EF_{\text{milk}} = 0.197 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ).

Der EF für den Melkstand wird dem für Boxenlaufställe gleichgesetzt ( $EF_{\text{milk}} = 0.197 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ).

The  $\text{NH}_3$ -N emission factor for grazing is  $0.10 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ , related to TAN excreted (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktor  $0.10 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

$\text{N}_2\text{O}$  and NO emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.2. For further details see Chapters 3.2.4.6.3 and 4.3.7.6.1.

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$  und NO werden nach Kapitel 11.2 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.2.4.6.3 und 4.3.7.6.1.

#### 4.3.7.7 Emissions during storage / Emissionen aus dem Lager

Storage of slurry distinguishes storage underneath the slatted floor from storage in a separate slurry tank within the house as well as from several different outdoor storage systems. Emissions from separate slurry tanks within houses are dealt with in the same way as outdoor tanks with solid covers.

Bei der Gülle-Lagerung wird zwischen Lagerung im Stall unter dem Spaltenboden, der Lagerung im separaten Güllekeller unter dem Stall und zwischen mehreren Formen des Außenlagers unterschieden. Separate Güllekeller werden wie Außenlager mit fester Abdeckung behandelt.

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

The emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage are given in Chapter 4.2.2 (Table 4.3 and Table 4.4).

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Lager wird auf Kapitel 4.2.2 (Table 4.3 und Table 4.4) verwiesen.

#### 4.3.7.8 Emissions during spreading / Emissionen bei der Ausbringung

The emission factors of  $\text{NH}_3$  are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

The frequency distribution of spreading techniques and times before incorporation is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

Für die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.3 verwiesen.

Die Häufigkeitsverteilungen der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

#### 4.3.7.9 Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren

The assessment of N excretions can be achieved with an uncertainty < 10 % (cf. Dämmgen et al., 2009b).

EMEP (2007)-B1090-19 gives an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  without referring to any details. A normal distribution is assumed.

IPCC(2006)-10.67 provides an overview on N losses from manure management systems. The ranges listed there may well serve as a means to assess uncertainties for  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors. For dairy cattle we assume an uncertainty of about 30 %.

Both  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emission factors are derived from  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors. The use of constant ratios results in additional uncertainties. Thus, we estimate the uncertainty of  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emission factors to be in the order of magnitude of 50 %.

For these three species we also assume a normal distribution.

Die Bestimmung der N-Ausscheidungen geschieht nach Dämmgen et al. (2009b) mit einer Unsicherheit < 10 %.

EMEP (2007)-B1090-19 gibt für  $\text{NH}_3$  ohne weitere Einzelheiten eine Unsicherheit von 30 % an. Eine Normalverteilung wird angenommen.

IPCC(2006)-10.67 gibt eine Übersicht über N-Verluste aus Wirtschaftsdüngerlagern. Die dort angegebenen Daten werden als Maß für die Unsicherheit auch der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktoren verwendet. Demnach ist für Milchkühe mit einer Unsicherheit von 30 % zu rechnen.

Die  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktoren leiten sich von den  $\text{N}_2\text{O}$ -Faktoren ab. Diese Ableitung beinhaltet weitere Unsicherheiten. Für diese Stoffe wird deshalb mit einer Unsicherheit von etwa 50 % gerechnet.

Die Verteilung wird in allen drei Fällen als normal angenommen.

#### 4.3.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors are listed in Table 4.19 (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.6.3 and 4.3.7.8.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren sind in Table 4.19 angegeben (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.6.3 und 4.3.7.8 entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.19: Dairy cows, emission factors  $EF_{\text{PM}}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for $\text{PM}_{10}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$
dairy cattle	solid	0.36	0.23
	slurry	0.70	0.45

Source: EMEP(2009)-B4-27, Table 3-10

#### 4.3.9 Intercomparison of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich resultierender Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen mit denen benachbarter Staaten

German implied emission factors (IEF) and important emission explaining variables are compared with those of adjoining countries and countries, whose agricultural practice can be compared to German conditions. The data used and calculated in this inventory are compared with the latest published results.

Zum Vergleich der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit wichtigen Einflussgrößen solcher Staaten, die benachbart sind oder deren landwirtschaftliche Praxis mit der deutschen vergleichbar ist, werden die deutschen Werte dieses Inventars den letzten veröffentlichten Daten gegenübergestellt.

##### 4.3.9.1 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Table 4.20 allows for a comparison of implied emission factors for enteric fermentation and the data governing these emissions..

Table 4.20 zeigt die Vergleichsdaten für die Emissionen aus der Verdauung mit den sie beeinflussenden Kenngrößen.

Table 4.20: Dairy cows, 2009, intercomparison of implied emission factors regarding enteric fermentation

	$IEF_{CH_4, \text{ent, dc}}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	GE intake MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	milk yield kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	animal weight kg an <sup>-1</sup>	Digestibility of energy %	methane conversion rate MJ MJ <sup>-1</sup>
Austria	115.67	293.93	16.62	700	70.08	0.06
Belgium	123.76	314.49	18.79	600	72.92	0.06
Czech Republic	117.48	294.59	19.13	585	60.00	0.06
Denmark	133.70	343.21	23.53	575	71.00	0.06
France	116.98	NA	17.13	NA	NA	NA
<b>Germany</b>	<b>123.71</b>	<b>314.36</b>	<b>19.11</b>	<b>642</b>	<b>70.90</b>	<b>0.06</b>
Netherlands	127 <sup>a</sup>	NE	IE	IE	IE	IE
Poland	97.03	246.57	12.58	500	62.76	0.06
Switzerland	121 <sup>a</sup>	308.65	22.21	650	60.00	IE
United Kingdom	109.43	278.08	19.49	NE	73.59	0.06
IPCC (1996)- 3- 4.11, 4.31	100	254.7	11.5	550	60	0.06
IPCC (2000)-4.13-4.20		Equation 4.1-4.11				0.06 ± 0.5
IPCC (2006)- 10.29, 10.72	109	Equation 10.3-10.16	16.44 <sup>b</sup>	600	70	0.065 ± 0.01

Source: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC (2011), Table 4.A.

<sup>a</sup> reported for mature dairy cattle

<sup>b</sup> calculated from 6000 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

Among the countries compared, Germany has the fourth highest  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$ . As expected, the comparison reveals a direct linear relation between  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$  and GE intake and a stochastic linear relation between  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$  and milk yield ( $r^2 = 0.78$ ). As compared to milk yield, the German  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$  is definitely above the expected values, and is higher than those of the United Kingdom or the Czech Republic where milk yields are on the same level.

No relation can be observed between  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$  and animal weight.

The gross energy input of German dairy cows is governed by the requirements for milk production (60 % of the overall intake). The remaining 40 % serve as maintenance energy (primarily related to animal weights) and

Innerhalb der zehn Vergleichsländer hat Deutschland den vierthöchsten  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$ . Der Vergleich zeigt erwartungsgemäß einen direkten linearen Zusammenhang zwischen  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$  und GE-Aufnahme und einen stochastischen linearen Zusammenhang zwischen  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$  und Milchleistung ( $r^2 = 0,78$ ), wobei der deutsche  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$  bezogen auf die Milchleistung überdurchschnittlich hoch ist und z.B. deutlich höher als der des Vereinigten Königreichs und der Tschechischen Republik bei vergleichbaren Milchleistungen.

Der  $IEF_{CH_4, \text{ent}}$  zeigt keinen klaren Zusammenhang zum Tiergewicht.

Die Höhe der Gesamtenergie-Aufnahme der deutschen Milchkühe wird zu rund 60 % durch den Energiebedarf zur Milchproduktion bestimmt. Die übrigen 40 % werden durch den Energiebedarf zur Erhaltung (vor

the production of conception products. These shares are very similar to those obtained for Belgian cows. For the Netherlands and Switzerland, matching data describing animal performance (milk yields and weights) were not available.

The deviation of the German *IEF* from IPCC default values is explained by higher energy requirements resulting from higher animal weights and higher milk yields.

allein aufgrund des Tiergewichtes) und durch die Produktion von Nachkommen verursacht. In dieser Hinsicht sind die deutschen Resultate allein mit denen von Belgien vergleichbar, da von den Niederlanden und der Schweiz keine Angaben zu Milchleistung und Tiergewicht verfügbar sind.

Die Abweichung des deutschen *IEF* von den IPCC-Defaultwerten kann durch die höhere Energieaufnahme aufgrund des höheren Gewichts und der höheren Milchleistung erklärt werden.

#### 4.3.9.2 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

Table 4.21 summarizes emissions from manure management and some important parameters influencing them.

Table 4.21 zeigt Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management und wichtige Einflussgrößen.

Table 4.21: Dairy cows, 2009, manure management, intercomparison of implied emission factors

	<i>IEF</i> <sub>CH<sub>4</sub>, MM, dc</sub>	VS excreted	Frequency of liquid systems	MCF for liquid systems
	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> VS	%	%
Austria	8.56	4.24	30.38	8.64
Belgium	16.31	3.88	11.86	19.00
Czech Republic	14.00	NA	40.00	NA
Denmark	33.03	6.20		
France	18.30	5.10	10.60	45.00
Germany	<b>26.21</b>	<b>3.96</b>	<b>73.55</b>	<b>14.41</b>
Netherlands	41.73 <sup>a</sup>	IE	IE	IE
Poland	10.53	4.58	7.68	39.00
Switzerland	25.66 <sup>a</sup>	6.16 <sup>a</sup>	67.80 <sup>a</sup>	10.00 <sup>a</sup>
United Kingdom	26.88	0.01	30.60	39.00
IPCC (1996)-3-4.13, 4.43, Western Europe, cool region	14	5.10	40.00	10.00
IPCC (2000)-4.36				39
IPCC (2006)-10.38, 10.77, Western Europe, cool region	21 to 29	5.10	35.70	17 to 25

Source: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC 2011, Table 4.B(a)

<sup>a</sup> reported for mature dairy cattle

German values for the implied emission factor for methane from manure management, *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, MM</sub>, are on the same relatively high level as those in the United Kingdom and Switzerland, although VS excretion rates range at the lower end of the table, comparable to Belgian data. Only the *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, MM</sub> for Denmark and the Netherlands are significantly higher as the German values, whereas those of the remaining countries fall below German, British and Swiss values. As a matter of fact, even the similar values of *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, MM</sub> are only partly comparable, as the entities from which these are derived (VS excretion rates, frequency distributions of slurry storage systems, methane conversion factors *MCF*) vary considerably. In addition, it has to be taken into account that the German inventory makes use of the new national approach for VS excretion rates described in Chapter 3.2.3.2. The IPCC (1996) default *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, MM</sub> ranges at the lower end of the *IEF* table. Obviously, the factors pro-

Deutschland liegt bzgl. des *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, MM</sub> aus dem Milchkühe-Wirtschaftsdünger-Management auf dem Niveau des Vereinigten Königreiches und der Schweiz im oberen Bereich der *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, MM</sub>, obwohl die VS-Ausscheidung am unteren Ende vergleichbar mit Belgien liegt. Deutlich höhere *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, MM</sub> haben nur Dänemark und die Niederlande, während die übrigen Länder z. T. erheblich unter dem Niveau von Deutschland, Vereinigtem Königreich und der Schweiz liegen. Tatsächlich aber sind selbst die ähnlichen Werte des *IEF*<sub>CH<sub>4</sub>, MM</sub> des Vereinigten Königreiches, der Schweiz und Deutschlands nur bedingt miteinander vergleichbar, da sie aus sehr unterschiedlichen VS-Ausscheidungen, Häufigkeiten von Flüssigmistsystemen und Methan-Umwandlungsfaktoren *MCF* entstanden sind. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass Deutschland für die vorliegende Submission 2012 das neue nationale VS-Berechnungsverfahren verwendet hat, siehe Kapitel 3.2.3.2. Der *IEF*-

posed in IPCC (2006) are likely to describe the situation in Central Europe more adequately.

Defaultwert von IPCC (1996) liegt deutlich am unteren Ende der IEF-Skala, wohingegen der Defaultwertbereich nach IPCC (2006) die mitteleuropäischen Gegebenheiten offenbar besser beschreibt.

#### 4.3.9.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

In Table 4.22, mean N excretion rates and resulting NH<sub>3</sub> emission rates of dairy cows are compared for various Central European states.

For the N excretion, the Czech Republic and France use the IPCC default value (IPCC(1996)-3-4.99). Hence, the calculated implied emission factors (IEF<sub>NH<sub>3</sub>, dc</sub>) are not fully comparable.

A comparison of N excretion rates between Germany and its European neighbours shows that the new inventory (corrected for dairy cows' diet properties) is in the centre of the values reported by the other nations. Obviously, the default value proposed by IPCC (1996) for dairy cows and Central Europe is too small.

The ratio of individual NH<sub>3</sub> emission rates to N excretion rates allows for a comparison of the efficiency of the manure management with respect to NH<sub>3</sub> emissions. This ratio shows that the German situation does not deviate considerably from that of other European nations. However, the very low value for Denmark is confirmed. This can be attributed to the very efficient N management in Danish animal husbandry (see Rom & Sorensen, 2001). The same holds for the Netherlands.

Table 4.22 vergleicht für einige europäische Staaten mittlere N-Ausscheidungen und resultierende NH<sub>3</sub>-Emissionen von Milchkühen.

Die Tschechische Republik und Frankreich verwenden für die N-Ausscheidung den IPCC-Defaultwert (IPCC(1996)-3-4.99). Die daraus folgenden Emissionsfaktoren (IEF<sub>NH<sub>3</sub>, dc</sub>) sind nur bedingt vergleichbar.

Der Vergleich der N-Ausscheidungen mit denen der Nachbarländer zeigt, dass Deutschland nach den Modell- und Futterkorrekturen bei den Milchkühen ungefähr im Mittelfeld der aus den Nachbarstaaten berichteten Werte liegt. Der Defaultwert von IPCC (1996) für Milchkühe scheint für Mitteleuropa zu niedrig zu sein.

Einen Vergleich der Effizienz des Wirtschaftsdünger-Managements im Hinblick auf NH<sub>3</sub>-Emissionen ermöglicht das Verhältnis von NH<sub>3</sub>-Emission zu N-Ausscheidung. Hierdurch relativiert sich der vergleichsweise hohe deutsche IEF<sub>NH<sub>3</sub>, dc</sub>-Wert. Der niedrige dänische IEF wird dagegen bestätigt, was auf ein sehr effizientes N-Management in der Tierhaltung (vgl. Rom & Sorensen, 2001) zurückgeführt wird. Gleiches gilt für die Niederlande.

Table 4.22: Dairy cows, 2009, intercomparison of N excretion rates and implied emission factors for NH<sub>3</sub>

	N excreted <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	number of animals <sup>a</sup> 1000 pl	NH <sub>3</sub> emission <sup>a</sup> Gg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub>	IEF <sub>NH<sub>3</sub>, dc</sub> <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub>	ratio of NH <sub>3</sub> emission to N excreted kg NH <sub>3</sub> (kg N) <sup>-1</sup>
Austria	97.11	532.98	15.29	28.68	0.30
Belgium	115.07	475.51	11.09	23.32	0.20
Czech Republic	100.00	560.00	13.51	24.13	0.24
Denmark	138.12	564.08	14.50	25.71	0.19
France	100.00	3737.52	106.51	28.50	0.28
<b>Germany</b>	<b>113.70</b>	<b>4205.49</b>	<b>150.40</b>	<b>35.76</b>	0.31
Netherlands	127.00 <sup>b</sup>	1489.07 <sup>b</sup>	34.27	23.01 <sup>b</sup>	0.18 <sup>b</sup>
Poland	86.70	2687.90	56.57	21.05	0.24
Switzerland	110.23 <sup>b</sup>	599.36 <sup>b</sup>	26.45	44.12 <sup>b</sup>	0.40 <sup>b</sup>
United Kingdom	110.01	1856.86	65.54	35.29	0.32
IPCC (1996)-3-4.99	100				
IPCC (2000)-B1090-9, B1090-30	100			28.5	0.06 to 0.5
IPCC (2006)-10.59	105.12 <sup>c</sup>				
EMEP (2009)-4.B-26, 60	105		28.7 to 39.3		

<sup>a</sup> Source: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC (2011), Table 4.B(b); EEA (2011)

<sup>b</sup> reported for mature dairy cattle

<sup>c</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

## 4.3.9.4 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

Table 4.23 provides an international intercomparison of implied emission factors (IEF) for particulate matter.

The IEF differences illustrate the influence of the shares of straw-based and slurry-based systems which differ from country to country.

Table 4.23 ermöglicht einen internationalen Vergleich der effektiven Emissionsfaktoren (IEF) von Staub.

In den IEF-Unterschieden kommen von Land zu Land unterschiedliche Anteile stroh- und güllebasierter Systeme zum Ausdruck.

Table 4.23: Dairy cows, 2009, intercomparison of PM implied emission factors

	$IEF_{PM_{10}, dc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub>	$IEF_{PM_{2.5}, dc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub>	$IEF_{TSP, dc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>a</sup>
Austria	IE	IE	IE
Belgium	0.34	0.08	0.77
Czech Republic	0.39	0.01	0.87
Denmark	0.69	0.45	1.51
France	0.09	0.03	0.23
<b>Germany</b>	<b>0.57</b>	<b>0.37</b>	<b>0.57<sup>b</sup></b>
Netherlands	0.12 <sup>c</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.12 <sup>c</sup>
Poland	0.40	0.01	0.89
Switzerland	0.39	0.06	0.39
United Kingdom	0.16	0.03	1.07
EMEP (2009)-4.B-60	0.36	0.23	

Source: Germany: submission 2012; all other countries: EEA (2011), calculated from original data

<sup>a</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in *d* (EMEP(2009)-B1010-9).

<sup>b</sup> As Germany does not calculate TSP, TSP is approximated by PM<sub>10</sub>.

<sup>c</sup> other cattle included

## 4.3.10 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 4.24: Dairy cows, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.01	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.01	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.01	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.34	EM1009.36
		NO	EM1009.133	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.01	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.25	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.01	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.01	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.01	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.01	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.31	IEF100933
		NO	IEF1009.99	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.01	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.23	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.01	AI1005CAT.24
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.01	EXCR.03



#### 4.4 Calves / Kälber

Calves in this inventory are all cattle whose weight falls below 100 kg an<sup>-1</sup> and an age of 2 months. In the inventory they are part of the category “other cattle”, see also Chapter 4.9.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.25.

Als Kälber gelten in diesem Inventar alle Rinder mit einem Gewicht unter 100 kg an<sup>-1</sup> und jünger als 2 Monate. Sie sind eine Untergruppe der Gruppe der „übrigen Rinder“, s. auch Kapitel 4.9.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.25 zusammengestellten Verfahren.

Table 4.25: Calves, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	district	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

##### 4.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4).

German statistics do not differentiate between animals of different sex and destiny.

The properties of calves given in the description of categories in the German census and the data used to describe the feed disagree. This inventory deals with calves smaller than 100 kg an<sup>-1</sup> and younger than 2 months; therefore only one-third of the number given in the census is considered. The remaining two-thirds are attributed to the number of beef cattle (heifers and bulls, see Chapters 4.5 and 4.6).

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4).

Die deutsche Statistik unterscheidet nicht nach Geschlecht und Bestimmung der Kälber.

Die statistischen Angaben der Anzahl der Kälber und die Beschreibung der Kälber hinsichtlich der Fütterung decken sich nicht. Da diese Rechnung nur Kälber unter 100 kg an<sup>-1</sup> und unter 2 Monaten berücksichtigt, wird die in der Statistik angegebene Kälberzahl nur zu einem Drittel berücksichtigt. Die übrigen zwei Drittel werden dem Mastvieh (Färsen und Mastbullen, s. Kapitel 4.5 und 4.6) zugeschlagen.

$$n_{ca} = \frac{1}{3} \cdot n_A \quad (4.60)$$

where

$n_{ca}$	number of calves considered
$n_A$	number of calves in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 13.6 and 13.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit Standardfehler lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 13.6 und 13.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.4.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

The birth weight of calves is assumed to be  $36 \text{ kg an}^{-1}$  (as deduced from production characteristics given in KTBL, 2006b, pg. 421). The final weight of the inventory category “calves” is defined by  $100 \text{ kg an}^{-1}$ .

The mean live weight is estimated by the arithmetic mean ( $68 \text{ kg an}^{-1}$ ).

Als Anfangsgewicht werden  $36 \text{ kg an}^{-1}$  angenommen (abgeleitet aus Produktionskennwerten KTBL, 2006b, S. 421), das Endgewicht der Inventarkategorie „Kälber“ wird mit  $100 \text{ kg an}^{-1}$  angesetzt.

Das mittlere Gewicht wird durch arithmetische Mittelung geschätzt ( $68 \text{ kg an}^{-1}$ ).

#### 4.4.2 *Energy requirements / Energiebedarf*

The metabolisable energy required during the first 8 to 9 weeks is  $19$  to  $20 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , (KTBL, 2006b, pg. 422). Based on a daily requirement of  $20 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  and a feeding period of  $60 \text{ d ro}^{-1}$  the metabolisable energy required per round amounts to  $1200 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ ro}^{-1}$ .

The gross energy GE needed to meet the ME requirements depends on the metabolisability of the feed, see Chapter 4.4.3.

Der Bedarf an umsetzbarer Energie liegt für die ersten 8 bis 9 Wochen bei  $19$  bis  $20 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (KTBL, 2006b, S. 423). Geht man von einem täglichen Bedarf von  $20 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  und einer Fütterungsdauer von  $60 \text{ d ro}^{-1}$  aus, ist pro Durchgang eine umsetzbare Energie von  $1200 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ ro}^{-1}$  erforderlich.

Die zur Deckung dieses ME-Bedarfs aufzunehmende Gesamtenergie GE ist von der Umsetzbarkeit des Futters abhängig, s. Kapitel 4.4.3.

#### 4.4.3 *Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme*

The feed intake must be known to assess the amount of N excreted. However, for calves there is no need to calculate feed intake using energy requirements and the energy content of feed, because the amount of N excreted is given as standard value, cf. Chapter 4.4.6.1.

For the mean digestibility of the diet  $0.65 \text{ MJ MJ}^{-1}$  is assumed (IPCC(1996)-3-4.32).

The mean metabolizability of feed is estimated based on the ME content of typical calf rearing diets (ca.  $11 \text{ MJ kg}^{-1}$  according to Menke, 2010) and a GE content of  $18.45 \text{ MJ kg}^{-1}$  (IPCC(1996)-3-4.21). These data lead to a metabolizability of ca.  $0.6 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

The gross energy intake with the feed (GE) is calculated from the metabolisable energy requirements (Chapter 4.4.2) and the mean metabolisability of the diet. This leads to a mean daily gross energy intake of  $GE_{ca} = 33.3 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

Die Futteraufnahme ist für die Ermittlung der ausgeschiedenen N-Menge von Bedeutung. Die Berechnung mit Hilfe von Energiebedarf und Energiegehalt des Futters entfällt hier allerdings, da für die ausgeschiedene N-Menge ein Standardwert eingesetzt wird, s. Kapitel 4.4.6.1.

Die mittlere Verdaulichkeit des Futters wird mit  $0,65 \text{ MJ MJ}^{-1}$  angesetzt (IPCC(1996)-3-4.32).

Für die Schätzung einer mittleren Umsetzbarkeit des Futters wird vom ME-Gehalt typischer Kälberaufzuchtfutter (ca.  $11 \text{ MJ kg}^{-1}$  nach Menke, 2010) und einem GE-Gehalt von  $18.45 \text{ MJ kg}^{-1}$  (IPCC(1996)-3-4.21) ausgegangen, woraus eine Umsetzbarkeit von ca.  $0,6 \text{ MJ MJ}^{-1}$  folgt.

Die mit dem Futter aufgenommene Gesamtenergie GE berechnet aus der umsetzbaren Energie (Kapitel 4.4.2) und der mittleren Umsetzbarkeit des Futters. Es ergibt sich eine tägliche Gesamtenergieaufnahme von  $GE_{ca} = 33,3 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

#### 4.4.4 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.4.3) and the methane conversion factor  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

Calves only gradually emerge as ruminants (Kirchgessner et. al., 2008, pg. 430 ff; Pennstate College of Agricultural Sciences, 2011). Under optimal conditions, the development of the rumen is completed between the 7<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> week of life (Kirchgessner et. al., 2008, pg. 432), but may take several additional weeks (Kirchgessner et. al., 2008, S. 433/434). During the de-

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.4.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $\chi_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Kälber entwickeln sich erst allmählich zu Wiederkäuern (Kirchgessner et. al., 2008, S. 430 ff; Pennstate College of Agricultural Sciences, 2011). Das Wachstum des Pansens ist im optimalen Fall zwischen der 7. und 9. Lebenswoche abgeschlossen (Kirchgessner et. al., 2008, S. 432), kann aber auch längere Zeit in Anspruch nehmen (Kirchgessner et. al., 2008, S. 433/434). Während der

velopment of the rumen, methane emissions from calves are markedly lower than those from other cattle. Hence, based on expert judgment by Flachowsky (Institute of Animal Nutrition, former FAL, Braunschweig), Germany uses a reduced methane conversion factor  $x_{CH_4, ca} = 0.02$  MJ MJ<sup>-1</sup> for calves.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is assumed to be 20 % according to IPCC(1996)-3-4.9. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Pansenentwicklung ist die Methanemission deutlich niedriger als bei den übrigen Rindern. Daher verwendet Deutschland einem Expertenurteil (Flachowsky, Institut für Tierernährung der früheren FAL, Braunschweig) zufolge für Kälber einen reduzierten Methan-Umwandlungsfaktor von  $x_{CH_4, ca} = 0,02$  MJ MJ<sup>-1</sup>.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird nach IPCC(1996)-3-4.9 mit 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.4.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.2.3.3.3.

The amounts of "volatile solids" (VS) excreted are calculated according to IPCC (see Chapter 3.2.3.2). The improved calculation procedures for VS excretion rates as described in Dämmgen et al. (2011a) cannot be used as the necessary input data are not available

Standard values for digestibility (0.65 MJ MJ<sup>-1</sup>) and ash content (0.08 kg kg<sup>-1</sup>) are assumed (IPCC(2006)-10.73).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.3.4.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Die Menge der ausgeschiedenen „volatile solids“ (VS) wird nach dem IPCC-Ansatz berechnet (s. Kapitel 3.2.3.2). Eine Verbesserung der VS-Ausscheidungsberechnung nach Dämmgen et al. (2011a) ist nicht möglich, da die erforderlichen Eingangsdaten nicht verfügbar sind.

Für Verdaulichkeit und Aschegehalt werden mit IPCC(2006)-10.73 die Standard-Werte von 0,65 MJ MJ<sup>-1</sup> bzw. 0,08 kg kg<sup>-1</sup> angenommen.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.4.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of N<sub>org</sub> and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N<sub>org</sub> und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.4.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

For the mean N excretion for calves up to 3 months 14 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is assumed with 4 animal rounds per year (KTBL, 2006b, pg. 428). Based on the number of rounds used in the inventory (ca. 6 rounds per year) the N excretion is recalculated, yielding ca. 20.9 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. 60 % of the N excreted is TAN (Webb, 2001).

Für Kälber liegt bis zu einem Alter von 3 Monaten bei 4 Durchgängen pro Jahr die mittlere N-Ausscheidung bei 14 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (KTBL 2006b, S. 428). Dies wird auf die im Inventar verwendete Durchgangszahl (ca. 6) umgerechnet, was eine N-Ausscheidung von ca. 20,9 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> ergibt. 60 % des ausgeschiedenen N sind TAN (Webb, 2001).

#### 4.4.6.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $2.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (KTBL, 2006b, pg. 425 ff) or  $3.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  ( $2.0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.2.4.4. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu beträgt  $2,5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh (KTBL, 2006b, S. 425 ff) bzw.  $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  (entsprechend  $2,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ ).

#### 4.4.6.3 *Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide*

The TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.18).  
Typically, calves do not graze.

Es werden die TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.18).  
Weidegang ist nicht vorgesehen.

#### 4.4.6.4 *Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung*

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

#### 4.4.6.5 *Partial emission factors "storage" and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“*

For the emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

The emission factors of  $\text{NH}_3$  are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

Die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

#### 4.4.6.6 *Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  is also valid for calves.

As for dairy cattle,  $\text{N}_2\text{O}$  and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Auch für Kälber wird nach EMEP (2007)-B1090-19, bei  $\text{NH}_3$  die Unsicherheit mit 30 % angesetzt.

Für  $\text{N}_2\text{O}$  und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

#### 4.4.7 *Emission of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors used for particulate matter are listed in Table 4.26 (EMEP, 2009-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data required for calculations in Chapter 4.4.5.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren (EMEP, 2009-4B-27, Table 3-10) sind in Table 4.26 zusammengestellt. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.4.5 entnommen

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.26: Calves, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for $PM_{10}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$	Emission factor for $PM_{2.5}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$
Calves	solid	0.24	0.16
	slurry	0.32	0.21

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 4.4.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 4.27: Calves, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.02	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.02	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.02	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.37	EM1009.39
		NO	EM1009.134	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.02	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.26	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.02	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.02	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.02	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.02	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.34	IEF1009.36
		NO	IEF1009.100	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.02	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.24	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.24	AI1005CAT.45
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.04	EXCR.06

## 4.5 Heifers / Färsen

Heifers are female cows that are heavier than 100 kg an<sup>-1</sup> and have not yet given birth to a calf. However, In the inventory, the animal category “heifers” also comprises female young cattle for slaughter, see Chapter 4.5.1.1.

In the inventory, the category “heifers” is a subcategory of „other cattle“.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.28.

Als Färsen werden die weiblichen Kühe bezeichnet, die schwerer als 100 kg an<sup>-1</sup> sind und noch nicht gekalbt haben. Im Inventar umfasst die Tierkategorie „Färsen“ zusätzlich auch weibliche Schlachttiere, siehe Kapitel 4.5.1.1.

Im Inventar ist die Kategorie „Färsen“ eine Unterkategorie der „übrigen Rinder“.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.28 zusammengestellten Verfahren.

Table 4.28: Heifers, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 4.5.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 4.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The subcategory “heifers” in this inventory includes the census subcategories “calves” (partly), “female young cattle younger than 1 year”, “female young cattle for slaughter from 1 to 2 years” and “heifers for replacement and use above 2 years”.

Additionally, the female share of the calves not considered in Chapter 4.4.1.1 ( $n_A \cdot 2/3$ ) is taken into account. The calculation of this share is based on the assumption that the gender distribution be equal to that of young cattle between 6 and 12 months ( $n_B$ ,  $n_C$ ).

Im Inventar umfasst die Tierkategorie „Färsen“ die Tierzahlen aus der Statistik für „Jungvieh weiblich unter 1 Jahr“, „Schlachtrinder weiblich unter 2 Jahren“, „Zucht- und NutZRinder unter 2 Jahren“, „Schlachtfärsen 2 Jahre und älter“, „Zucht- und Nutzfärsen 2 Jahre und älter“.

Hinzu kommt von den in Kapitel 4.4.1.1 nicht berücksichtigten Kälbern ( $n_A \cdot 2/3$ ) der weibliche Anteil, wobei angenommen wird, dass die Geschlechtsverteilung gleich der des Jungviehs zwischen einem halben und einem ganzen Jahr ( $n_B$ ,  $n_C$ ) ist.

$$n_{bf} = \frac{2}{3} \cdot n_A \cdot \frac{n_C}{n_B + n_C} + n_C + n_E + n_F + n_H + n_I + n_L \quad (4.61)$$

where

$n_{bf}$  number of female beef cattle considered  
 $n_A$  etc. animal numbers of type A (etc.) in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

The subdivision of the calf population does not affect the uncertainty.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 13.6 and 13.7), an uncertainty value is needed which is

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit Standardfehler lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

Die Aufteilung der Population der Kälber hat keinen Einfluss auf die Unsicherheit.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 13.6 und 13.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von

representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.5.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

Data of initial and final weights of heifers as well as of the duration of that phase of life, and consequently of the daily weight gain are hardly available in Germany. They have to be generated adequately as it is described in the two subsequent chapters.

Daten über Anfangs- und Endgewicht der Färsen sowie die Dauer der Haltung und demzufolge auch die tägliche Gewichtszunahme sind in Deutschland nur ausnahmsweise verfügbar. Sie sind, wie in den zwei folgenden Abschnitten beschrieben, in geeigneter Weise zu generieren.

##### 4.5.1.2.1 *Animal weights / Tiergewichte*

German census data differentiate between heifers for slaughter and for replacement and use. However, existing management data describe heifers without differentiation. About 5 % of the heifers above 1 a are considered to be slaughtered. As the decision to slaughter an animal or use it for replacement is made comparatively late, it is assumed that, on average, the animals are kept and fed in the same way.

The weight at the beginning of the period is fixed to 100 kg an<sup>-1</sup>, i.e. the final weight of calves.

Using the carcass weight the final live weight of heifers is calculated by means of the subsequent regression equation (see Dämmgen et al., 2010a):

Die deutschen statistischen Daten unterscheiden zwischen Mastfärsen und Färsen für „Zucht und Nutzung“. Kennzahlen zu den Haltungsverfahren liegen allerdings nur für Färsen insgesamt vor. Etwa 5 % der Tiere, die älter als 1 a sind, werden als Schlachtfärsen gemeldet. Da die Entscheidung, ob ein Tier zur Remontierung dient oder nicht, relativ spät fällt, wird davon ausgegangen, dass die Tiere im Mittel einheitlich gehalten und ernährt werden.

Das Anfangsgewicht der Färsen wird auf 100 kg an<sup>-1</sup>, das Endgewicht der Kälber, festgelegt.

Das Lebendendgewicht der Färsen wird nach der folgenden Regressionsgleichung (siehe Dämmgen et al., 2010a) aus dem Schlachtgewicht berechnet:

$$w_{\text{fin, bf}} = a + b \cdot w_{\text{bf, cw}} \quad (4.62)$$

where

$w_{\text{fin, bf}}$	final live weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> )
$a$	constant ( $a = 221 \text{ kg an}^{-1}$ )
$b$	coefficient ( $b = 1.46$ )
$w_{\text{bf, cw}}$	carcass weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> )

The carcass weights of heifers are compiled in Table 4.29.

The missing data for the New Länder and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin those from Brandenburg.

Die Schlachtgewichte von Färsen sind in Table 4.29 zusammengestellt.

Für die fehlenden Daten im Jahr 1990 bei den Neuen Bundesländern werden die Daten von 1991 eingesetzt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

Table 4.29: Heifers, carcass weights (in kg an<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BW	275	265	271	278	280	277	276	276	282	285	284	290	287	285	280	290	294	294	290
BY	288	248	287	295	297	294	291	287	296	300	303	309	303	301	300	303	308	311	306
BB		216	243	259	260	251	259	262	262	269	271	282	268	269	263	265	270	259	254
HE	269	270	277	278	277	274	273	268	263	273	274	277	260	253	249	262	270	270	249
MV		211	235	245	242	239	246	245	247	252	254	265	258	259	255	255	252	258	253
NI	235	241	240	241	231	226	275	277	280	282	286	292	286	283	280	285	275	286	279
NW	268	260	272	271	158	229	280	273	278	278	280	284	278	274	273	277	278	276	270
RP	251	243	257	274	274	269	264	260	261	264	264	264	264	263	260	265	268	267	262
SL	229	257	260	248	262	259	260	257	257	257	257	257	256	257	277	283	287	291	288
SN		221	240	250	254	239	234	181	248	247	245	259	250	247	242	242	255	259	258
ST		216	228	259	268	244	251	248	250	251	261	270	271	258	257	258	258	259	259
SH	271	264	273	281	281	272	275	272	279	281	286	295	286	285	281	284	288	293	288
TH		212	240	260	268	252	253	254	256	259	264	258	258	253	242	242	255	260	258
StSt	279	279	279	273	274	269	277	278	279	280	284	291	287	285	285	287	292	293	290

Source: Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung; Bundesgesetzblatt 2008 Teil I Nr. 52

## 4.5.1.2.2 Life span and mean weight gain / Dauer des Lebensabschnitts und mittlere Gewichtszunahme

The lifespan of a heifer is calculated from the time, when calves reach a weight of 100 kg an<sup>-1</sup>, and the age of first calving. For this inventory, it is assumed that the heifers' phase of life begins with about 60 days (see Chapter 4.4.1.1). The age of first calving is available as complete time series, as provided by the breeders' association (see s. Table 4.14).

However, no daily weight gain data are provided by the reference cited above. Hence they have to be estimated from weight data of slaughtered heifers: From the final weight of a calf, the final live weight of the heifer (as calculated from carcass weights) and the times mentioned above, the mean weight gain can be assessed as

$$\frac{\Delta w_{bf}}{\Delta t} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{w_{fin, bf} - w_{fin, ca}}{\tau_{calf} - \tau_{fin, ca}} \quad (4.63)$$

where

$\Delta w_{bf}/\Delta t$	mean daily weight gain of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$w_{fin, bf}$	final live weight of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{fin, ca}$	final weight at the end of calf lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{calf}$	age at first calving (in a)
$\tau_{fin, ca}$	end of calf lifespan (in a)

## 4.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

Table 4.30 gives data on metabolisable energy ME required for maintenance and growth for various weight gains and animal weights between 150 kg an<sup>-1</sup> and 550 kg an<sup>-1</sup>.

Die Lebensabschnittsdauer ergibt sich aus dem Zeitpunkt, an dem Kälber das Endgewicht 100 kg an<sup>-1</sup> erreichen, und dem Erstkalbealter. Für dieses Inventar wird angenommen, dass der Lebensabschnitt „Färse“ mit etwa 60 Tagen beginnt (siehe Kapitel 4.4.1.1). Das Erstkalbealter ist als lückenlose Zeitreihe für ganz Deutschland aus Meldungen der Züchterverbände verfügbar, s. Table 4.14.

Tägliche Gewichtszunahmen werden durch die erwähnten Quellen nicht bereitgestellt und müssen geschätzt werden. Hierzu wird auf Daten aus dem Schlachtfärsenbereich zurückgegriffen: Aus dem Endgewicht der Kälberhaltung, den errechneten Lebendgewichten vor Schlachtung und den oben beschriebenen Zeitpunkten folgt die mittlere Gewichtszunahme:

Table 4.30 zeigt Daten zum Bedarf an metabolisierbarer Energie ME für Wachstum und Erhaltung bei verschiedenen Zuwachsraten und Tiergewichten zwischen 150 kg an<sup>-1</sup> und 550 kg an<sup>-1</sup>.



Table 4.30: Heifers, metabolisable energy required for maintenance and growth for various animal weights and weight gains (in MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

weight gain $\Delta w_{bf}$ in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	weight $w$ in kg an <sup>-1</sup>								
	150	200	250	300	350	400	450	500	550
400			41.6	47.5	53.2	58.9	64.6	70.1	75.5
500	30.5	37.4	43.9	50.4	56.6	62.8	69.0	75.1	81.4
600	32.3	39.6	46.7	53.6	60.5	67.3	74.2	81.0	88.0
700	34.1	42.0	49.6	57.2	64.7	72.2	79.9	87.5	95.4
800	36.0	44.3	52.6	60.9	69.1	77.5	86.0	94.5	103.2
900		46.6	55.8	64.6	73.7	83.2	92.7	102	111.6
1000			59	68.6	78.5	89.3	100	110	120.6

Source: GfE (2001), pg. 29, Table 1.5.3

The data in Table 4.30 exhibit linear relationships between energy requirements and weight. These relationships can be extrapolated down to the start weight of 100 kg an<sup>-1</sup> used for heifers in the inventory. From these functions the following equation can be derived (see Haenel et al., 2010, Chapter 4.5.2), which describes the total energy requirements for maintenance and growth cumulated over the heifer's lifespan:

Die Daten in Table 4.30 zeigen lineare Zusammenhänge zwischen Energiebedarf und Gewicht, die sich bis zu dem im Inventar für die Färsen verwendeten Startgewicht von 100 kg an<sup>-1</sup> extrapolieren lassen. Aus diesen Funktionen lässt sich die folgende Gleichung für den kumulativen, d. h. über die gesamte Haltungsdauer aufsummierten Energiebedarf für Erhaltung und Zuwachs ableiten (s. Haenel et al., 2010, Kapitel 4.5.2):

$$\Sigma ME_{bf} = (o_1 \cdot \Delta w_{bf} + o_2) \cdot w_{bf}^2 + (p_1 \cdot \Delta w_{bf} + p_2) \cdot w_{bf} + (q_1 \cdot \Delta w_{bf} + q_2) \quad (4.64)$$

where

$\Sigma ME_{bf}$	cumulative metabolisable energy requirement of a heifer for growth and maintenance (in MJ an <sup>-1</sup> ME)
$o_1$	constant ( $o_1 = -0.22109 \text{ MJ kg}^{-3} \text{ an}^2 \text{ d}$ )
$\Delta w_{bf}$	mean daily weight gain of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$o_2$	constant ( $o_2 = 0.23129 \text{ MJ kg}^{-2} \text{ an}$ )
$w_{bf}$	animal weight (in kg an <sup>-1</sup> )
$p_1$	constant ( $p_1 = -47.7613 \text{ MJ kg}^{-2} \text{ an d}$ )
$p_2$	constant ( $p_2 = 50.0264 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$q_1$	constant ( $q_1 = 6986.99 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}$ )
$q_2$	constant ( $q_2 = -7290.72 \text{ MJ an}^{-1}$ )

On the national scale, cumulative ME requirements for raising a heifer are about 40 GJ an<sup>-1</sup>. This agrees with the 35 to 46 GJ an<sup>-1</sup> reported in KTBL (2006), pg. 441. KTBL relates this energy amount to the time span ending with the first calving. Hence, it is assumed that the energy requirements (and as a result the further data provided in Table 4.30) comprise the energy required for the development of the conception products.

Der sich so ergebende kumulative ME-Bedarf liegt auf nationaler Ebene in der Größenordnung von 40 GJ pro aufgezogene Färse. Dies entspricht gut dem ME-Bereich von ca. 35 bis 46 GJ, wie er in KTBL (2006), S. 441, angegeben wird. Da die KTBL-Angaben bis zum Erstkalbealter reichen, wird davon ausgegangen, dass sie und somit auch die Daten in Table 4.30 den Energiebedarf zur Entwicklung des ersten Kalbes enthalten.

The mean ME requirements for heifers are calculated as follows:

Für den über die Lebensphase „Färsen“ gemittelte täglichen ME-Bedarf folgt:

$$ME_{bf} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\Sigma ME_{bf}}{\tau_{fin,bf} - \tau_{fin,ca}} \quad (4.65)$$

where

$ME_{bf}$	mean daily metabolisable energy requirements of a heifer (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\Sigma ME_{bf}$	cumulative metabolisable energy requirement of a heifer for growth and maintenance (in MJ an <sup>-1</sup> ME), see above
$\tau_{fin,bf}$	date of first calving (in a), see Chapter 4.5.1.2.2
$\tau_{fin,ca}$	end of calf lifespan (in a), see Chapter 4.5.1.2.2

### 4.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The data provided in KTBL (2006), pg. 441, allow the derivation of a function quantifying the share of ME that is covered by the (annual) input of concentrates:

Aus den Daten in KTBL (2006, S. 441) lässt sich eine Funktion ableiten, die den Anteil an der pro Jahr aufzunehmenden ME-Menge beschreibt, die durch Kraftfutter gedeckt wird:

$$\Sigma ME_{\text{conc}} = \alpha \cdot ME_{\text{bf}} \cdot (r + s \cdot \alpha_m \cdot \tau_{\text{fin, bf}}) \quad (4.66)$$

where

$\Sigma ME_{\text{conc}}$	share of $\Sigma ME_{\text{bf}}$ covered by concentrates (in MJ an <sup>-1</sup> ME)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$ME_{\text{bf}}$	mean daily metabolisable energy requirements of a heifer (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME), see Chapter 4.5.2
$r$	constant ( $r = 0.7694 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ), derived from data in KTBL (2006), pg. 441
$s$	constant ( $s = 0.0231 \text{ MJ MJ}^{-1} \text{ month}^{-1}$ ), derived from data in KTBL (2006), pg. 441
$\alpha_m$	time units conversion factor ( $\alpha_m = 12 \text{ month a}^{-1}$ )
$\tau_{\text{fin, bf}}$	date of first calving (in a), see Chapter 4.5.1.2.2

The remainder of the energy required is provided by roughage, consisting of pasture grass, grass silage and maize silage.

Der darüber hinaus gehende Energiebedarf wird aus dem Grundfutter bestritten. Er setzt sich zusammen aus Beiträgen aus Weidegras, Grassilage und Maissilage.

$$\Sigma ME_{\text{rough}} = \Sigma ME_{\text{bf}} - \Sigma ME_{\text{conc}} = \Sigma ME_{\text{ma-s}} + \Sigma ME_{\text{gr-g}} + \Sigma ME_{\text{gr-s}} \quad (4.67)$$

where

$\Sigma ME_{\text{rough}}$	annual intake of metabolisable energy with roughage (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{\text{bf}}$	mean annual total of intake of metabolisable energy per heifer place, defined by the requirements for growth, maintenance and pregnancy (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.5.2
$\Sigma ME_{\text{conc}}$	annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.66)
$\Sigma ME_{\text{gr-g}}$	annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{\text{gr-s}}$	annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{\text{ma-s}}$	annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The share of ME covered with maize silage input is calculated as follows:

Der Energiebeitrag aus Maissilage wird wie folgt berechnet:

$$\Sigma ME_{\text{ma-s}} = (1 - x_{\text{gr}}) \cdot \Sigma ME_{\text{rough}} \quad (4.68)$$

where

$\Sigma ME_{\text{ma-s}}$	annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{gr}}$	share of ME contribution by grass and grass silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see below
$\Sigma ME_{\text{rough}}$	annual intake of metabolisable energy with roughage (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.67)

The share of ME resulting from the input of pasture grass and grass silage is unknown. As an alternative, the share of the roughage dry matter taken in with pasture grass and grass silage is used. This value is supplied with RAUMIS (Döhler et al., 2002).

Der relative ME-Anteil, der aus Weidegras und Grassilage bereitgestellt wird, ist nicht bekannt. Als Ersatz wird der relative Anteil der Trockenmasse von Weidegras und Grassilage an der Gesamt Trockenmasse des Raufutters verwendet. Dieser Wert wird von RAUMIS bereitgestellt (Döhler et al., 2002).

The energy input with pasture grass is determined as follows:

Für den Energiebeitrag aus Weidegras gilt:

$$\Sigma ME_{\text{gr-g}} = ME_{\text{gr}} \cdot \tau_{\text{gr}} \quad (4.69)$$

where

$\Sigma ME_{\text{gr-g}}$  annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{\text{gr}}$  duration of grazing (in d a<sup>-1</sup>), see above

with

$$ME_{\text{gr}} = u + v \cdot \alpha_{\text{m}} \cdot \tau_{\text{fin,bf}} \quad (4.70)$$

where

$ME_{\text{gr}}$  daily intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)  
 $u$  constant ( $u = 43.65$  MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), derived from data in KTBL (2006), pg. 441  
 $v$  constant ( $v = 0.4573$  MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup>), derived from data in KTBL (2006), pg. 441  
 $\alpha_{\text{m}}$  time units conversion factor ( $\alpha_{\text{m}} = 12$  month a<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{\text{fin,bf}}$  date of first calving (in a), see Chapter 4.5.1.2.2

Accordingly, the share of ME supplied with grass silage is

Der ME-Beitrag aus Grassilage ergibt sich als Restglied:

$$\Sigma ME_{\text{gr-s}} = \Sigma ME_{\text{rough}} - \Sigma ME_{\text{ma-s}} - \Sigma ME_{\text{gr-g}} \quad (4.71)$$

where

$\Sigma ME_{\text{gr-s}}$  annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\Sigma ME_{\text{rough}}$  annual intake of metabolisable energy with roughage (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see eq. (4.67)  
 $\Sigma ME_{\text{ma-s}}$  annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see eq. (4.68)  
 $\Sigma ME_{\text{gr-g}}$  annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see eq. (4.69)

The respective amounts of concentrates, maize silage, grass silage and pasture grass taken in to meet the ME requirements can be obtained from the specific ME contents of the various diet constituents. Concentrates serve as a example for the calculation procedure:

Die Mengen an Kraftfutter, Maissilage, Grassilage und Weidegras, die zur Deckung der oben beschriebenen ME-Anteile benötigt werden, ergeben sich mit Hilfe des spezifischen ME-Gehalts der jeweiligen Futterkomponente, wie nachfolgend beispielhaft für das Kraftfutter gezeigt wird:

$$\Sigma m_{\text{F, DM}} = \frac{\Sigma ME_{\text{conc}}}{\eta_{\text{ME, conc}}} \quad (4.72)$$

where

$\Sigma m_{\text{F, DM}}$  annual intake of dry matter with concentrates (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\Sigma ME_{\text{conc}}$  annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see eq. (4.66)  
 $\eta_{\text{ME, conc}}$  content of metabolisable energy in concentrates, related to dry matter (in MJ kg<sup>-1</sup>), see Table 4.31

The feed constituent properties required for the inventory (ME content, digestibility, metabolizability, crude protein content) are compiled in Table 4.31. The data for pasture grass, grass silage and maize silage equal those used for dairy cows (see Table 4.16 and the references given therein). The properties of concentrates are the same as for beef bulls (see Table 4.40 and the references given therein).

The data for raw protein contents are converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(1996)-10.58).

Table 4.31 zeigt für die im Inventar verwendeten Futterkomponenten ME-Gehalt, Verdaulichkeit, Umsetzbarkeit und Rohproteingehalt. Die Angaben für Weidegras, Gras- und Maissilage entsprechen den Daten für Milchkühe in Table 4.16 (s. dort auch bzgl. Quellenangaben). Der Datensatz für Kraftfutter entspricht den bei Mastbullen verwendeten Angaben, siehe Table 4.40 (s. dort auch bzgl. Quellenangaben).

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6.25 in N-Gehalte umgerechnet (IPCC(1996)-10.58).

Table 4.31: Heifers, diet constituent properties used in the inventory

( $\eta_{ME}$ : content of metabolizable energy, related to dry matter;  $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolizability of energy;  $x_{XP}$ : raw protein content of feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

	$\eta_{ME}$ MJ (kg DM) <sup>-1</sup>	$X_{DE}$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$x_{XP}$ kg (kg DM) <sup>-1</sup>	$X_{DOM}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash, feed}$ kg kg <sup>-1</sup>
grass (pasture)	10.0	0.689	0.558	0.180	0.72	0.125
grass silage	10.0	0.672	0.541	0.162	0.72	0.099
maize silage	10.2	0.693	0.571	0.080	0.73	0.082
concentrates	12.3	0.778	0.645	0.250	0.80	0.055

Source: see text.

In summary, the mean dry matter intake with feed amounts to

Die mittlere tägliche Trockenmasse-Aufnahme über die Nahrung ergibt sich zu:

$$m_{F, DM} = \frac{1}{\alpha} \cdot \left( \frac{\Sigma ME_{conc}}{\eta_{ME, conc}} + \frac{\Sigma ME_{ma-s}}{\eta_{ME, ma-s}} + \frac{\Sigma ME_{gr-g}}{\eta_{ME, gr-g}} + \frac{\Sigma ME_{gr-s}}{\eta_{ME, gr-s}} \right) \quad (4.73)$$

where

$m_{F, DM}$	daily dry matter intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\Sigma ME_{conc}$	annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.66)
$\eta_{ME, conc}$	metabolisable energy content of concentrates, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.31
$\Sigma ME_{ma-s}$	annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.68)
$\eta_{ME, ma-s}$	metabolisable energy content of maize silage, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.31
$\Sigma ME_{gr-g}$	annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.69)
$\eta_{ME, gr-g}$	metabolisable energy content of grass (grazing), related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.31
$\Sigma ME_{gr-s}$	annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.71)
$\eta_{ME, gr-s}$	metabolisable energy content of grass silage, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.31

The total amount of nitrogen taken in with feed is obtained by multiplying each term in the equation given above with the respective  $x_N$  value according to Table 4.31.

The daily gross energy is derived from the metabolisable energy and the metabolisabilities of the various feed components (assuming constant conditions over time and space).

Die mit dem Futter aufgenommene Stickstoff-Menge erhält man, indem jeder Term in der vorstehenden Gleichung mit dem entsprechenden  $x_N$ -Wert nach Table 4.31 multipliziert wird.

Die tägliche Gesamtenergie wird aus der umsetzbaren Energie und den Umsetzbarkeiten der verschiedenen Futteranteile abgeleitet (zeitlich und örtlich konstante Standardwerte).

$$GE_{bf} = \frac{1}{\alpha} \cdot \left( \frac{\Sigma ME_{conc}}{X_{ME, conc}} + \frac{\Sigma ME_{ma-s}}{X_{ME, ma-s}} + \frac{\Sigma ME_{gr-g}}{X_{ME, gr-g}} + \frac{\Sigma ME_{gr-s}}{X_{ME, gr-s}} \right) \quad (4.74)$$

where

$GE_{bf}$	daily gross energy intake for heifers (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\Sigma ME_{conc}$	annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. (4.66)

$X_{ME, conc}$	mean metabolisability of concentrates (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.31
$\Sigma ME_{ma-s}$	annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. ( 4.68)
$X_{ME, ma-s}$	mean metabolisability of maize silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.31
$\Sigma ME_{gr-g}$	annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. ( 4.69)
$X_{ME, gr-g}$	mean metabolisability of grass (grazing) (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.31
$\Sigma ME_{gr-s}$	annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see eq. ( 4.71)
$X_{ME, gr-s}$	mean metabolisability of grass silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.31

The mean feed digestibility is obtained by averaging the digestibilities of the various feed components (see Table 4.31 ) weighted with the respective intakes of these feed components.

Die mittlere Verdaulichkeit des Futters ergibt sich aus der mit den einzelnen Futtermengen gewichteten Mittelung der Verdaulichkeiten der einzelnen Futterkomponenten, die in Table 4.31 aufgeführt sind.

#### 4.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. This methods needs the gross energy intake (see Chapter 4.5.3) and the methane conversion factor  $x_{CH_4, GE}$  as input.

The methane conversion rate is used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{CH_4, bf} = 0,065$  MJ MJ<sup>-1</sup>. This value exceeds that given in IPCC (1996) (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Vefahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.5.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wird IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit 0,065 MJ MJ<sup>-1</sup> höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.2.3.3.3.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculate using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

The necessary information on the digestability of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 4.31 The national mean digestibility of organic matter for 2010 is 0.73 kg kg<sup>-1</sup>, the national mean ash content for 2010 amounts to 0.098 kg kg<sup>-1</sup> (related to dry matter of feed).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.3.4.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.31. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,73 kg kg<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,098 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme ( $MCF$ ) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.5.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.5.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretion data are obtained from the N mass balance using the amounts of N intake, N retention due to growth and N retained in the first calf.

The N intake rate is assessed from the dry matter intake rate of the various diet constituents and their specific N contents (see Chapter 4.5.3).

The amount of N retained is calculated assuming an N content of the animals body of  $0.0272 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (LfL, 2006a, Table 8).

In analogy to the data used for the description of dairy cows, the calves' weight at birth is assumed to be  $36 \text{ kg an}^{-1}$ , its specific N content  $0.0296 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ .

The TAN content is calculated and is variable.

Die N-Ausscheidungen werden aus der Bilanz aus aufgenommenem, retiniertem und im ersten Kalb gespeicherten N berechnet.

Die N-Aufnahme ergibt sich aus der Trockenmasseaufnahme der einzelnen Rationskomponenten und deren spezifischen N-Gehalten (siehe Kapitel 4.5.3).

Der N-Retention liegt ein N-Gehalt des Tierkörpers von  $0,0272 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  zugrunde (LfL, 2006a, Tabelle 8).

Analog zur Vorgehensweise bei der Milchkuh wird für das Kalb ein Geburtsgewicht von  $36 \text{ kg an}^{-1}$  und ein spezifischer N-Gehalt von  $0,0296 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angesetzt.

Der TAN-Gehalt wird berechnet und ist variabel.

##### 4.5.6.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 4.32. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit Stroh berücksichtigt. Diese N-Mengen sind in Table 4.32 angegeben. Zu Stroeigenschaften siehe Kapitel 3.2.4.4.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Table 4.32: Heifers, N inputs with straw in German heifer houses

Animal house type		straw input $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$	dry matter (DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$	N input (in DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$	TAN $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$
tied systems		2.0 <sup>a</sup>	1.7	$8.6 \cdot 10^{-3}$	$4.3 \cdot 10^{-3}$
loose housing	deep litter	6.0 <sup>b</sup>	5.2	$25.8 \cdot 10^{-3}$	$12.9 \cdot 10^{-3}$
loose housing	sloped floor	2.5 <sup>c</sup>	2.2	$10.8 \cdot 10^{-3}$	$5.4 \cdot 10^{-3}$

<sup>a</sup> Source: Expert judgement (B. Eurich-Menden, KTBL)

<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 325

<sup>c</sup> Expert judgement (B. Eurich-Menden, KTBL): same value as for male beef cattle, KTBL (2006a), pg. 365

##### 4.5.6.3 Partial emission factors "housing and grazing" / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“

The TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.18).

The  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for grazing is  $0.06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , related to TAN excreted ((EMEP(2009)-4B-26, Table

Es werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkuhe verwendet (vgl. Table 4.18).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor  $0,06 \text{ kg}$

3-8).

N<sub>2</sub>O and NO emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.2. For further details see Chapters 3.2.4.6.3 and 4.3.7.6.1.

kg<sup>-1</sup> N (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N<sub>2</sub>O und NO werden nach Kapitel 11.2 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.2.4.6.3 und 4.3.7.6.1.

#### 4.5.6.4 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.2.4.5 behandelt.

#### 4.5.6.5 Partial emission factors "storage" and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

For the emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

The emission factors of NH<sub>3</sub> are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Für die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

Die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

#### 4.5.6.6 Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for NH<sub>3</sub> is also valid for heifers.

As for dairy cattle, N<sub>2</sub>O and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Auch für Färsen gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für NH<sub>3</sub> die Größenordnung von 30 % hat.

Für N<sub>2</sub>O und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

#### 4.5.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) are listed in Table 4.33. For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 4.5.5.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Zu den Emissionsfaktoren (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) siehe Table 4.33. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme werden den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.5.5 entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.33: Heifers, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Heifers	slurry	0.32	0.21
	solid	0.24	0.16

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

#### 4.5.8 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 4.34: Heifers, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.03	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.03	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.03	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.40	EM1009.42
		NO	EM1009.135	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.03	
		PM <sub>2,5</sub>	EM1010.27	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.03	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.03	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.03	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.03	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.37	IEF1009.39
		NO	IEF1009.101	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.03	
		PM <sub>2,5</sub>	IEF1010.25	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.46	AI1005CAT.66
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.07	EXCR.09



#### 4.6 Bulls (male beef cattle) / Mastbullen

Male cattle above 100 kg are considered to be beef cattle. (Mature males are counted separately, see Chapter 4.8.)

In the inventory the subcategory “bulls” (male beef cattle) comprises the census categories “calves” (partly), “male young cattle ½ to 1 year” and “male young cattle 1 to 2 years”, see Chapter 4.8.1.1.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.35.

Als Mastbullen werden männliche Tiere ab 100 kg bezeichnet. (Zuchtbullen werden gesondert gezählt, s. Kapitel 4.8.)

Im Inventar werden unter Mastbullen die Kategorien „Kälber“ (teilweise), „Jungvieh männlich ½ bis unter 1 Jahr“ und „Jungvieh männlich 1 bis 2 Jahre“ zusammengefasst, s. Kapitel 4.8.1.1.

Die Emissionen werden nach den in Table 4.35 zusammengestellten Verfahren berechnet.

Table 4.35: Bulls (male beef cattle), calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

#### 4.6.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

##### 4.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4).

Animal numbers for “male young cattle ½ to 1 year” and “male young cattle 1 to 2 years” are directly taken from the census.

Additionally, the male share of the calves not considered in Chapter 4.4.1.1 ( $n_A \cdot 2/3$ ) is taken into account. The calculation of this share is based on the assumption that the gender distribution be equal to that of young cattle between 6 and 12 months ( $n_B$ ,  $n_C$ ).

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4).

Die Zahlen für „Jungvieh männlich ½ bis unter 1 Jahr Monate“ und „Rinder männlich 1 bis 2 Jahre“ entstammen unverändert der Statistik.

Hinzu kommt von den in Kapitel 4.4.1.1 nicht berücksichtigten Kälbern ( $n_A \cdot 2/3$ ) der männliche Anteil, wobei angenommen wird, dass die Geschlechtsverteilung gleich der des Jungviehs zwischen einem halben und einem ganzen Jahr ( $n_B$ ,  $n_C$ ) ist.

$$n_{bm} = \frac{2}{3} \cdot n_A \cdot \frac{n_B}{n_B + n_C} + n_B + n_D \quad (4.75)$$

where

$n_{bm}$  number of male beef cattle considered  
 $n_A$  etc. animal numbers of type A (etc.) in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

The subdivision of the calf population does not affect the uncertainty.

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit Standardfehler lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

Die Aufteilung der Population der Kälber hat keinen Einfluss auf die Unsicherheit.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 13.6 and 13.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 13.6 und 13.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.6.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The calculation procedure requires data on animal weights, animal weight gains and diet composition. German statistics do not provide any complete time series, nor do they resolve data with space.

German statistics outside the official census provide little information about animal weights. Therefore, assumptions had to be made for the weight at the beginning of the fattening period. With regard to feeding data available, the fattening period is subdivided into a phase between 100 and 125 kg an<sup>-1</sup> and another one above 125 kg an<sup>-1</sup>.

*Slaughter statistics* report on the number and the overall weight of carcasses produced in the abattoirs of the respective federal state. From these data the live weight at the time of slaughtering was calculated (for the method see Chapter 2.1.4.5) using a factor  $c_{w, mb} = \text{const} = 0.56 \text{ kg kg}^{-1}$  (Statistisches Bundesamt). This seems to be an adequate approximation.

The HIT system (*Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere*, StMLF, undated) was introduced in Germany in accordance with the EU (1997) to guarantee the knowledge of origin of animals and to safeguard the respective information. It provides the age of slaughtering and slaughter weights (carcass weights, to some extent weights before slaughtering) for male cattle since 1999 (inclusively). These data cover single districts and are complete.

The inventory uses up to 1998 the carcass weights calculated from the *slaughter statistics*. From 1999 onwards the carcass weights of the HIT data base are used. The available carcass weights are listed in Table 4.36.

Das Verfahren benötigt Tiergewichte, Gewichtszunahmen sowie die Futterzusammensetzung. Die deutschen Statistiken liefern in keinem Fall vollständige und örtlich aufgelöste Zeitreihen.

Die deutschen Statistiken unterhalb der amtlichen Statistik erfassen Tiergewichte nur in geringem Ausmaß, so dass Annahmen für die Gewichte bei Beginn des Mastprozesses erforderlich waren. Im Hinblick auf die für die Fütterung vorhandenen Daten werden die Lebensabschnitte von 100 bis 125 kg an<sup>-1</sup> und oberhalb von 125 kg an<sup>-1</sup> unterschieden.

Die *Schlachtstatistiken* erfassen die in einem Bundesland in Schlachthöfen geschlachteten Tiere und deren Schlachtkörpergewichte. Daraus wurden unter Verwendung des festen Faktors  $c_{w, mb} = 0,56 \text{ kg kg}^{-1}$  (Statistisches Bundesamt) für das Bundesland typische Lebendgewichte bei Schlachtung berechnet (s. dazu Kapitel 2.1.4.5). Dies dürfte in erster Näherung angemessen sein.

Das *Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere (HIT)* (StMLF, o.J.), das gemäß den Vorgaben der Europäischen Gemeinschaft (1997) eingerichtet wurde, liefert Schlachtalter und Schlachtgewicht für männliche Rinder aufgeschlüsselt nach Landkreisen und Jahren für den Zeitraum ab 1999 einschließlich. Diese Erfassung ist vollständig.

Das Inventar verwendet bis einschließlich 1998 die aus den Schlachtstatistiken abgeleiteten Schlachtgewichte und ab 1999 die Schlachtgewichte aus der HIT-Datenbank.

Zu den verfügbaren Schlachtkörpergewichten siehe Table 4.36.

Table 4.36: Bulls (male beef cattle), carcass weight (in kg an-1)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW	352	341	345	354	357	355	353	349	356	347	347	347	340	343	341	347	352	356	348	349
BY	369	358	364	367	370	366	365	363	370	378	380	384	380	382	379	386	391	397	391	391
BB		296	324	333	341	335	334	337	342	343	335	342	334	338	333	337	347	350	342	348
HE	353	341	346	355	359	355	350	349	351	348	344	345	337	338	338	342	349	355	343	347
MV		273	313	321	324	327	321	311	315	331	333	332	319	319	322	326	334	343	335	344
NI	352	339	348	352	355	351	348	340	351	360	359	363	358	363	357	366	370	375	369	374
NW	354	340	350	355	358	355	355	349	354	375	375	381	375	380	376	386	389	394	388	392
RP	341	332	335	347	354	350	343	334	335	337	338	333	331	334	336	340	346	350	342	346
SL	356	356	346	330	361	361	366	362	363	327	328	322	321	328	331	331	342	350	340	347
SN		292	319	336	344	336	335	331	338	340	338	342	336	336	336	339	348	357	346	348
ST		312	312	332	335	334	330	332	335	341	342	347	331	331	333	334	347	353	345	347
SH	344	333	339	347	347	345	339	328	333	335	339	341	339	344	337	347	355	362	352	356
TH		299	321	347	352	344	345	339	342	346	342	349	339	342	339	344	349	356	346	350
StSt	323	313	316	321	328	326	329	330	330	332	337	344	337	344	336	351	362	365	357	367

Source up to 1998: Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung

Source from 1999 onwards: HIT, communicated data set

In their annual reports, the *German association of cattle breeders (ADR)* publish data on beef cattle production including details regarding live weight before slaughtering, age at slaughtering and weight gains for a random sample of about 6000 to 7000 animals (ADR, 1993 ff).

The three data sets (calculation, HIT, ADR) are incompatible. Consequently, a method to achieve a data gap closure had to be developed. It is described in the following:

#### Weight before slaughtering

A comparison of the data calculated from official slaughter statistics with those provided by HIT shows that they do not differ much. Baden-Württemberg and Saarland are exceptions, where the number of animals slaughtered differs considerably from the number of animals produced.

#### Weight gains

An almost complete time series of mean weight gains can be obtained from ADR reports (Table 4.37). The weight gains reported there originate from random samples including all races.

Die *Arbeitsgemeinschaft der Rinderzüchter Deutschlands (ADR)* beschreibt in ihren jährlichen Berichten Ergebnisse der Fleischleistungsprüfung mit Angaben zu Lebendgewicht bei Schlachtung, Schlachtag und täglichen Zunahmen für eine Stichprobe von 6000 bis 7000 Tieren (ADR 1993 ff).

Die drei Datensätze (Berechnung, HIT, ADR) sind nicht ineinander überführbar. Folglich musste eine Methode zur Schließung der Datenlücken entwickelt werden. Sie ist im Folgenden beschrieben:

#### Lebendendgewichte

Die aus der Schlachtstatistik berechneten Lebendendgewichte und die HIT-Datensätze weichen nicht wesentlich voneinander ab. Ausnahmen sind Baden-Württemberg und Saarland. Dort weichen die Zahlen der im Land produzierten und der im Land geschlachteten Tiere stark voneinander ab.

#### Gewichtszunahmen

Eine fast vollständige Zeitreihe mittlerer Gewichtszunahmen ist in den ADR-Berichten zu finden (Table 4.37). Die dort beschriebenen Gewichtszunahmen sind an Stichproben über alle Rassen gewonnen.

Table 4.37: Bulls (male beef cattle), mean weight gains  $\Delta w_{bm, ADR}$  (in  $g\ an^{-1}\ d^{-1}$ ) (calculated from ADR data (ADR, 1993 ff))

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Germany			1212	1219	1176	1223	1221	1247	1193	1196	1195	1229	1191	1279	1223	1217	1197	1222	1266	1266

HIT data provide an incomplete time series of weight gains for single districts. The data aggregated for Federal States are shown in Table 4.38.

Unvollständige Zeitreihen für Kreise lassen sich aus HIT-Daten errechnen. Die auf Länder aggregierten Daten sind in Table 4.38 zusammengestellt.

Table 4.38: Bulls (male beef cattle), mean weight gains  $\Delta w_{bm, HIT}$  as calculated from HIT data (in  $g\ an^{-1}\ d^{-1}$ )

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BW										1060	1058	1029	1014	1019	1029	1066	1076	1095	1069	1065	1075
BY										1223	1230	1221	1202	1199	1200	1234	1236	1255	1254	1256	1267
BB										1032	978	990	970	972	985	1005	1030	1032	1012	1032	1045
HE										1025	1023	1002	974	970	981	1019	1035	1051	1009	1018	1042
MV										1039	1027	1041	985	982	1014	1048	1064	1082	1056	1082	1109
NI										1094	1098	1090	1069	1071	1071	1101	1096	1113	1108	1118	1132
NW										1160	1169	1159	1130	1126	1140	1181	1184	1205	1196	1203	1223
RP										1012	1019	969	956	966	986	1020	1037	1059	1016	1023	1052
SL										943	956	924	917	949	960	990	1019	1037	999	1019	1054
SN										1063	1042	1029	1003	1006	1017	1032	1056	1079	1063	1066	1060
ST										1049	1066	1050	998	963	990	999	1046	1068	1028	1025	1041
SH										971	1006	994	981	985	985	1013	1017	1031	1023	1028	1043
TH										1072	1070	1059	1045	1041	1045	1068	1076	1103	1080	1093	1102
StSt										969	1029	1010	994	1021	998	1057	1078	1105	1107	1113	1182
Ger.										1119	1127	1113	1091	1090	1095	1130	1131	1149	1138	1145	1159

Source: HIT, communicated data set

On average, ADR data exceed the means deduced from HIT data by about  $100\ g\ an^{-1}\ d^{-1}$  (cf. Figure 4.4).

Die ADR-Daten sind im Mittel um  $100\ g\ an^{-1}\ d^{-1}$  höher als die aus den HIT-Daten abgeleiteten Mittelwerte (vgl. Figure 4.4).

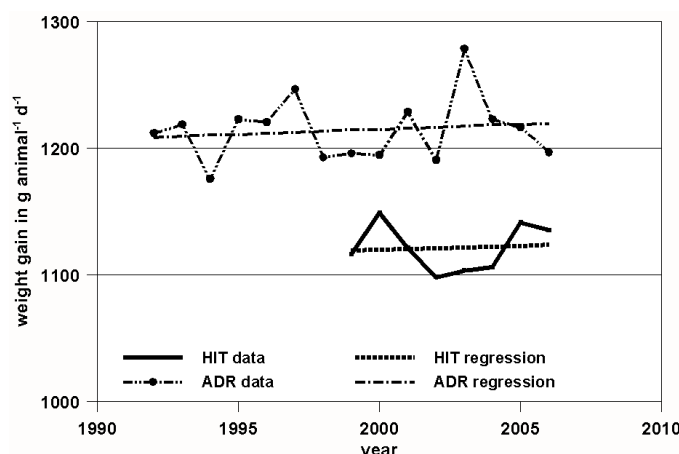


Figure 4.4: Bulls (male beef cattle), comparison of weight gain data (ADR and HIT data sets)

The mean weight gains that are calculated from the official slaughter statistics and the age of slaughtering as reported by HIT, differ only little from the weight gains reported by HIT itself (between  $-20$  and  $+30$   $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ , with a mean of  $+6$   $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ).

For the construction of a consistent and complete time series it is assumed that the mean difference is constant with time.

The mean weight gains assessed for the single Federal States which can be obtained from HIT data, differ from the German mean. The ratios between them and the German mean appear to be constant (Table 4.39). We thus extrapolate the ratio to describe the situation before 1999.

Die mittleren Gewichtszunahmen, die sich aus den Schlachtstatistiken unter Zugrundelegung der HIT-Schlachtzeitpunkte ableiten lassen, weichen von den HIT-Gewichtszunahmen nur wenig ab (zwischen  $-20$  und  $+30$   $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ , im Mittel  $+6$   $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ).

Für die Erstellung einer vollständigen Zeitreihe wird angenommen, dass diese Differenz konstant bleibt.

Die mittleren Gewichtszunahmen in den einzelnen Bundesländern, wie sie sich aus den HIT-Daten ergeben, weichen von den deutschen Mittelwerten ab (Table 4.39). Die Verhältnisse erscheinen weitgehend konstant und werden daher extrapoliert, um die Zeit vor 1999 zu beschreiben.

Table 4.39: Bulls (male beef cattle), mean weight gain before slaughtering as a fraction of national mean weight gains

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	mean
Baden-Württemberg	0.95	0.94	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.94	0.93	0.93	0.94
Bayern	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.09	1.10	1.10	1.09	1.10
Brandenburg	0.92	0.87	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.91	0.90	0.89	0.90	0.90	0.90
Hessen	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89	0.90	0.90	0.92	0.91	0.89	0.89	0.90	0.90
Mecklenburg-Vorpommern	0.93	0.91	0.93	0.90	0.90	0.93	0.93	0.94	0.94	0.93	0.94	0.96	0.93
Niedersachsen	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98	0.98
Nordrhein-Westfalen	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04
Rheinland-Pfalz	0.90	0.90	0.87	0.88	0.89	0.90	0.90	0.92	0.92	0.89	0.89	0.91	0.90
Saarland	0.84	0.85	0.83	0.84	0.87	0.88	0.88	0.90	0.90	0.88	0.89	0.91	0.87
Sachsen	0.95	0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.91	0.93	0.94	0.93	0.93	0.91	0.93
Sachsen-Anhalt	0.94	0.95	0.94	0.91	0.88	0.90	0.88	0.92	0.93	0.90	0.89	0.90	0.91
Schleswig-Holstein	0.87	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Thüringen	0.96	0.95	0.95	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95
Stadtstaaten	0.87	0.91	0.91	0.91	0.94	0.91	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	1.02	0.94

Thus, a complete data set for weight gains of beef bulls with a resolution in space of Federal States can be obtained as follows:

- Aggregated HIT data are used for the years from 1999 on without modification.

Ein vollständiger Datensatz für Gewichtszunahmen bei Bullen mit einer Auflösung auf Bundesländer kann wie folgt erstellt werden:

- Die aggregierten HIT-Daten ab 1999 werden unverändert übernommen.

- For the years before that are covered by the ADR data set the following procedure is applied:
- Für die Jahre davor, für die ADR-Daten vorliegen, gilt:

$$\Delta w_{\text{bm}, i, j} = (\Delta w_{\text{bm}, \text{ADR}, i} - a) \cdot f_j \quad (4.76)$$

where

$\Delta w_{\text{mb}, i, j}$	weight gain of bulls in year $i$ and federal state $j$ (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\Delta w_{\text{mb}, \text{ADR}, i}$	weight gain of bulls in year $i$ as reported by ADR (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$a$	correction term ( $a = 100 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$f_j$	correction factor for federal state $j$ (see context to Table 4.39)

As with heifers, the respective 1991 data were used to fill the data gaps for 1990 and the New Länder.

Wie bei den Färsen werden für die fehlenden Daten im Jahr 1990 bei den Neuen Bundesländern die Daten für 1991 gesetzt.

#### 4.6.2 Energy requirements / Energiebedarf

The initial weight of the inventory subcategory “bulls” (beef) is  $100 \text{ kg an}^{-1}$  (final weight of the subcategory „calves“). The description of energy requirements in KTBL (2008), pp. 560 et seq., refers to beef bulls with an initial weight of  $125 \text{ kg an}^{-1}$ .

Therefore, ME requirements are assessed in two phases. Fattening phase 1 comprises the life span between  $100$  and  $125 \text{ kg an}^{-1}$  with a requirement subtotal  $\Sigma ME_1$ , phase 2 that of animals above  $125 \text{ kg an}^{-1}$  with an ME subtotal  $\Sigma ME_2$ .

Following the weight gains in fattening phase 2 (see Table 4.38), a daily weight gain of  $1000 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$  was assumed, which results in a duration of phase 1 of 25 d. The data provided for calf production (KTBL, 2008, pg. 534) can be extrapolated and mean ME requirements of  $35.4 \text{ MJ an}^{-1} \text{d}^{-1}$  can be deduced. This leads to cumulative ME requirements for phase 1,  $\Sigma ME_1$ , of  $885 \text{ MJ an}^{-1}$ .

For fattening phase 2, Dämmgen et al. (2005) developed a relation to derive the cumulative metabolizable energy  $\Sigma ME_2$  as a function of the final weight of the animals:

Eine Beschreibung des Bedarfs an umsetzbarer Energie ME liegt für Mastbullen erst ab einem Gewicht von  $125 \text{ kg an}^{-1}$  vor (KTBL, 2008, S. 560 ff). In der Inventarkategorie „Mastbullen“ liegt dagegen das Anfangsgewicht bei  $100 \text{ kg an}^{-1}$ , dem Endgewicht der Inventarkategorie „Kälber“.

Daher gliedert sich die Berechnung des ME-Bedarfs in zwei Phasen: Mastphase 1 (Lebensabschnitt von  $100$  bis  $125 \text{ kg an}^{-1}$  Tiergewicht) mit einem Gesamt-ME-Bedarf  $\Sigma ME_1$  und Mastphase 2 mit Tiergewichten ab  $125 \text{ kg an}^{-1}$  und einem Gesamt-ME-Bedarf  $\Sigma ME_2$ .

In Anlehnung an die Gewichtszunahmen in Mastphase 2 (siehe Table 4.38) wird für Mastphase 1 ein täglicher Gewichtszuwachs von  $1000 \text{ g}$  angesetzt. Dies impliziert für Mastphase 1 eine Dauer von 25 Tagen. Anhand von Daten zur Kälberaufzucht (KTBL, 2008, S. 534) lässt sich für diese Phase ein mittlerer täglicher ME-Bedarf von  $35,4 \text{ MJ an}^{-1} \text{d}^{-1}$  ableiten. Der kumulative ME-Bedarf  $\Sigma ME_1$  ergibt sich daraus zu  $885 \text{ MJ an}^{-1}$ .

Für Mastphase 2 entwickelten Dämmgen et al. (2005) eine Formel zur Berechnung der kumulativen metabolisierbaren Energie  $\Sigma ME_2$  in Abhängigkeit vom Endgewicht:

$$\Sigma ME_2 = a \cdot w_{\text{fin}} - (b \cdot w_{\text{fin}} - c) \cdot \ln \left( \frac{\Delta w_{\text{mb}}}{\Delta w_{\text{unit}, g}} \right) - d \quad (4.77)$$

where

$\Sigma ME$	cumulative metabolisable energy for fattening period 2 (in $\text{MJ an}^{-1}$ )
$a$	constant ( $a = 444.6 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$w_{\text{fin}}$	final live weight (in $\text{kg an}^{-1}$ ), see Chapter 4.6.1.2
$b$	constant ( $b = 48.936 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$c$	constant ( $c = 9020 \text{ MJ an}^{-1}$ )
$\Delta w_{\text{mb}}$	mean live weight gain per day (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), see Chapter 4.6.1.2
$\Delta w_{\text{unit}, g}$	unit weight gain ( $\Delta w_{\text{unit}, g} = 1 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$d$	constant ( $d = 91765 \text{ MJ an}^{-1}$ )

#### 4.6.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The overall ME requirements for fattening phase 2 as calculated according to Chapter 4.6.2 are covered by concentrates and roughage. The relative share of concentrates is described with the following relation, using a regression approach and the two variants of maize silage /concentrates provided in KTBL (2008), pg. 562 ( $R^2 = 0.9998$ ).

$$x_{F, ME, conc} = a - b \cdot w_{fin}$$

( 4.78)

where

$x_{F, ME, conc}$	share of total feed ME contributed by concentrates (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$a$	constant ( $a = 0.353 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )
$b$	constant ( $b = 7.798 \cdot 10^{-5} \text{ MJ MJ}^{-1} \text{ an kg}^{-1}$ )
$w_{fin}$	final live weight (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.6.1.2

Beef bulls are rarely grazed. However this topic has to be taken into account according to the results of the 2010 agricultural census (LZ2010). The calculation of ME requirements assumes that the ME input with roughage is proportional to the share of time during which the animals are grazed. ME is then taken in with pasture grass, whereas maize silage is the ME source for the remaining time.

These assumptions combined with the knowledge of ME and N contents of all diet constituents (including concentrates) allow for a quantification of the dry matter and nitrogen intake (see Chapter 4.5.3 for a detailed description of the general approach).

The properties of the diet constituents are listed in Table 4.40.

Der für Mastphase 2 nach Kapitel 4.6.2 berechnete Gesamtbedarf an ME wird durch Rindermastfutter sowie Raufutter gedeckt. Der relative Beitrag des Kraftfutters wird mit der nachstehenden Formel beschrieben, die mittels Regression aus Angaben in KTBL (2008), S. 562, zu zwei verschiedenen Rindermastfutter/Maissilage-Varianten abgeleitet wurde ( $R^2 = 0,9998$ ).

Weidegang von Mastbullen ist selten, muss aber nach den Ergebnissen der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) berücksichtigt werden. Dies erfolgt bei der ME-Bedarfsberechnung, indem der mit Raufutter aufzunehmende ME-Betrag proportional zur Weidedauer durch Weidegras gedeckt wird, während der Rest des Raufutter-ME aus Maissilage aufgenommen wird.

Damit sowie mit dem ME-Gehalt und dem N-Gehalt von Maissilage und Rindermastfutter lassen sich die mit dem Futter aufgenommenen Mengen von Trockenmasse und Stickstoff berechnen. (Zur prinzipiellen Vorgehensweise siehe Kapitel 4.5.3).

Die im Inventar verwendeten Futterkennwerte sind Table 4.40 zu entnehmen.

Table 4.40: Bulls (male beef cattle), diet characteristics used in the inventory

( $\eta_{ME}$ : content of metabolizable energy, related to dry matter;  $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolizability of energy;  $x_{XP}$ : raw protein content of feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

	$\eta_{ME}$ MJ (kg DM) <sup>-1</sup>	$X_{DE}$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$x_{XP}$ kg (kg DM) <sup>-1</sup>	$X_{DOM}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash, feed}$ kg kg <sup>-1</sup>
grass (pasture)	10.0 <sup>a</sup>	0.689 <sup>a</sup>	0.558 <sup>a</sup>	0.180 <sup>a</sup>	0.72 <sup>a</sup>	0.125 <sup>a</sup>
maize silage	10.2 <sup>a</sup>	0.693 <sup>a</sup>	0.571 <sup>a</sup>	0.080 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	0.082 <sup>a</sup>
concentrates	12.3 <sup>b</sup>	0.778 <sup>c</sup>	0.645 <sup>c</sup>	0.250 <sup>b</sup>	0.80 <sup>c</sup>	0.055 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Source: Table 4.16

<sup>b</sup> Source: derived from "Rindermastfutter" in DLG (2005), pg. 13.

<sup>c</sup> Source: based on Beyer et al. (2004) with (in dry matter) 30 % barley (Beyer No. 6135), 30 % wheat (Beyer No. 6113) and 40 % rape groats (Beyer No. 7431), percentages obtained by optimizing the feed composition to obtain the ME content of 12.3 MJ kg<sup>-1</sup> in dry matter as well as the XP content in dry matter of 0.25 kg kg<sup>-1</sup> as implied by the data for "Rindermastfutter" in DLG (2005), pg. 13.

The information concerning pasture grass and maize silage equals those provided in Table 4.16

Die Angaben für Weidegras und Maissilage in Table 4.40 entsprechen den Daten in Table 4.16. Diese Daten

This data differs from the one used in previous submissions. They now guarantee an adequate supply with crude protein of beef bulls.

The data for raw protein contents are converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(1996)-10.58).

An equation for fattening phase 1 similar to the one provided for phase 2 (Equation (4.78)) does not exist. Hence Equation (4.78) is also used to describe fattening phase 1, which appears to be justified as the same diets are fed as in phase 2. Moreover, fattening phase 1 is short in comparison to fattening phase 2, hence the amounts of ME fed are relatively small.

The GE intake during the entire fattening period is calculated in analogy to the procedure described for heifers (see Chapter 4.5.3).

The mean feed digestibility is obtained by averaging the digestibilities of the various feed components (see Table 4.31) weighted with the respective intakes of these feed components.

unterscheiden sich von den bis einschließlich Submission 2011 verwendeten Daten. Die Aktualisierung stellt die XP-Versorgung der Mastbullen sicher.

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6.25 in N-Gehalte umgerechnet werden (IPCC(1996)-10.58).

In Ermangelung einer ähnlichen Formel wie Gl. (4.78) für Mastphase 2 wird Gl. (4.78) auch für die Mastphase 1 verwendet, für die angenommen wird, dass die gleichen Futterbestandteile wie in Mastphase verfüttert werden. Diese Annahmen erscheinen angesichts der Kürze von Mastphase 1 im Vergleich zu Mastphase 2 und dem entsprechend geringen ME-Beitrag als akzeptable Näherung.

Die Berechnung der über die gesamte Mastdauer gemittelten täglichen GE-Aufnahme erfolgt analog zur Vorgehensweise bei den Färsen, siehe Kapitel 4.5.3.

Die mittlere Verdaulichkeit des Futters ergibt sich aus der mit den einzelnen Futtermengen gewichteten Mittelung der Verdaulichkeiten der einzelnen Futterkomponenten, die in Table 4.31 aufgeführt sind.

#### 4.6.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.6.3) and the methane conversion factor  $x_{CH_4, GE}$  as input.

The methane conversion rate was used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{CH_4, bf} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) ( $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.6.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wurde IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit  $0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$  höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert ( $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.6.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.2.3.3.3.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 4.40. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is  $0.75 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content (related to dry matter) for 2010 amounts to  $0.076 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.40. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0,75 \text{ kg kg}^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0,076 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 3.3.4.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme ( $MCF$ ) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.6.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.6.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as difference between the amounts of N taken in and N retained.

The N intake rate is assessed from the dry matter intake rate of the various diet constituents and their specific N contents (see Chapter 4.5.3).

The amount of N retained is calculated assuming an N content of the animal body of  $0.0272 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (LfL, 2006a, Table 8).

The overall N excretion rates entering storage are obtained from the overall N excretion rates reduced by a share dropped during grazing that is proportional to the duration of grazing (see Chapter 11.2).

The TAN content is calculated and is variable.

Die N-Ausscheidungen werden aus der Bilanz aus aufgenommenem und retiniertem N berechnet.

Die N-Aufnahme ergibt sich aus der Trockenmasseaufnahme der einzelnen Rationskomponenten und deren spezifischen N-Gehalte (siehe Kapitel 4.5.3).

Der retinierten N-Menge liegt ein N-Gehalt des Tierkörpers von  $0,0272 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  zugrunde (LfL, 2006a, Tabelle 8).

Von der Gesamt-N-Ausscheidung wird ein zur Weidedauer proportionaler Anteil subtrahiert und der Berechnung der Emissionen aus Weidegang zugrundegelegt (siehe Kapitel 11.2).

Der TAN-Gehalt wird berechnet und ist variabel.

##### 4.6.6.2 Partial emission factors "housing and grazing" / Partielle Emissionsfaktoren "Stall und Weide"

The TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.18).

The  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for grazing is  $0.06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , related to TAN excreted ((EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

$\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.2. For further details see Chapters 3.2.4.6.3 and 4.3.7.6.1.

Es werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.18).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor  $0,06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  werden nach Kapitel 11.2 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.2.4.6.3 und 4.3.7.6.1.

##### 4.6.6.3 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 4.41. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit Stroh berücksichtigt. Diese N-Mengen sind in Table 4.41 angegeben. Zu Stroeigenschaften siehe Kapitel 3.2.4.4.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu



## TAN mineralisieren

Table 4.41: Bulls (male beef cattle), N inputs with straw in German bull houses

Animal house type		straw input kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
tied systems		2.0 <sup>a</sup>	1.7	8.6·10 <sup>-3</sup>	4.3·10 <sup>-3</sup>
loose housing	deep litter	5.0 <sup>b</sup>	4.3	21.5·10 <sup>-3</sup>	10.8·10 <sup>-3</sup>
loose housing	sloped floor	2.5 <sup>c</sup>	2.2	10.8·10 <sup>-3</sup>	5.4·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Assumption: same value as for heifers, tied systems (cf. Table 4.32)  
<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 373  
<sup>c</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 365

### 4.6.6.4 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.2.4.5 behandelt.

### 4.6.6.5 Partial emission factors "storage" and "spreading" / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

For the emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

Zu den Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

The emission factors of NH<sub>3</sub> are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

### 4.6.6.6 Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for NH<sub>3</sub> is also valid for bulls. As for dairy cattle, N<sub>2</sub>O and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Auch für Bullen gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für NH<sub>3</sub> die Größenordnung von 30 % hat. Für N<sub>2</sub>O und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

### 4.6.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

The emission factors (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) are listed in Table 4.42. For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

Die Emissionsfaktoren (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) sind in Table 4.42 zusammengestellt. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 4.6.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmistsysteme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.6.5 entnommen.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.42: Bulls (male beef cattle), emission factors EF<sub>PM</sub> for particle emissions from housing (first estimates)

Animal category	housing type	emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
bulls	slurry	0.32	0.21
	solid	0.24	0.16

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 4.6.8 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 4.43: Bulls (male beef), related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.04	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.04	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.04	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.43	EM1009.45
		NO	EM1009.136	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.04	
		PM <sub>2,5</sub>	EM1010.28	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.04	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.04	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.04	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.04	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.40	IEF1009.42
		NO	IEF1009.102	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.04	
		PM <sub>2,5</sub>	IEF1010.26	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.67	AI1005CAT.87
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.10	EXCR.12

#### 4.7 Suckler cows / Mutterkühe

Suckler cow herds serve the production of saleable calves. The cows are kept in the house or grazing all year round.

The marginal importance of suckler cows with respect to their share in emissions in the subcategory „Other cattle“ justifies a comparatively simple treatment.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.44.

Mutterkuh-Herden dienen der Produktion von absetzbaren Kälbern. Mutterkühe werden im Stall als auch ganzjährig auf der Weide gehalten.

Der geringe Anteil der Emissionen aus der Mutterkuh-Haltung an den Gesamtemissionen aus der Kategorie „übrige Rinder“ rechtfertigt eine vergleichsweise einfache Behandlung.

Die Emissionen werden nach den in Table 4.44 zusammengestellten Verfahren berechnet.

Table 4.44: Suckler cows, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

##### 4.7.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.7.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers as provided by the statistical offices of the federal states (StatLA C III 1 – vj 4, cf. Table 4.1) can be used directly.

Die von den von den Statistischen Landesämtern (StatLA C III 1 – vj 4) bereitgestellten Tierzahlen  $n_K$  (s. Table 4.1) können unverändert für das Inventar übernommen werden.

$$n_{sc} = n_K \quad (4.79)$$

where

$n_{sc}$  number of suckler cows considered  
 $n_K$  animal numbers of type K in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 13.6 and 13.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit Standardfehler lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 13.6 und 13.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

###### 4.7.1.2 Animal weight / Tiergewicht

KTBL (2008), pg. 584, states that suckler cow live weights range between 600 and 800 kg an<sup>-1</sup>, depending on the race. However, the lighter races are more frequent

Nach KTBL (2008), S. 584, liegt das Gewicht einer Mutterkuh je nach Rasse zwischen 600 und 800 kg an<sup>-1</sup>, wobei die leichteren Rassen bevorzugt werden. Das

than the heavier ones. The inventory assumes a mean live weight of suckler cows of  $650 \text{ kg a}^{-1}$ .

Inventar geht von einem mittleren Mutterkuhgewicht von  $650 \text{ kg a}^{-1}$  aus.

#### 4.7.2 Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme

The inventory calculations for the category “suckler cows” require the knowledge of the metabolizable energy requirements of a suckler cow without consideration of the calf’s requirements (for the calf see Chapter 4.4.2). Hence, according to KTBL (2006b), S. 485, the annual requirements of a suckler cow (milk yield  $10 \text{ l d}^{-1}$ ) are taken to be approx.  $36000 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ ME}$ .

According to KTBL (2006b), S. 485,  $1620 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1}$  of the overall annual metabolisable energy requirements  $ME$  are taken in with concentrates. The rest is composed of equal shares of grass (pasture) and grass silage. For  $ME$  contents, digestibilities and metabolizabilities of the various feed components see Table 4.31 in Chapter 4.5.3. (For concentrates see concentrates for animal weights above  $125 \text{ kg a}^{-1}$ )

The daily intake of feed and gross energy is calculated by analogy to the procedure described for heifers, see Chapter 4.5.3.

As a result, one obtains a mean digestibility of the diet of  $0.68 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , a mean metabolisability of  $0.54 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , and a mean  $GE$  content of  $18.2 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

Für die Inventarberechnungen in der Kategorie „Mutterkühe“ wird der metabolisierbare Energiebedarf der Mutterkuh allein benötigt, also ohne den Bedarf des Kalbes (der in Kapitel 4.4.2 gesondert betrachtet wird). Daher wird nach KTBL (2006b), S. 485, der jährliche Bedarf einer Mutterkuh mit (gerundet)  $36000 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ ME}$  angesetzt.

Es wird davon ausgegangen, dass  $1620 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1}$  der metabolisierbaren jährlichen Gesamtenergie  $ME$  auf Kraftfutter entfallen (KTBL, 2006b, S. 485), der Rest zu gleichen Teilen auf Weidegras und Grassilage. Zu  $ME$ -Gehalt, Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit der verschiedenen Anteile der Futterration siehe Table 4.31 in Kapitel 4.5.3. (Es kommt das Kraftfutter für Tiergewichte oberhalb von  $125 \text{ kg a}^{-1}$  zum Einsatz.)

Die Berechnung der täglichen Futter- und damit Gesamtenergie-Aufnahme erfolgt analog zur Vorgehensweise bei den Färsen, siehe Kapitel 4.5.3.

Als Ergebnis erhält man eine mittlere Verdaulichkeit des Futters von  $0,68 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , eine mittlere Umsetzbarkeit von  $0,54 \text{ MJ MJ}^{-1}$  sowie einen mittleren  $GE$ -Gehalt von  $18,2 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

#### 4.7.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.7.2) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate was used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) ( $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.7.2) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wurde IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit  $0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$  höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert ( $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.7.4 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.2.3.3.3.

The amounts of “volatile solids” (VS) excreted are calculated according to IPCC (see Chapter 3.2.3.2). The improved calculation procedures for VS excretion rates as described in Dämmgen et al. (2011a) cannot be used as the necessary input data are not available

Die  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Die Menge der ausgeschiedenen „volatile solids“ (VS) wird nach dem IPCC-Ansatz berechnet (s. Kapitel 3.2.3.2). Eine Verbesserung der VS-Ausscheidungsrechnung nach Dämmgen et al. (2011a) ist nicht möglich, da die erforderlichen Eingangsdaten nicht verfügbar sind.

For the diet-related input data needed for the IPCC approach see Chapter 4.7.2. In accordance with IPCC(2006)-10.42, the ash content is assumed to be 0.08 kg kg<sup>-1</sup>.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.3.4.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Die für den IPCC-Ansatz benötigten futterbezogenen Daten sind in Kapitel 4.7.2 angegeben. Für den Aschegehalt wird nach IPCC(2006)-10.42 0,08 kg kg<sup>-1</sup> angenommen.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.7.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

##### 4.7.5.1 N excretion / N-Ausscheidung

As the daily milk yield averaged over all suckler cows is unknown, it is not possible to establish a N balance which would be the basis for the calculation of nitrogen excretions. Hence, in accordance with KTBL (2006b), pg. 490, the annual nitrogen excretion is assumed to amount to 82 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N, 60 % of which is assumed to be TAN (according to Webb, 2001).

Die tägliche Milchleistung im Mittel über alle Mutterkühe ist nicht bekannt. Daher kann keine N-Bilanz erstellt werden, womit die Grundlage für die Berechnung der N-Ausscheidungen fehlt. Daher wird nach KTBL (2006b), S. 490, eine jährlich N-Ausscheidung von 82 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N angenommen. Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird mit 60 % angesetzt (Webb, 2001).

##### 4.7.5.2 N input with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 4.45. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit Stroh berücksichtigt. Diese N-Mengen sind in Table 4.45 angegeben. Zu Stroeigenschaften siehe Kapitel 3.2.4.4.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 4.45: Suckler cows, N inputs with straw in German suckler cow houses

Animal house type		straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
tied systems	all systems	5.0 <sup>a</sup>	4.3	21.5·10 <sup>-3</sup>	10.8·10 <sup>-3</sup>
loose housing	all systems	8.0 <sup>b</sup>	6.9	34.4·10 <sup>-3</sup>	17.2·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 221

<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 385

##### 4.7.5.3 Partial emission factors "housing and grazing" / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“

For housing, the TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.18).

The NH<sub>3</sub>-N emission factor for grazing is 0.06 kg kg<sup>-1</sup> N, related to TAN excreted ((EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Für den Stall werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.18).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor 0,06 kg kg<sup>-1</sup> N (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

4.7.5.4 *Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung*

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $N_{org}$  are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und –raten werden in Kapitel 3.2.4.5 behandelt.

4.7.5.5 *Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“*

For the emission factors for  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO and  $N_2$  from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

The emission factors of  $NH_3$  are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Für die Emissionsfaktoren für  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO und  $N_2$  aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

Die Emissionsfaktoren von  $NH_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

4.7.5.6 *Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for  $NH_3$  is also valid for suckler cows.

As for dairy cattle,  $N_2O$  and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Auch für Mutterkühe gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für  $NH_3$  die Größenordnung von 30 % hat.

Für  $N_2O$  und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

4.7.6 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) are listed in Table 4.46. For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

For the frequency distributions of slurry and solid manure systems see Chapter 3.3.2.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Die Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird in Kapitel 3.2.5 beschrieben.

Die Emissionsfaktoren (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) sind in Table 4.46 zusammengestellt. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Zu den Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmistsysteme siehe Kapitel 3.3.2

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.46: Suckler cows, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for $PM_{10}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$	Emission factor for $PM_{2.5}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$
suckler cows	slurry	0.32	0.21
	solid	0.24	0.16

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

**4.7.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen**

Table 4.47: Suckler cows, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.05	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.05	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.05	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.46	EM1009.48
		NO	EM1009.137	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.05	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.29	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.05	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.05	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.05	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.05	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.43	IEF1009.45
		NO	IEF1009.103	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.05	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.27	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.88	AI1005CAT.107
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.13	EXCR.15

#### 4.8 Stud bulls (mature males) / Zuchtbullen

All male cattle above 2 years are considered to be used for reproduction.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.48.

As the contribution of stud bulls (mature males) to the overall emissions is very small, a comparatively simple treatment seems justified.

Als Zuchtbullen werden alle männlichen Rinder angesehen, die älter als 2 Jahre sind.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.48 zusammengestellten Verfahren.

Die relative Einfachheit der Beschreibung wird durch den geringen Beitrag der Zuchtbullen zur Gesamtemission gerechtfertigt.

Table 4.48: Bulls (mature males), calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time	
				activities	EF	EF	EF
CH <sub>4</sub>	Enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national		1 a
CH <sub>4</sub>	Manure management	2	IPCC / national	district	district		1 a
NH <sub>3</sub>	Manure management	2	EMEP / national	district	district		1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	Manure management	2	IPCC / national	district	district		1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	Animal house	1	EMEP	district	national		1 a

##### 4.8.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.8.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4), see  $n_G$  in Table 4.1. They can be used directly.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4), s.  $n_G$  in Table 4.1. Sie werden unverändert übernommen.

$$n_{mm} = n_G \quad (4.80)$$

where

$n_{mm}$  number of bulls (mature males) considered  
 $n_G$  animal numbers of type G in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 13.6 and 13.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit Standardfehler lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 13.6 und 13.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

###### 4.8.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The weight of a stud bull is assumed to be 1000 kg  $\text{a}^{-1}$  (KTBL, 2004, pg. 350).

Das Gewicht eines Zuchtbullen wird mit konstant 1000 kg  $\text{a}^{-1}$  angesetzt (KTBL, 2004, S. 350).



#### 4.8.2 Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme

The weight gain of a stud bull is considered negligible. Thus, only the energy requirements for maintenance have to be taken into account, which according to Kirchgessner et al. (2008), pg. 460, are  $110 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ME for the animal weight of  $1000 \text{ kg an}^{-1}$ .

For the inventory calculations data on digestibility and metabolizability of the feed is needed:

For the metabolizability no default IPCC value is given. However, Kirchgessner et al. (2008), pg. 461, present two examples of feed compositions which mostly consist of grass and maize silage (examples No. I and No. II). Using typical feed component properties (see e. g. Table 4.31), an order of magnitude of 55 % can be estimated for the metabolizability. This value is used in the inventory.

The digestibility of the feed is taken to be 60 % according to IPCC (1996)-3-4.33 und IPCC (2006)-10.73.

Then, assuming a feed intake according to the requirements, the ME requirements given in Chapter 4.8.2 lead to a daily gross energy intake of  $GE_{\text{mm}} = 200 \text{ MJ an}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

As a default N excretion rate is used (see Chapter 4.8.5.1), there is no need to calculate feed intake.

Das Wachstum eines Zuchtbullen wird als vernachlässigbar angesehen, womit lediglich der Energiebedarf für Erhaltung von Bedeutung ist, der nach Kirchgessner et al. (2008), S. 460, für ein Tiergewicht von  $1000 \text{ kg an}^{-1}$  mit  $110 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ME angesetzt wird.

Für die Inventarberechnungen werden die Verdaulichkeit und die Umsetzbarkeit des Futters benötigt:

Für die Umsetzbarkeit existiert kein IPCC-Standardwert. Die von Gras- und Maisilage dominierten Rationsbeispiele I und II in Kirchgessner et al. (2008), S. 461, lassen unter Berücksichtigung von typischen Futterkennwerten (siehe u. a. Table 4.31) auf eine Umsetzbarkeit in der Größenordnung von 55 % schließen. Mit diesem Wert wird im Inventar gerechnet.

Die Verdaulichkeit des Futters wird nach IPCC (1996)-3-4.33 und IPCC (2006)-10.73 mit 60 % angesetzt.

Damit folgt aus dem täglichen ME-Bedarf nach Kapitel 4.8.2 bei der vorausgesetzten bedarfsgerechter Fütterung eine tägliche Gesamtenergie-Aufnahme von  $GE_{\text{mm}} = 200 \text{ MJ an}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Da mit einem Standardwert für die N-Ausscheidung gerechnet wird (s. Kapitel 4.8.5.1), erübrigt sich die Berechnung der aufgenommen Futtermenge.

#### 4.8.3 Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. It requires gross energy intake (see Chapter 4.8.2) and methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$ .

The methane conversion rate is used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) ( $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.8.2) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wird IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit  $0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$  höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert ( $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.8.4 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, see Chapter 3.2.3.3.3.

The amounts of "volatile solids" (VS) excreted are calculated according to IPCC (see Chapter 3.2.3.2). The improved calculation procedures for VS excretion rates as described in Dämmgen et al. (2011a) cannot be used as the necessary input data are not available.

In accordance with IPCC(2006)-10.42 the inventory assumes an ash content of  $0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ . For the treatment of digestibility see Chapter 4.8.2.

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, siehe Kapitel 3.2.3.3.3.

Die Berechnung der VS-Ausscheidung erfolgt weiterhin nach dem IPCC-Schema (siehe Kapitel 3.2.3.2), da die für die Anwendung des aktualisierten Verfahrens von Dämmgen et al. (2011a) erforderlichen Daten nicht zur Verfügung stehen..

Nach IPCC(2006)-10.42 wird für den Aschegehalt  $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$  angenommen. Zur Verdaulichkeit siehe Kapitel 4.8.2.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 3.3.4.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme ( $MCF$ ) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.8.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.8.5.1 N excretion and N input with straw / N-Ausscheidung und –Eintrag mit Stroh

In accordance with KTBL (2006b), pg. 412, the nitrogen excretion is assumed to amount to  $84 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ , 60 % of which is assumed to be TAN (according to Webb, 2001).

N inputs with bedding material (straw) are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  or  $21.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  ( $10.8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

Mit KTBL (2006b), S. 412, wurden N-Ausscheidungen von  $84 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  angenommen. Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird mit 60 % angesetzt (Webb, 2001).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.2.4.4. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu wird mit  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh angesetzt bzw.  $21,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  (entsprechend  $10,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ ).

##### 4.8.5.2 Partial emission factors “housing” and “grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ und „Weide“

By analogy to dairy cow husbandry (housing: tied systems), the partial emission factors for housing as given in Table 4.49 are applied.

Typically, bulls (mature males) do not graze.

In Anlehnung an die Milchkuh-Haltung (Stall: Anbindehaltung) werden die in Table 4.49 angegebenen partiellen Emissionsfaktoren für den Stall angesetzt.

Weidegang ist nicht vorgesehen.

Table 4.49: Bulls (mature males), partial  $\text{NH}_3$  emission factors used for housing

				$EF$ (in $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$ )	related to
housing	$\text{NH}_3$	slurry based	tied systems	0.066	TAN
	$\text{NH}_3$	straw based	tied systems	0.066	TAN

#### 4.8.5.3 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $N_{org}$  are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

#### 4.8.5.4 Partial emission factors for "storage" and "spreading" / Partielle Emissionsfaktoren für „Lager“ und „Ausbringung“

For the emission factors for  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO and  $N_2$  from storage see Table 4.3 and Table 4.4.

Für die Emissionsfaktoren für  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO und  $N_2$  aus dem Lager siehe Table 4.3 und Table 4.4.

The emission factors of  $NH_3$  are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Die Emissionsfaktoren von  $NH_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

#### 4.8.5.5 Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren

According to EMEP (2007)-B1090-19, an uncertainty of 30 % for  $NH_3$  is also valid for bulls.

Auch für Bullen gilt nach EMEP (2007)-B1090-19 eine  $NH_3$ -Unsicherheit von 30 % hat.

As for dairy cattle,  $N_2O$  and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Für  $N_2O$  und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

#### 4.8.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

The emission factors (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) are listed in Table 4.50. For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

Die Emissionsfaktoren (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10) sind in Table 4.50 zusammengestellt. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 4.8.4.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.8.4 entnommen

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.50: Bulls (mature males), emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing (first estimates)

Animal category	Housing type	Emission factor for $PM_{10}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$	Emission factor for $PM_{2.5}$ $Kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$
bulls (mature males)	slurry	0.32	0.21
	solid	0.24	0.16

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

**4.8.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD  
zusammengestellten Informationen**

Table 4.51: Bulls (mature males), related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.06	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.06	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.06	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.49	EM1009.51
		NO	EM1009.138	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.06	
		PM <sub>2,5</sub>	EM1010.30	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.06	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.06	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.06	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.06	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.46	IEF1009.48
		NO	IEF1009.104	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.06	
		PM <sub>2,5</sub>	IEF1010.28	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.108	AI1005CAT.127
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.16	EXCR.18

#### 4.9 Aggregated data for cattle except dairy cows (other cattle) / Zusammenfassung: Rinder ohne Milchkühe (übrige Rinder)

“Other cattle” are a key source of methane from enteric fermentation (with respect to both level and trend), a key source of methane from manure management (amount) and a key source of ammonia (level). Thus, a detailed description is asked for.

In the following subchapters, the data for the animal categories Calves (Chapter 4.4), heifers (Chapter 4.5), bulls (male beef) (Chapter 4.6), suckler cows (Chapter 4.7) and stud bulls (mature males) (Chapter 4.8) are summarised as “other cattle” for reporting purposes. However, guidance documents do not provide explicit methods to derive mean properties. That is why the equations used are added in each case.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.52.

Rinder ohne Milchkühe („übrige Rinder“) sind eine Hauptquellgruppe für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung (bzgl. Niveau und Trend), für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Niveau), für NH<sub>3</sub> (Niveau). Eine detaillierte Beschreibung ist deshalb geboten.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Daten der Tierkategorien Kälber (Kapitel 4.4), Färsen (Kapitel 4.5), Mastbullen (Kapitel 4.6), Mutterkühe (Kapitel 4.7) und Zuchtbullen (Kapitel 4.8) für die Berichterstattung als „übrige Rinder“ zusammengefasst. Da die Regelwerke keine expliziten Verfahren für die Berechnung mittlerer Eigenschaften aufweisen, werden die jeweils benutzten Gleichungen aufgeführt.

Die Emissionen werden nach den in Table 4.52 zusammengestellten Verfahren berechnet.

Table 4.52: Other cattle, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2/3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

#### 4.9.1 Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten

##### 4.9.1.1 Cumulative animal numbers / Tierzahl-Summen

In some subcategories animal numbers differ from those of the official statistics. The overall number of other cattle is given by

Die Tierzahlen der Unterkategorien weichen teilweise von denen der amtlichen Statistik ab. Ihre Summe ist gegeben durch

$$\begin{aligned}
 n_{oc} &= n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm} \\
 &= n_A + n_B + n_C + n_D + n_E + n_F + n_G + n_H + n_I + n_J + n_K + n_L
 \end{aligned}
 \quad (4.81)$$

where

$n_{oc}$	number of other cattle places (in pl)
$n_{ca}$	number of calf places, as described in Chapter 4.4.1.1 (in pl)
$n_{bf}$	number of heifer places, as described in Chapter 4.5.1.1 (in pl)
$n_{bm}$	number of bull places (male beef cattle), as described in Chapter 4.6.1.1 (in pl)
$n_{sc}$	number of suckler cow places, as described in Chapter 4.7.1.1 (in pl)
$n_{mm}$	number of bull places (mature males), as described in Chapter 4.8.1.1 (in pl)
$n_A, \text{ etc}$	number of cattle places subcategory A, etc., as described in Table 4.1 (in pl)

This is equivalent to calculating the overall number of other cattle from the number of all cattle by subtracting the number of dairy cattle.

Dies entspricht der Summe aller Rinder abzüglich der Anzahl der Milchkühe.

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (stan-

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit Standardfeh-

dard error) was in the order of 5 %. Meanwhile all cattle are registered in the HIT data base. This means the uncertainty of cattle numbers is almost zero.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 13.6 and 13.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

ler) lag in der Größenordnung von 5 %. Durch die zwischenzeitlich eingeführte Erfassung aller Rinder in der HIT-Datenbank tendiert der Fehler in den Rinder-Tierzahlen gegen Null.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 13.6 und 13.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.9.1.2 Calculation of mean animal weights / Berechnung mittlerer Tiergewichte

The mean animal weights of “other cattle“ are the weighted means of the mean weights of calves, heifers, female and male beef cattle, suckler cows and stud bulls. The mean weights of calves (69 kg an<sup>-1</sup>), stud bulls (1000 kg an<sup>-1</sup>) and suckler cows (650 kg an<sup>-1</sup>) are constant, whereas the mean weight of beef cattle is the arithmetic mean of the final weight of calves (100 kg an<sup>-1</sup>) and the respective slaughter weight.

Instead of census data, animal numbers as calculated in this inventory are used to derive the weighted means.

Die mittleren Gewichte der übrigen Rinder sind die gewichteten Mittel der Gewichte von Kälbern, Färsen, Mastbullen, Mutterkühen und Zuchtbullen. Die mittleren Gewichte von Kälbern (68 kg an<sup>-1</sup>), Zuchtbullen (1000 kg an<sup>-1</sup>) und Mutterkühen (650 kg an<sup>-1</sup>) werden als konstant angesehen. Bei Färsen und Mastbullen wird das arithmetische Mittel zwischen Endgewicht der Kälber (100 kg an<sup>-1</sup>) und Schlachtgewicht angesetzt.

Es werden nicht die Tierzahlen der Tierzählung, sondern die in diesem Inventar berechneten Tierzahlen verwendet.

$$w_{oc} = \frac{n_{ca} \cdot \frac{w_{start,ca} + w_{fin,ca}}{2} + n_{bf} \cdot \frac{w_{fin,ca} + w_{fin,bf}}{2} + n_{bm} \cdot \frac{w_{fin,ca} + w_{fin,bm}}{2} + n_{sc} \cdot w_{sc} + n_{mm} \cdot w_{mm}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.82)$$

where

$w_{oc}$	mean animal weight in category other cattle (in kg an <sup>-1</sup> )
$n_{ca}$ , etc.	number of calf places, etc. (in pl)
$w_{start,ca}$ , etc.	weight at the beginning of the lifespan of a calf, etc. (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{fin,ca}$ , etc.	weight at the end of the lifespan of a calf, etc. (in kg an <sup>-1</sup> )

#### 4.9.1.3 Calculation of mean pregnancy rates / Berechnung mittlerer Trächtigkeitsraten

The calculation of mean pregnancy data considers adult female animals only. It was assumed that 30 % of the heifers younger than 2 a are pregnant, 100 % of all heifers older than 2 a and 90 % of the suckler cows (expert judgement Henning, FAL-TZ/FLI-Nutztiergenetik).

City States were not considered for the calculation of the mean.

Die Berechnung der mittleren Trächtigkeit berücksichtigt nur erwachsene weibliche Tiere. Es wurde angenommen, dass 30 % der Färsen unter 2 a trächtig sind, alle Färsen älter als 2 a sowie 90 % der Mutterkühe (Expertenurteil Henning, FAL-TZ/FLI-Nutztiergenetik).

Die Stadtstaaten wurden bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.

#### 4.9.1.4 Calculation of mean digestibilities / Berechnung mittlerer Verdaulichkeiten

Mean digestibilities are the weighted means of the subcategories calculated as follows:

Die mittleren Verdaulichkeiten werden wie folgt als gewichtete Mittel berechnet:

$$X_{DE,oc} = \frac{n_{ca} \cdot X_{DE,ca} + n_{bf} \cdot X_{DE,bf} + n_{bm} \cdot X_{DE,bm} + n_{sc} \cdot X_{DE,sc} + n_{mm} \cdot X_{DE,mm}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.83)$$

where

$X_{DE,oc}$	mean digestibility of feed for other cattle (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$n_{ca}$ , etc.	number of calf places, etc. (in pl)
$X_{DE,ca}$ , etc.	digestibility of calf feed (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

#### 4.9.2 Methan emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung

Mean emission factors are weighted means of the subcategories calculated as follows:

Die mittleren Emissionsfaktoren werden wie folgt als gewichtete Mittel berechnet:

$$EF_{CH_4, \text{ent, oc}} = \frac{n_{ca} \cdot EF_{CH_4, \text{ent, ca}} + n_{bf} \cdot EF_{CH_4, \text{ent, bf}} + n_{bm} \cdot EF_{CH_4, \text{ent, bm}} + n_{sc} \cdot EF_{CH_4, \text{ent, sc}} + n_{mm} \cdot EF_{CH_4, \text{ent, mm}}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.84)$$

where

$EF_{CH_4, \text{ent, oc}}$	mean emission factor for methane from enteric fermentation from other cattle (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$n_{ca}, \text{etc.}$	number of calf places, etc. (in pl)
$EF_{CH_4, \text{ent, ca}}, \text{etc.}$	mean emission factor for methane from enteric fermentation from calves (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )

#### 4.9.3 Methane emissions from manure management systems / Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger-Management

##### 4.9.3.1 Mean implied emission factors for methane from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

##### 4.9.3.2 Mean VS excretion rates / Mittlere VS-Ausscheidungen

Weighted means are obtained by analogy to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Die gewichtete Mittelung erfolgt in Analogie zum Verfahren in Kapitel 4.9.2.

##### 4.9.3.3 Mean methane conversion factors / Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren

The national mean of the methane conversion factor for other cattle in Germany is calculated as follows:

Der mittlere Methan-Umwandlungsfaktore für Rinder außer Milchkühen in Deutschland wird wie folgt berechnet:

$$MCF_{\text{liquid, mean}} = \frac{\sum_{i, j} (MCF_{\text{liquid, i, j}} \cdot MS_{\text{liquid, i, j}} \cdot VS_{\text{liquid, i, j}} \cdot n_j)}{\sum_{i, j} (MS_{\text{liquid, i, j}} \cdot VS_{\text{liquid, i, j}} \cdot n_j)} \quad (4.85)$$

where

$MCF_{\text{liquid, mean}}$	mean methane conversion factor for liquid systems (in kg kg <sup>-1</sup> )
$MCF_{\text{liquid, i, j}}$	methane conversion factor for a liquid system i and an animal subcategory j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$MS_{\text{liquid, i, j}}$	frequency of a liquid system i and an animal subcategory j (in pl pl <sup>-1</sup> )
$VS_{\text{liquid, i, j}}$	share of VS excreted in a liquid system i for an animal subcategory j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_j$	number of animal places in a subcategory j (in pl)

#### 4.9.3.4 Mean N excretion rates / Mittlere N-Ausscheidungen

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.3.5 Calculation of mean TAN contents / Berechnung mittlerer TAN-Gehalte

Mean TAN contents are calculated as follows:

Mittlere TAN-Gehalte werden für übrige Rinder wie folgt berechnet:

$$x_{\text{urine, oc, mean}} = \frac{\sum_{i,j} (m_{\text{excreted, i, j}} \cdot x_{\text{urine, i, j}} \cdot n_{i,j})}{\sum_{i,j} (m_{\text{excreted, i, j}} \cdot n_{i,j})} \quad (4.86)$$

where

$x_{\text{urine, oc, mean}}$	mean TAN content of excretions of other cattle (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excreted, i}}$	amount of N excreted by cattle subcategory i in region j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{urine, i, j}}$	TAN content of excreta of subcategory i in region j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$n_{i,j}$	number of animal places of subcategory i in region j (in pl)

#### 4.9.3.6 Mean implied emission factors for ammonia from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Ammoniak aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.3.7 Mean implied emission factors for particulate matter from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Stäube aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.4 Intercomparison of implied emission factors and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren und emissionserklärenden Variablen mit denen benachbarter Staaten

In the following chapter, a comparison is made of implied emission factors between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions (latest published results) and German data in this inventory.

Zum Vergleich der resultierenden Emissionsfaktoren solcher Staaten, deren landwirtschaftliche Praxis der deutschen ähnlich ist, werden die deutschen Werte dieses Inventars den letzten veröffentlichten Daten gegenübergestellt.

#### 4.9.4.1 Mean implied emission factors for methane from enteric fermentation and mean performance data / Mittlere Emissionsfaktoren für Methan aus der Verdauung und mittlere Leistungsdaten

In comparison with other Central European nations, the German  $IEF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$  for other cattle ranges is close to the mean (see Table 4.53) although the GE intake rate is comparatively small. However, these GE intake rates

Der deutsche  $IEF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$  für die übrigen Rinder liegt im Mittelfeld der mitteleuropäischen Werte, obwohl die GE-Aufnahme am unteren Ende der angegebenen Werte liegt, siehe Table 4.53. Die für die Gruppe der übrigen



expose a large scatter. Their arithmetic mean of 133.7 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> nevertheless is very similar to the default value provided in IPCC (1996). In this comparison, the IPCC (2006) default value appears to be too high.

Similar to the findings for dairy cows, the German  $IEF_{CH_4, ent}$  and the German GE intake rate for “other cattle” compares relatively well to the respective Belgian values, even if the Belgian GE intake of “other cattle” slightly exceeds the German value.

Swiss “other cattle” also have a comparatively low GE intake rate.

By and large, the German  $IEF_{CH_4, ent}$  for other cattle is very close to the mean of Table 4.53 (about 5 % below the arithmetic mean of 48.3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>) which is very close to the default value provided in IPCC (1996b).

Rinder aufgelisteten Angaben zur GE-Aufnahme streuen stark, entsprechen im arithmetischen Mittel von 133,7 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> aber recht gut dem Defaultwert von IPCC (1996), während der Defaultwert von IPCC (2006) sich bei diesem Vergleich als zu hoch erweist.

Auch bei den übrigen Rindern sind der deutsche  $IEF$  und die deutsche Gesamtenergie-Aufnahme mit den Daten aus Belgien relativ gut vergleichbar, auch wenn die GE-Aufnahme bei den belgischen übrigen Rindern etwas höher als bei den deutschen liegt.

Auch die Schweiz weist eine vergleichsweise geringe GE-Aufnahme auf.

Insgesamt liegt der deutsche  $IEF_{CH_4, ent}$  für die übrigen Rinder um gut 5 % unter dem arithmetischen Mittel der in Table 4.53 angegebenen IEF-Werte, welches mit 48,3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> dem Defaultwert von IPCC (1996b) sehr nahe kommt.

Table 4.53: Other cattle, 2009, intercomparison of implied emission factors for enteric fermentation

	$IEF_{CH_4, ent, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	GE intake MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	digestibility %	Methane conversion rate MJ MJ <sup>-1</sup>
Austria	56.18	142.76	424.66	72.98	0.06
Belgium	45.28	112.17	410.08	77.21	0.06
Czech Republic	51.55	130.99	NA	60.00	0.06
Denmark	43.11	130.34	325.00	71.00	0.06
France	52.75	NA	NA	NA	NA
<b>Germany</b>	<b>45.72</b>	<b>109.0</b>	<b>328.39</b>	<b>69.23</b>	<b>0.062</b>
Netherlands	35.72 <sup>b</sup>	IE	IE	IE	IE
Poland	48.90	124.27	317.47	65.32	0.06
Switzerland	39.16 <sup>b</sup>	102.86 <sup>b</sup>	IE	IE	IE
United Kingdom	43.08	189.00	NE		0.06
IPCC (1996)-3-4.11, 4.32, 4.39, 4.44, Western Europe	48.00	135.1	405.00	60 to 65	0.06 <sup>c</sup>
IPCC (2000)-4.13-4.20		Equation 4.1-4.11			0.06 ± 0.5
IPCC (2006)-10.29, 10.73, 10.78, Western Europe	57.00		420.00	60 to 65	0.065 ± 0.01

Source: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC 2011, Table 4.A

<sup>a</sup> The German pregnancy figure considers adult female animals only, see Chapter 4.9.1.3.

<sup>b</sup> calculated from original data supplied

<sup>c</sup> without calves

#### 4.9.4.2 Mean implied emission factors for methane from manure management and emission explaining variables / Mittlere Emissionsfaktoren für Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management und emissionserklärende Variablen

The implied emission factor ( $IEF$ ) for calves, heifers, bulls, suckler cows and stud bulls (mature males) is located in the middle of the range given in Table 4.54. The comparatively high French value results from coinciding high VS excretion rates and MCF values. The reduced frequency of slurry based systems cannot compensate for this. Furthermore, parts of France are located in the warm region.

However, the considerable scatter cannot be explained with the data provided.

The methane conversion factors used by Poland and the United Kingdom are the default values provided by IPCC (2006).

Der resultierende Emissionsfaktor ( $IEF$ ) für Kälber, Färsen, Mastbullen, Mutterkühe und Zuchtbullen liegt im Mittelfeld der Tabelle (Table 4.54). Der hohe französischen Emissionsfaktoren beruht auf gleichzeitig hohen VS-Ausscheidungen und MCF-Werten, deren Wirkung durch die etwas geringere Häufigkeit an Flüssigmistsystemen nicht kompensiert wird. Überdies liegt Frankreich zum Teil in der warmen Region.

Die erhebliche Streuung insgesamt entzieht sich einer einfachen Deutung.

Auffällig ist, dass Polen und Großbritannien Default-Methan-Umwandlungsfaktoren nach IPCC (2006) verwenden.

Table 4.54: Other cattle, 2009, intercomparison of implied CH<sub>4</sub> emission factors for manure management

	$IEF_{CH_4, MM, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	VS excreted kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> VS	Frequency of liquid systems %	MCF for liquid systems %
Austria	3.98	1.95	21.21	8.32
Belgium	2.60	1.35	4.04	19.00
Czech Republic	6.00	NA	50.00	NA
Denmark	10.45	2.81		
France	19.87	2.70	36.42	45.00
<b>Germany</b>	<b>6.58</b>	<b>1.46</b>	<b>43.91</b>	<b>13.69</b>
Netherlands	7.45 <sup>a</sup>	1E	1E	1E
Poland	4.93	2.15	11.89	39.00
Switzerland	5.05 <sup>a</sup>	2.02 <sup>a</sup>	46.58 <sup>a</sup>	10.00 <sup>a</sup>
United Kingdom	4.15	0.01	6.00	39.00
IPCC (1996)-3-4.39, 4.44, Western Europe, cool region	6.00	2.65	50.00	10.00
IPCC (2000)-4.36				39.00
IPCC (2006)-10.38, 10.78, Western Europe, cool region	6 to 7	2.60	25.20	17 to 19

Source: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC 2011, Table 4.B(a)  
<sup>a</sup> calculated from original data supplied

#### 4.9.4.3 Mean implied emission factors for ammonia and emission explaining variables / Mittlere effektive Emissionsfaktoren für Ammoniak und emissionserklärende Variablen

Table 4.55: Other cattle, 2009, intercomparison of N excretion rates  $m_{excr, oc}$  and NH<sub>3</sub> implied emission factors

	$m_{excr, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	$n_{oc}$ 1000 pl	$E_{NH_3, oc}$ Gg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub>	$IEF_{NH_3, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub>
Austria	46.57	1493.28	20.1	13.49
Belgium	54.26	2174.43	17.5	8.06
Czech Republic	70.00	803.00	9.2	11.41
Denmark	47.82	978.30	6.9	7.03
France	57.51	16210.44	239.0	14.74
<b>Germany</b>	<b>44.32</b>	<b>8739.41</b>	<b>128.0</b>	<b>14.64</b>
Netherlands	44.78 <sup>a</sup>	2478.53	17.7	7.13
Poland	58.09	3012.10	44.0	14.60
Switzerland	37.96 <sup>a</sup>	998.12	15.1	15.08
United Kingdom	55.32	8168.62	51.5	6.30
IPCC (1996)-3-4.99	70			
IPCC (2000)-4.45	mature: 70, 1-2 years: 42, 0-1 years: 21			
IPCC (2006)-10.59	50.59 <sup>b</sup>			
EMEP (2009)-4.B-26, 60, 61	41			9.2 to 13.4

Source: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC 2011, Table 4.B(a); EEA (2011)  
<sup>a</sup> calculated from original data supplied  
<sup>b</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

Table 4.55 illustrates that the N excretions for Germany and this animal category are in the lower part of the range for Central Europe. The IPCC default excretion rate of 70 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (IPCC(1996)-3-4.99) appears to be unrealistically high. At present, it is only used by the Czech Republic.

Table 4.55 verdeutlicht, dass die mittleren N-Ausscheidungen dieser Tierkategorie für Deutschland im unteren Bereich der in Mitteleuropa üblichen Werte liegen. Der IPCC-Default-Wert von 70 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (IPCC(1996)-3-4.99) erscheint unrealistisch hoch. Er wird nur von der tschechischen Republik verwendet.

#### 4.9.4.4 Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere effective Emissionsfaktoren für Staub

Table 4.56 provides an international intercomparison of implied emission factors (IEF) for particulate matter.

The IEF differences illustrate the influence of the shares of straw-based and slurry-based systems which differ from country to country.

The agreement between national means of the emission factors for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> with EMEP default factors is considered accidental. On the national scale, PM<sub>10</sub> emission factors range between 0.19 and 0.27 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, for PM<sub>2.5</sub> between 0.12 and 0.18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Table 4.56 ermöglicht einen internationalen Vergleich der effektiven Emissionsfaktoren (IEF) von Staub.

In den IEF-Unterschieden kommen von Land zu Land unterschiedliche Anteile stroh- und güllebasierter Systeme zum Ausdruck.

Die Übereinstimmung der nationalen Mittelwerte der deutschen Emissionsfaktoren für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> mit den EMEP-Default-Emissionsfaktoren ist zufällig. Auf Bundeslandebene liegt der PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktor in einem Bereich von 0,19 bis 0,27 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, für PM<sub>2.5</sub> liegt der Emissionsfaktor zwischen 0,12 und 0,18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Table 4.56: Other cattle, 2009, intercomparison of PM implied emission factors

	$IEF_{PM_{10}, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub>	$IEF_{PM_{2.5}, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub>	$IEF_{TSP, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>a</sup>
Austria	IE	IE	IE
Belgium	0.27	0.06	0.62
Czech Republic	0.40	0.01	0.88
Denmark	0.24	0.16	0.52
France	0.09	0.03	0.23
<b>Germany</b>	<b>0.24</b>	<b>0.16</b>	<b>0.24<sup>b</sup></b>
Netherlands	0.05	0.01	0.05
Poland	0.40	0.01	0.89
Switzerland	0.13	0.02	0.13
United Kingdom	0.04	0.01	0.26
EMEP (2009)-4.B-60, 61	0.24	0.16	

Source: Germany: Submission 2012; all other countries: EEA (2011), calculated from original data supplied

<sup>a</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in *d* (EMEP(2007)-B1010-9).

<sup>b</sup> As Germany does not calculate TSP, TSP is approximated by PM<sub>10</sub>.

#### 4.9.5 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Reference to information provided with the data CD is given subsequently in Table 4.57.

Hinweise auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen finden sich in der nachfolgenden Table 4.57.

Table 4.57: Other cattle, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.07	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.07	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.07	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.52	EM1009.54
		NO	EM1009.139	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.07	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.31	
Activity data	Aktivitäten	AC1005.07		
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.07	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.07	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.07	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.49	IEF1009.51
		NO	IEF1009.105	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.07	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.29	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.128	AI1005CAT.149
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.19	EXCR.21

## 5 Pigs / Schweine

### 5.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

In CRF/NFR emissions are reported for pigs altogether.

For methane emissions from manure management as well as emissions of ammonia pigs represent key categories. Hence the emissions have to be calculated as detailed as possible. This requires to subdivide the pigs into subcategories which are as homogeneous as possible with respect to husbandry and feeding details.

Table 5.1 shows the pig subcategories used in the German census as well as their aggregation and disaggregation for the emission inventory. Sucking pigs do not constitute a distinct animal category in the inventory; there are accounted for together with the sows. For details see the subsequent chapters dealing with the different pig categories used in the inventory.

In CRF/NFR werden die Emissionen für Schweine insgesamt berichtet.

Schweine sind hinsichtlich Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement und Ammoniak eine Hauptquellgruppe. Deshalb sind diese Emissionen möglichst detailliert zu berechnen. Dies erfordert eine Unterteilung der Gruppe der Schweine in Unterkategorien, die hinsichtlich Haltung und Fütterung möglichst homogen sind.

Die Untergliederung der Schweine in der deutschen Tierzählung sowie ihre Aufteilung und Aggregation zum Zwecke der Emissionsberechnung gehen aus Table 5.1 hervor. Saugferkel bilden keine separate Tierkategorie im Inventar, sondern werden bei den Sauen mit berücksichtigt. Zu Details wird auf die nachfolgenden Kapitel zu den Schweine-Unterkategorien verwiesen.

Table 5.1: Pigs, categorisation and characterisation

animal subcategory according to German census			animal subcategories used in this inventory			
type	descriptor		type	category	weight 1	weight 2
M	Ferkel unter 20 kg	piglets	*)	suckling-pigs	1.5 kg an <sup>-1</sup>	8 kg an <sup>-1</sup>
N	Jungschweine bis unter 50 kg Lebendgewicht	young pigs lighter than 50 kg live weight	we	weaners	8 kg an <sup>-1</sup>	$w_{fin, we}$
O	Mastschweine 50 bis 80 kg	fattening pigs 50 to 80 kg	fp	fattening pigs	$w_{fin, we}$	$w_{fin, fp}$
P	Mastschweine 80 bis 110 kg	fattening pigs 80 to 110 kg				
Q	Mastschweine 110 kg und mehr	fattening pigs heavier than 110 kg				
R	Jungsauen trächtig	young sows gestating	so	sows	220 kg an <sup>-1</sup>	
S	Andere Sauen trächtig	other sows gestating				
T	Jungsauen nicht trächtig	young sows not gestating				
U	Andere Sauen nicht trächtig	other sows not gestating				
V	Eber zur Zucht	boars	bo	boars	200 kg an <sup>-1</sup>	

weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period;  $w_{fin}$ : variable final weight  
 \*) Suckling-pigs do not constitute a separate animal category. They are accounted for within the calculations of energy and feed requirements of the sows.

### 5.2 Emission factors for all pigs / Emissionsfaktoren für alle Schweine

#### 5.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The emission factor for methane from manure management is assessed using a Tier 2 approach (see Chapter 3.2.3.3.3). The entities involved in this procedure are discussed below.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are taken from IPCC(2006), see Table 5.2.

(As the inventory assumes pasture/range not to occur, no respective MCF is given in Table 5.2.)

Der Emissionsfaktor für Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird nach einem Stufe-2-Verfahren berechnet (Kapitel 3.2.3.3.3) mit Hilfe der nachfolgend angegebenen Größen berechnet.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme ( $MCF$ ) werden IPCC(2006) entnommen, siehe Table 5.2.

(Keine Angabe für „pasture/ range“, da das Inventar von reiner Stallhaltung ausgeht.)

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.3.4.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

Table 5.2: Pigs, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (MCF) for German temperature conditions

maximum methane producing capacity $B_0$	0.45	$\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$
<i>MCF liquid/slurry</i>		
open tank (IPCC: without natural crust)	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
with solid cover (incl. tent structures)	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
with natural crust	temperature dependent, 0.10 to 0.11	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
artificial crust (chaff)	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
floating cover (plastic film)	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
underneath slatted floor > 1 month	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
<i>MCF solid storage</i>	0.02	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
<i>MCF deep litter</i>	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$

Sources: IPCC(2006)-10.80 f and 10.44 ff. For “liquid/slurry with solid cover”, “artificial crust (chaff)” and “floating cover (plastic film)” no adequate MCF data is available; hence the higher MCF of “liquid/slurry without natural crust” is assumed.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals the value given in IPCC (1996).

Using the methane conversion factors (MCF) listed in IPCC (2006) allows for a more detailed description of the various storage systems than the MCF provided in IPCC (1996).

The MCF for solid storage given by IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996).

Die maximale Methan-Bildungskapazität nach IPCC (2006) entspricht dem in IPCC (1996) angegebenen Wert.

Die Verwendung der Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) nach IPCC (2006) erlaubt eine bessere Differenzierung der verschiedenen Lagerverfahren als die MCF nach IPCC (1996).

Der in IPCC (2006) MCF für Festmist ist größer als der in IPCC (1996).

## 5.2.2 Emission factors for storage / Emissionsfaktoren für die Lagerung

Partial  $\text{NH}_3$  emission factors for storage are based on data of Döhler et. al. (2002, pg. 62f). They are valid for all pig subcategories. Dämmgen et al. (2010b) recalculated the emission factors and related them to TAN. By Döhler et al. (2002), the reference value of  $0.15 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  for the  $\text{NH}_3$  emission factor in Table 5.3 was related to total N. However, according to EAGER<sup>15</sup> expert judgement it has to be related to TAN (cf. Reidy et al., 2008, Table 6).

For leachate (“Jauche”) it is assumed that 100 % are stored in tanks with solid covers.

Die partiellen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für die Lagerung beruhen auf Daten von Döhler et. al (2002, S. 62f). Sie sind für alle Schweinekategorien gültig. Dämmgen et al. (2010b) berechneten die Emissionsfaktoren neu und bezogen sie auf TAN, siehe Table 5.3. Der Referenzwert von  $0,15 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  für den  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor wurde bei Döhler et al (2002) auf das gesamte N bezogen. Nach EAGER<sup>15</sup>-Expertenurteil ist dagegen TAN als Bezug zu wählen (vgl. Reidy et al., 2008, Table 6).

Für Jauche wird angenommen, dass sich 100 % in Behältern mit fester Abdeckung befinden.

Table 5.3: Pigs, partial emission factors for  $\text{NH}_3$  losses from storage (related to TAN)

liquid/slurry	open tank (without natural crust)	reference		0.15 <sup>a</sup>	$\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$
	solid cover (incl. tent structures)		90 % <sup>b</sup>	0.015	$\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$
	natural crust	reduction compared with	70 % <sup>b</sup>	0.105	$\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$
	floating cover (chaff)	reference	80 % <sup>b</sup>	0.030	$\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$
	floating cover (plastic film)		85 % <sup>b</sup>	0.023	$\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$
	underneath slatted floor			0.105 <sup>c</sup>	$\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$
leachate	solid cover			0.030 <sup>c</sup>	$\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$
solid storage	heap			0.60 <sup>c</sup>	$\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$
deep bedding	heap			0.60 <sup>c</sup>	$\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$

<sup>a</sup> Source: see text

<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.14

<sup>c</sup> Source: Dämmgen et al. (2010b)

<sup>15</sup> EAGER – European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network. <http://www.eager.ch/index.htm>.

The  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factors used in this inventory are listed in Table 5.4. They correspond to the values given for cattle (see Chapter 4.2.2) and are related to the total N input into storage, i.e. the sum of N excreted with faeces and urine and the input with bedding material.

Table 5.4 zeigt die im Inventar verwendeten  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionsfaktoren. Sie entsprechen den für Rinder verwendeten Faktoren, siehe Kapitel 4.2.2, und beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Table 5.4: Pigs, partial emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$  from housing and storage (related to  $\text{N}_{\text{excr}} + \text{N}_{\text{straw}}$ )

liquid/slurry	open tank (without natural crust)	0.000 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid cover (incl. tent structures)	0.005 <sup>b</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	natural crust	0.005 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	floating cover (chaff)	0.000 <sup>c</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	floating cover (plastic film)	0.000 <sup>c</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	underneath slatted floor	0.002 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
solid storage		0.005 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
deep bedding	(no mixing)	0.010 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N

<sup>a</sup> Source: IPCC(2006)-10.62 ff; for details see text

<sup>b</sup> Assumption: As there is no data on the frequencies of a natural crust below solid covers the worst case (no natural crust) is assumed.

<sup>c</sup> Assumption: Floating covers do not allow for the formation of  $\text{N}_2\text{O}$ .

In accordance with Chapter 3.2.4.6.3, the  $\text{NO}$ -N emission factor is assumed to amount to one tenth of the  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor, the  $\text{N}_2$  emission factor is thrice the  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor. The emission factors for  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

In most cases, the German inventory makes use of a detailed methodology to derive VS and N excretion rates. In the mass flow approach used in any case it is important to differentiate between the various housing and storage systems, as these have an effect on  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2\text{O}$  emissions.

However, the application of both  $\text{NH}_3$  and  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors designed for non-mass flow calculations and based on the knowledge available in 1996 to a mass flow system lead to the problem that in many cases total emissions exceed the size of the TAN pools.

When the mass flow methodology was established, partial emission factors for all N-species reflecting the state of knowledge were compiled.

For  $\text{N}_2\text{O}$ , IPCC 2006 partial emission factors were taken into account, as they can be assigned to the storage systems used in Germany (see also Amon et al., 2001).

The mean  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is strongly depending on the emission factor chosen for solid storage. Here, the IPCC 1996 factor unduly extrapolates from the dry lot storage systems (0.02 kg kg<sup>-1</sup>  $\text{N}_2\text{O}$ ) to straw based systems used in Germany, see comment in IPCC 2006, Table 10.21 ("Judgement of IPCC Expert Group in combination with Amon et al., 2001, which shows emissions ranging from 0.0027 to 0.01 kg  $\text{N}_2\text{O}$ -N (kg N)<sup>-1</sup>."

To illustrate the effect of the differentiation in a high or low emission factor for solid storage, exemplary cal-

Entsprechend Kapitel 3.2.4.6.3 wird der  $\text{NO}$ -N-Emissionsfaktor mit einem Zehntel, der  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktor mit dem Dreifachen des  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionsfaktors angesetzt. Die Emissionsfaktoren für  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

In den meisten Fällen berechnet das deutsche Inventar VS- und N-Ausscheidungen mit einer detaillierten Methode. Im Massenfluss-Verfahren, das in jedem Fall benutzt wird, ist es wichtig, zwischen den einzelnen Stall- und Lagersystemen zu unterscheiden, weil sich beide auf die  $\text{CH}_4$ -,  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen auswirken.

Dabei führt die Anwendung von Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$ , die auf der Basis des Wissens von 1996 und nicht für Massenfluss-Berechnungen entwickelt worden waren, in etlichen Fällen dazu, dass die Summe der Emissionen die verfügbaren TAN-Vorräte überschreitet.

Mit der Entwicklung der Massenfluss-Methode wurden deshalb die Emissionsfaktoren für alle N-Spezies aktualisiert. Für  $\text{N}_2\text{O}$  wurden hierbei die partiellen Emissionsfaktoren aus IPCC 2006 in Betracht gezogen, da sie die in Deutschland gebräuchlichen Lagertypen beschreiben (siehe auch Amon et al., 2001).

Die mittleren Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$  sind stark von dem Emissionsfaktor für Festmist-Lagerung abhängig. Hier extrapoliert IPCC 1996 unangemessen von der Situation für die dry-lot-Systeme (0,02 kg kg<sup>-1</sup>  $\text{N}_2\text{O}$ ) auf die in Deutschland üblichen Systeme mit Stroh-Einstreu (siehe auch Kommentar der IPCC Expert Group in Verbindung mit Amon et al., 2001, die Emissionsfaktoren von 0,0027 bis 0,01 kg  $\text{N}_2\text{O}$ -N (kg N)<sup>-1</sup> angeben).

Zur Veranschaulichung des Effekts eines hohen bzw. niedrigen Emissionsfaktors für Festmist wurden Beispiel-

culations were performed for pigs assuming a share of 0 % of natural crusts (which reflects the average situation in Germany):

pigs: mean N<sub>2</sub>O emission factor using IPCC 2006  
1990: 0.0028 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O  
2008: 0.0024 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

pigs: mean N<sub>2</sub>O emission factor using IPCC 1996  
with  $EF_{solid} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1}$   
1990: 0.0016 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O  
2008: 0.0015 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

Application of the IPCC 1996 methodology modified as described above (using  $EF_{solid} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) yields lower N<sub>2</sub>O emissions than the German methodology.

EMEP (2007)-B1090-19 gives an uncertainty of 30 % for NH<sub>3</sub> emission factor. A normal distribution is assumed.

IPCC(2006)-10.67 provide an overview on N losses from manure management systems. The ranges listed there may well serve as a means to assess uncertainties for N<sub>2</sub>O emission factors. For dairy cattle we assume an uncertainty of about 30 %.

Both NO and N<sub>2</sub> emission factors are derived from N<sub>2</sub>O emission factors. The use of constant ratios results in additional uncertainties. Thus, we estimate the uncertainty of NO and N<sub>2</sub> emission factors to be in the order of magnitude of 50 %.

For these three species we also assume a normal distribution.

### 5.2.3 Emission factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung

The following Tables (Table 5.5 bis Table 5.9) provide the partial emission factors used in the inventory for the spreading of cattle manure (Döhler et al., 2002). The emission reduction percentages listed in these tables refer to the reference system "broadcast" at air temperatures of 15° C.

All emission factors relate to TAN.

No emission factors are provided for landspreading of liquid separate and digested slurry as these types of landspreading do not occur in the inventory.

Special uncertainties for NH<sub>3</sub> emissions from pig husbandry are not given in EMEP (2007)-B1090-19. Thus the general uncertainty of about 30 % is likely. For the oxidised species, the order of magnitude is likely to be correct.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.5.

rechnungen für Schweine durchgeführt. Hierbei beträgt der Anteil der Systeme mit Schwimmdecke 0 % entsprechend der mittleren Häufigkeit in Deutschland:

Schweine: mittlerer N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor gemäß IPCC 2006

1990: 0,0028 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O  
2008: 0,0024 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

Schweine: mittlerer N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor gemäß IPCC 1996 with  $EF_{solid} = 0,005 \text{ kg kg}^{-1}$

1990: 0,0016 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O  
2008: 0,0015 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

Die Anwendung der modifizierten IPCC-1996-Methode (mit  $EF_{solid} = 0,005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) führt zu geringeren N<sub>2</sub>O-Emissionen als den mit der deutschen Methode berechneten.

EMEP (2007)-B1090-19 gibt für NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor eine Unsicherheit von 30 % an. Eine Normalverteilung wird angenommen.

IPCC(2006)-10.67 gibt eine Übersicht über N-Verluste aus Wirtschaftsdüngerlagern. Die dort angegebenen Daten werden als Maß für die Unsicherheit auch der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren verwendet. Demnach ist für Milchkühe mit einer Unsicherheit von 30 % zu rechnen.

Die NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren leiten sich von den N<sub>2</sub>O-Faktoren ab. Diese Ableitung beinhaltet weitere Unsicherheiten. Für diese Stoffe wird deshalb mit einer Unsicherheit von etwa 50 % gerechnet.

Die Verteilung wird in allen drei Fällen als normal angenommen.

Die nachfolgenden Tabellen (Table 5.5 bis Table 5.9) beinhalten die im Inventar für Rinder eingesetzten partiellen Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung (Döhler et al., 2002). Die Emissionsminderungen beziehen sich auf das Referenzsystem „Breitverteiler“ bei einer Lufttemperatur von 15° C.

Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf TAN.

Emissionsfaktoren zur Ausbringung von separierter Gülle und vergorener Gülle werden nicht angegeben, da diese Varianten im Inventar nicht auftreten.

Unsicherheiten für Schweine und NH<sub>3</sub> werden in EMEP (2007)-B1090-19 nicht gesondert betrachtet. Es wird die allgemein EF-Unsicherheit von 30 % angenommen. Für die oxidierten Spezies dürfte die Größenordnung richtig sein.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.5 beschrieben.

Table 5.5: Pigs, NH<sub>3</sub> emission factors for application of slurry to arable land (related to TAN)

		reduction <sup>a, b</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast	without incorporation	reference 0	0.25 <sup>b</sup>
broadcast	incorporation within 1 h	84	0.04
broadcast	incorporation within 4 h	64	0.09
broadcast	incorporation within 6 h	56	0.11
broadcast	incorporation within 8 h	48	0.13
broadcast	incorporation within 12 h	36	0.16
broadcast	incorporation within 24 h	16	0.21
broadcast	incorporation within 48 h	0	0.25
broadcast	short vegetation	0	0.25
trailing hose	without incorporation	30	0.18
trailing hose	incorporation within 1 h	92	0.02
trailing hose	incorporation within 4 h	76	0.06
trailing hose	incorporation within 6 h	68	0.08
trailing hose	incorporation within 8 h	63	0.09
trailing hose	incorporation within 12 h	56	0.11
trailing hose	incorporation within 24 h	44	0.14
trailing hose	incorporation within 48 h	32	0.17
trailing hose	short vegetation	0	0.25
trailing hose	under vegetation	50	0.13
injection		90	0.03

<sup>a</sup> reduction compared with reference<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.19 and pg. 69, except for broadcast/short vegetation (worst case assumption of "no reduction" as no standard emission factor available), broadcast or trailing hose with incorporation within 8 h (emission reduction factors estimated in agreement with KTBL).Table 5.6: Pigs, NH<sub>3</sub> emission factors for application of slurry to grassland (related to TAN)

		reduction <sup>a, b</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast	short vegetation	reference 0	0.30 <sup>b</sup>
trailing hose	short vegetation	30	0.21
trailing shoe		60	0.12
open slot		80	0.06

<sup>a</sup> reduction compared with reference<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.19



Table 5.7: Pigs, NH<sub>3</sub> emission factors for application of leachate ("Jauche") to arable land (related to TAN)

		reduction <sup>a</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast	without incorporation	reference 0	0.20 <sup>b</sup>
broadcast	incorporation within 1 h	90 <sup>b</sup>	0.02
broadcast	incorporation within 4 h	65 <sup>b</sup>	0.07
broadcast	incorporation within 6 h	50 <sup>c</sup>	0.10
broadcast	incorporation within 8 h	42 <sup>c</sup>	0.12
broadcast	incorporation within 12 h	28 <sup>c</sup>	0.14
broadcast	incorporation within 24 h	10 <sup>b</sup>	0.18
broadcast	incorporation within 48 h	0 <sup>c</sup>	0.20
broadcast	short vegetation	0 <sup>c</sup>	0.20
trailing hose	without incorporation	10 <sup>c</sup>	0.18
trailing hose	incorporation within 1 h	95 <sup>c</sup>	0.01
trailing hose	incorporation within 4 h	75 <sup>c</sup>	0.05
trailing hose	incorporation within 6 h	64 <sup>c</sup>	0.07
trailing hose	incorporation within 8 h	55 <sup>c</sup>	0.09
trailing hose	incorporation within 12 h	40 <sup>c</sup>	0.12
trailing hose	incorporation within 24 h	20 <sup>c</sup>	0.16
trailing hose	incorporation within 48 h	10 <sup>c</sup>	0.18
trailing hose	short vegetation	0 <sup>c</sup>	0.20
trailing hose	under vegetation	50 <sup>c</sup>	0.10
injection		90 <sup>d</sup>	0.02

<sup>a</sup> reduction compared with reference

<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.20

<sup>c</sup> Source: emission factors estimated in agreement with KTBL, based on a emission decay curve as function of the duration of incorporation similar to that of pig slurry or by direct adoption of pig slurry emission factors (see Döhler et al., 2002, Table 3.19)

<sup>d</sup> Source: Döhler et al. (2002), pg. 69

Table 5.8: Pigs, NH<sub>3</sub> emission factors for application of leachate ("Jauche") to grassland (related to TAN)

		reduction <sup>a</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast		reference 0	0.20 <sup>b</sup>
trailing hose		30 <sup>b</sup>	0.14
trailing shoe		60 <sup>b</sup>	0.08
open slot		80 <sup>c</sup>	0.04

<sup>a</sup> reduction compared with reference

<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.20

<sup>c</sup> Source: adoption of the respective emission reduction factor for pig slurry (Döhler et al., 2002, Table 3.19)

Table 5.9: Pigs, NH<sub>3</sub> emission factors for application of manure (FYM) to arable land or grassland (related to TAN)

			reduction <sup>a</sup> (in %)	emission factor (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
broadcast	arable land, grassland	without incorporation	reference 0	0.90 <sup>b</sup>
broadcast	arable land	incorporation within 1 h	90 <sup>b</sup>	0.09
broadcast	arable land	incorporation within 4 h	50 <sup>b</sup>	0.45
broadcast	arable land	incorporation within 8 h	20 <sup>c</sup>	0.72
broadcast	arable land	incorporation within 12 h	10 <sup>c</sup>	0.81
broadcast	arable land	incorporation within 24 h	0 <sup>b</sup>	0.90
broadcast	arable land	incorporation within 48 h	0 <sup>b</sup>	0.90

<sup>a</sup> reduction compared with reference

<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.24

<sup>c</sup> Source: emission reduction factors estimated in agreement with KTBL

### 5.3 Sows and suckling-pigs / Sauen und Saugferkel

The category “sows” covers all subcategories of sows for breeding irrespective of their age and weight. The calculation of energy and feed requirements includes the suckling-pigs as they do not constitute a separate animal category in the inventory.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 5.10.

Die Kategorie „Sauen“ umfasst alle Unterkategorien von Zuchtsauen unabhängig von ihrem Alter und Gewicht. Bei den Berechnungen zum Energie- und Futterbedarf werden die Saugferkel mit berücksichtigt. (Saugferkel bilden keine separate Tierkategorie im Inventar.)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.10 zusammengestellten Verfahren.

Table 5.10: Sows, calculation procedures applied to sows

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

#### 5.3.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

##### 5.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4). The overall number of sows used in the inventory is calculated as follows:

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4). Für das Inventar berechnet sich die Anzahl der Sauen gemäß:

$$n_{so} = n_R + n_S + n_T + n_U \quad (5.1)$$

where

$n_{so}$  number of sows considered  
 $n_R$  etc. animal numbers of type R (etc.) in the German census (see Table 5.1)

For the number of the piglets raised per sow see Chapter 5.3.2.

A verification of animal numbers for pigs in the way described for cattle does not exist. However, it is logic to assume that the uncertainty does not differ from that given for cattle, i.e., few percents.

The change in marginal conditions of German reporting leads to a bias, which for pigs is in the order of magnitude of less than 5 % (cf. Dämmgen, 2005).

Zur Anzahl der bei einer Sau zu berücksichtigen Saugferkel siehe Kapitel 5.3.2.

Eine Überprüfungsmöglichkeit der Tierzahlen wie bei den Rindern gibt es für Schweine nicht. Es wird jedoch angenommen, dass der Fehler in der gleichen Größenordnung, d.h. bei wenigen Prozent, liegt.

Der durch Änderung der Randbedingungen der Tierzählung entstandene systematische Fehler liegt bei Schweinen unter 5 % (vgl. Dämmgen, 2005).

##### 5.3.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The peer review of Haenel et al. (2011a) recommended to use a mean live weight of 220 kg sow<sup>-1</sup>. This agrees with the data discussed in GfE (2006), pg. 74. The new estimate exceeds the previous estimate by 20 kg sow<sup>-1</sup>. Due to lack of information, the live weight of 220 kg sow<sup>-1</sup> is used for the whole time series from 1990 onwards.

The use of a mean live weight disregards the fact that

Das mittlere Gewicht, das bis zur Submission 2011 mit 200 kg an<sup>-1</sup> angesetzt wurde, wird von nach dem Peer-Review der Publikation von Haenel et al. (2011a) auf Grundlage von Gewichtsdaten in GfE (2006), S. 74, mit 220 kg sow<sup>-1</sup> geschätzt. Mangels besserer Kenntnis wird dieser Wert für die zurückliegenden Jahre ab 1990 als konstant angesetzt.

Die in der Praxis zu beobachtenden Gewichtsände-

the live weight of sows oscillates. However this cannot be reproduced in the inventory whose time steps are one year and hence exceed that of a reproduction cycle.

For piglets, the inventory is based on a birth weight of 1.5 kg piglet<sup>-1</sup>. This can be derived from feeding recommendations in DLG (2008), Table 4.1, where the piglet weight after the first week with a daily weight gain of 0.2 kg piglet<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> reaches 2.9 kg piglet<sup>-1</sup>.

Haenel et al. (2011a) also recommended to use a piglet weight of 8.0 kg piglet<sup>-1</sup> at weaning rather than the 8.5 kg piglet<sup>-1</sup> used in previous submissions. The age of the piglets at weaning is assumed to coincide with the duration of the lactation period (see Table Table 5.11 in Chapter 5.3.2).

rungen können im Inventar nicht berücksichtigt werden, da der Inventar-Zeitschritt von einem Jahr erheblich länger als die Dauer eines Durchgangs ist.

Im Inventar werden als Geburtsgewicht der Ferkel 1,5 kg piglet<sup>-1</sup> angenommen. Dieser Wert ist den Fütterungsempfehlungen in DLG (2008, Tabelle 4.1, entnommen, in denen Ferkel nach einer Woche ein Gewicht von 2,9 kg piglet<sup>-1</sup> bei einer Gewichtszunahme von 0,2 kg piglet<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> aufweisen.

Das Absetzgewicht der Saugferkel wird nach der Publikation von Haenel et al. (2011a) mit einem mittleren Werte von 8,0 kg piglet<sup>-1</sup> angenommen (bis zur Submissionen 2011: 8.5 kg piglet<sup>-1</sup>). Für das Absetzalter der Saugferkel wird die Dauer der Laktationsphase angesetzt, siehe Table 5.11 in Kapitel 5.3.2.

### 5.3.1.3 *Number of production cycles / Anzahl der Produktionszyklen pro Jahr*

According to KTBL (2006), pg. 518, the number of production cycles range between 2.0 a<sup>-1</sup> and 2.5 a<sup>-1</sup>. Good agricultural praxis is close to 2.3 a<sup>-1</sup>. In the inventory, the number of production cycles is deduced from the duration of the various (feeding) phases (see Table 5.11 in Chapter 5.3.2) as follows:

Die Anzahl der Produktionszyklen pro Jahr liegt nach KTBL (2006), S. 518, im Bereich zwischen 2,0 a<sup>-1</sup> bis 2,5 a<sup>-1</sup>. (gute Praxis: 2,3 a<sup>-1</sup>). Für das Inventar wird die Anzahl der Produktionszyklen pro Jahr mit Hilfe der Zyklusdauer berechnet, die sich als Summe der verschiedenen Phasendauern (siehe Table 5.11 in Kapitel 5.3.2) ergibt.

$$n_{\text{round}} = \frac{\alpha}{\tau_{\text{so}}} \quad (5.2)$$

where

$n_{\text{round}}$                       number of production cycles per year (in cy = an pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{\text{so}}$                               duration of production cycle (in d ro<sup>-1</sup>), see Table 5.11

### 5.3.2 *Energy requirements / Energiebedarf*

For a number of years, the assessment of the inventory was based on energy requirements as described in GfE (1987) and KTBL (2006b) (cf. Dämmgen et al., 2009a). Energy requirements according to the current state of knowledge are provided in GfE (2006). To a large extent, the literature cited herein dates the period that is covered by the inventory. Hence it is assumed that the details provided in GfE (2006) are representative of the timeseries from 1990 onwards and that the methodology based on GfE (2006) can be applied to all years since 1990.

The data and methods provided in GfE (2006) had been incorporated into the inventory model as described in Haenel et al. (2010). They were partly revised in Haenel et al. (2011a). The results of this work are compiled in Table 5.11. These data are used in the inventory.

Die Inventarerstellung stützte sich lange Zeit (vgl. Dämmgen et al., 2009a) auf Energiebedarfsangaben aus GfE (1987), s. auch KTBL (2006 b), S. 519. Aktuelle Energiebedarfsangaben finden sich in GfE (2006), wobei die zugrunde liegende Literatur weitgehend aus demjenigen Zeitbereich stammt, über den im Inventar zu berichten ist. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Angaben in GfE (2006) als repräsentativ für die Zeitreihen ab 1990 angesehen werden können, so dass das Verfahren für alle Jahre gleich angewendet werden kann.

Die Umsetzung der Vorgaben in GfE (2006) wurde in Haenel et al. (2010) erstmals beschrieben und im Rahmen der Pulikation von Haenel et al. (2011a) überarbeitet. Table 5.11 zeigt die ab Submission 2012 im Inventar verwendeten Kennwerte.

Table 5.11: Sows, requirements of metabolisable energy as used in the inventory  
(Mean sow weight 200 kg an<sup>-1</sup>. For further details see text.)

period	duration in d <sup>a</sup>	number of piglets per sow per birth	energy requirements <sup>b</sup> in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME
gravidity phase 1	84		$ME_{grav,1} = 33.3$
phase 2	30		$ME_{grav,1} = 40.7$
lactating	28 <sup>c</sup>	8	$ME_{lact} = 79.5$
		9	86.3
		10	93.1
		11	99.9
		12	106.7
		13	113.5
weaning to covering	27		$ME_{wtc} = 40.7$
total ( $\tau_{so}$ )	169		

<sup>a</sup> Source: GfE (1987)<sup>b</sup> Source: Haenel et al. (2011a), based on GfE (2006) data<sup>c</sup> Source: Expert judgment E. Schulz (co-author of GfE, 2006)

The number of piglets raised per sow and litter can be derived from the number of piglets raised per sow and year:

Die Anzahl der Saugferkel pro Sau und Wurf lässt sich aus der Anzahl der pro Sau und Jahr aufgezogenen Ferkel ableiten:

$$n_{\text{piglets, birth}} = n_{\text{piglets, year}} \cdot \frac{\tau_{\text{round}}}{\alpha} \quad (5.3)$$

where

$n_{\text{piglets, birth}}$  number of piglets raised per sow and litter (in piglet)  
 $n_{\text{piglets, year}}$  number of piglets raised per sow and year birth (in piglet)  
 $\tau_{\text{round}}$  duration of piglet production cycle (see Table 5.11)  
 $\alpha$  time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )

The number of piglets raised per sow and year varies with time and region. The data available is compiled in Table 5.12.

Die Zahl der pro Sau und Jahr aufgezogenen Ferkel variiert örtlich und zeitlich. Table 5.12 fasst die verfügbaren Informationen zusammen.

Table 5.12: Sows, number of piglets raised per year,  $n_{\text{piglets, year}}$  (primary statistical information)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BW									19.20	19.10	18.20	18.67	18.90	17.89		20.00	20.50	21.10	21.10	21.50	22.10
BY	18.00	18.00	17.70	17.60	17.80	18.50	17.60	18.40	19.60	19.60	19.60	19.40	19.60	19.60		20.40	19.90	20.10	21.70		
BB								17.80	18.20	18.90	19.50	19.70		20.30	20.80	21.70	22.20	22.50	22.80	23.30	24.50
HE	17.00	17.10	16.60	16.90	17.10	17.10	16.90	17.90	18.00	18.60	18.50		19.10	19.00	19.90	21.10	21.60	21.20	21.20	22.10	23.50
MV								19.10	19.60	20.80	21.10		21.30					23.29	23.84	24.55	25.60
NI	18.90	18.90	18.90	18.70	18.50	18.70	18.40	18.90	19.30	19.50	19.70		19.60	20.30	20.60	21.30	21.40	21.20			
NW	19.00	17.80	18.40	18.90	19.00	18.90	19.10	19.70	20.10	20.20	20.30	20.40	20.30	20.30	21.80	22.10		22.60	23.70		
RP	17.20	17.30	17.20	17.30	17.40	17.50	17.60	17.90	18.00	18.20	18.50		18.40	19.10	19.00						
SL	17.20	17.30	17.20	17.30	17.40	17.50	17.60	17.90	18.00	18.20	18.50		18.40	19.10	19.00						
SN				17.80	18.40	18.70	18.64	19.18	19.88	20.41	20.45	20.56	20.67	21.04	21.40	21.49	22.38	23.40	23.31	24.83	23.70
ST								18.50	18.50	19.90	20.00	19.60	20.66	20.52	21.01	21.46	22.00	22.26	22.99	23.13	23.90
SH		18.80	18.60	18.40	18.70	19.00	18.80	19.30	19.70	19.80	20.10		20.30	20.70	21.60	22.60	22.90	23.20	24.30	25.20	26.30
TH							18.30	19.00	20.10	20.45	21.23	20.43	21.25	20.78	21.66	22.19	22.72	23.28	23.94	23.76	26.26

Sources: HMULV (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011), LfL (2004c, 2006b); LKV-ST (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010); LSZ (2007, 2008b, 2009b, 2010); LWK-SH (2010); MLUR-BB (2002); MLUV-BB (2005, 2006, 2007, 2008); NMELF, various years; Segger (2005a); SMUL (2000, 2002, 2007, 2008, 2009); ThMLNU (2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009); TLL (2011); ZDS, various years

Within a time series in Table 5.12, data gaps are closed by linear interpolation. Missing data at the end of a time series is generated by adopting the latest value reported. Data gaps at the beginning of a time series are closed as follows:

Datenlücken innerhalb einer Zeitreihe in Table 5.12 werden durch lineare Interpolation geschlossen. Fehlende Werte am Ende einer Zahlenreihe werden durch Fortschreiben des letzten jeweils berichteten Wertes erzeugt. Fehlende Werte zu Beginn einer Zeitreihe werden wie

- New Bundesländer (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen): The number of piglets raised per sow and year in 1990 is assumed to be 17.0. In addition, a linear increase towards the earliest year of reporting is assumed (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).
- Schleswig Holstein: For 1990 the value given for 1991 is used.
- Baden-Württemberg: Going backwards from the first value reported (1998), the absolute annual differences given by the times series of Bavaria are applied.

For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

In the inventory, the number of suckling-pigs raised per sow and year (Table 5.12, including data gap closure) is used when calculating the energy and feeding requirements of the unit sow/suckling-pigs.

In the following another suckling-pigs number is defined which is the annual mean of the suckling-pigs population (Haenel et al., 2011b):

$$n_{sp} = c_{sp} \cdot n_M$$

where

$n_{sp}$	annual mean of piglets per sow as calculated from $n_M$ (piglet sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$c_{sp}$	constant ( $c_{sp} = 0.5771$ piglet piglet <sup>-1</sup> ), see Haenel et al., (2011b)
$n_M$	number of piglets in German census, cf. Table 5.1

The entity  $n_{sp}$  is used within the inventory to properly derive the number of weaners and fattening pigs from the officially reported animal numbers (see Chapter 5.4.1.1 and 5.5.1.1).

### 5.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Sows are fed phase-dependent. Typical feed properties are listed in Table 5.13.

The feed composition in the New Länder in the years after the German unification did not differ in principle from that listed in Table 5.13 (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

folgt generiert:

- Neue Bundesländer (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen): Die Ferkelzahl pro Sau und Jahr 1990 wird mit 17,0 angenommen. Ein linearer Anstieg von 1990 bis zum jeweils ersten berichteten Jahr ist nach Expertenschätzung realistisch (Expertenschätzung Schnabel, Rönsch, Bodenstein).
- Schleswig Holstein: Für 1990 wird der Wert von 1991 eingesetzt.
- Baden-Württemberg: Vom ersten berichteten Wert an (1998) werden rückwärts schreitend die Beträge der Jahresdifferenzen aus der Zeitreihe von Bayern subtrahiert.

Bei den Stadtstaaten werden für Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

Die Zahl der pro Sau pro Jahr aufgezogenen Saugferkel (Table 5.12, incl. Datenlückenschließung) wird im Inventar bei der Energie- und Futterbedarfsberechnung des Systems Sau/Saugferkel berücksichtigt.

Im Folgenden wird mit dem Jahresmittel der Saugferkel-Population eine andere Saugferkelzahl eingeführt (Haenel et al., 2011b):

( 5.4)

Die mittlere Saugferkel-Population wird im Inventar zur Ableitung der Aufzuchtferkel- und der Mastschweinezahl aus offiziellen Daten benötigt (s. Kapitel 5.4.1.1 und 5.5.1.1).

Sauen werden phasenabhängig gefüttert. Table 5.13 zeigt typische Futtereigenschaften.

In den neuen Bundesländern unterschied sich auch unmittelbar nach der Wende das Futter nicht von dem in Table 5.13 angegebenen (Expertenschätzung Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Table 5.13: Sows, diets used in the inventory, and their properties

( $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolisability;  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy, related to dry matter;  $x_N$ : N content of normal feed, related to dry matter;  $x_{N,red}$ : N content of N reduced feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

feed type	phase	major components	$X_{DE}^a$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}^a$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}^a$ MJ kg <sup>-1</sup>	$x_N^a$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{N,red}^b$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM}^a$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash}$ kg kg <sup>-1</sup>
A	weaning to covering (wtc), lactating (lact)	wheat bran, wheat, barley, triticale, peas, soybean meal	0.8295	0.7962	13.0	0.02829	0.02688	0.81	0.056
B	gravity 1 (grav 1), gravity 2 (grav 2)	wheat bran, wheat, barley, triticale, sunflower meal, soybean meal	0.7854	0.7425	12.0	0.02386	0.02267	0.86	0.065

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, privat communication; energy and protein/nitrogen contents according to Beyer et al. (2004) and LfL (2004b).

<sup>b</sup>  $x_N$  for N reduced feed: calculated as 95 % from  $x_N$  for normal feed (based on the 95 % relation which can be deduced from the data given in DLG (2005), pg. 41).

The inventory considers N reduced feeding of sows, see Chapter 3.3.3.2. For this purpose  $x_{N,red}$  is used instead of  $x_N$  (see Table 5.13).

From the data given in Table 5.11 und Table 5.13 the mean daily feed intake (dry matter) can be calculated as follows:

$$m_{F, DM} = \frac{\frac{ME_{wtc} \cdot \tau_{wtc}}{\eta_{ME, wtc}} + \frac{ME_{grav, 1} \cdot \tau_{grav, 1}}{\eta_{ME, grav, 1}} + \frac{ME_{grav, 2} \cdot \tau_{grav, 2}}{\eta_{ME, grav, 2}} + \frac{ME_{lact} \cdot \tau_{lact}}{\eta_{ME, lact}}}{\tau_{wtc} + \tau_{grav, 1} + \tau_{grav, 2} + \tau_{lact}} \quad (5.5)$$

where

$m_{F, DM}$	daily feed intake of a sow, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{wtc}$	daily metabolisable energy requirements between weaning and covering (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{wtc}$	time between weaning and covering (in d)
$\eta_{ME, wtc}$	specific metabolisable energy content of feed between weaning and covering (MJ kg <sup>-1</sup> ME), related to dry matter
$ME_{grav, 1}$	daily metabolisable energy requirements during gravity phase 1 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{grav, 1}$	duration of gravity phase 1 (in d)
$\eta_{ME, grav, 1}$	specific metabolisable energy content of feed during gravity phase 1 (MJ kg <sup>-1</sup> ME), related to dry matter
$ME_{grav, 2}$	daily metabolisable energy requirements during gravity phase 2 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{grav, 2}$	duration of gravity phase 2 (in d)
$\eta_{ME, grav, 2}$	specific metabolisable energy content of feed during gravity phase 2 (MJ kg <sup>-1</sup> ME), related to dry matter
$ME_{lact}$	daily metabolisable energy requirements during lactation (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{lact}$	duration of lactation period (in d)
$\eta_{ME, lact}$	specific metabolisable energy content of feed during lactation (MJ kg <sup>-1</sup> ME), related to dry matter

By analogy, the mean digestibility is obtained as a weighted mean over all phases.

The amount of nitrogen taken in with feed is obtained by multiplying each term in the numerator of the previous equation with the respective  $x_N$  value given in Table 5.13.

By analogy to the determination of the daily feed intake, the amount of gross energy taken in daily with the feed is given by:

Das Inventar berücksichtigt für Sauen die N-reduzierte Fütterung, siehe Kapitel 3.3.3.2. Dafür kommt  $x_{N,red}$  anstelle von  $x_N$  zum Einsatz (siehe Table 5.13).

Mit den Daten in Table 5.11 und Table 5.13 berechnet sich die durchschnittliche tägliche Futtermenge (Trockenmasse) wie folgt:

Die durchschnittliche Verdaulichkeit  $X_{DE}$  ergibt sich analog als gewichtetes Mittel über alle Phasen.

Die mit dem Futter aufgenommene Stickstoffmenge erhält man, indem jeder Term im Zähler der vorstehenden Gleichung mit dem entsprechenden  $x_N$ -Wert nach Table 5.13 multipliziert wird.

Analog zur Vorgehensweise zur Futtermengenberechnung ergibt sich die mit dem Futter täglich aufgenommene Gesamtenergie:

$$GE_{\text{sow}} = \frac{\frac{ME_{\text{wtc}} \cdot \tau_{\text{wtc}}}{X_{\text{ME, wtc}}} + \frac{ME_{\text{grav, 1}} \cdot \tau_{\text{grav, 1}}}{X_{\text{ME, grav, 1}}} + \frac{ME_{\text{grav, 2}} \cdot \tau_{\text{grav, 2}}}{X_{\text{ME, grav, 2}}} + \frac{ME_{\text{lact}} \cdot \tau_{\text{lact}}}{X_{\text{ME, lact}}}}{\tau_{\text{wtc}} + \tau_{\text{grav, 1}} + \tau_{\text{grav, 2}} + \tau_{\text{lact}}} \quad (5.6)$$

where

$GE_{\text{sow}}$	daily gross energy requirements of a sow (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{wtc}}$	daily metabolisable energy requirements between weaning and covering (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{wtc}}$	time between weaning and covering (in d)
$X_{\text{ME, wtc}}$	metabolisability of feed between weaning and covering (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{grav, 1}}$	daily metabolisable energy requirements during gravidity phase 1 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{grav, 1}}$	duration of gravidity phase 1 (in d)
$X_{\text{ME, grav, 1}}$	metabolisability of feed during gravidity phase 1 (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{grav, 2}}$	daily metabolisable energy requirements during gravidity phase 2 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{grav, 2}}$	duration of gravidity phase 2 (in d)
$X_{\text{ME, grav, 2}}$	metabolisability of feed during gravidity phase 2 (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{lact}}$	daily metabolisable energy requirements during lactation (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lact}}$	duration of lactation period (in d)
$X_{\text{ME, lact}}$	metabolisability of feed during lactation (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

### 5.3.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.3.3) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of 0.006 MJ MJ<sup>-1</sup> is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 5.3.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von 0,006 MJ MJ<sup>-1</sup> ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.3.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management (cf. Chapter 3.2.3.3.3).

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 5.13. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is 0.83 kg kg<sup>-1</sup>, the national mean ash content (related to dry matter) for 2010 amounts to 0.06 kg kg<sup>-1</sup>.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationen in Table 5.13. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,83 kg kg<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,06 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren ( $MCF$ ) für die einzelnen Lagerungssysteme sind Table 5.2 in Kapitel 5.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhe-

(see Chapter 3.3.2).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.3.4.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

bungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

### 5.3.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 5.3.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

Mass conservation allows the amount of nitrogen excreted to be assessed:

Unter Voraussetzung des Massenerhalts berechnet sich die N-Ausscheidung über:

$$m_{excr} = m_{F, DM} \cdot [x_N \cdot (1 - x_{reduced}) + x_{N, red} \cdot x_{reduced}] - m_{g, sow} - m_{g, piglet} \quad (5.7)$$

where

$m_{excr}$	amount of nitrogen excreted (in kg $pl^{-1} a^{-1} N$ )
$m_{F, DM}$	daily feed intake of a sow, dry matter (in kg $pl^{-1} d^{-1}$ ), see Chapter 5.3.3
$x_N$	nitrogen content of normal diet (in kg $kg^{-1} N$ ), see Chapter 5.3.3
$x_{N, red}$	nitrogen content of N reduced diet (in kg $kg^{-1} N$ ), see Chapter 5.3.3
$x_{reduced}$	share of population fed with a N reduced diet (in $pl\ pl^{-1}$ ), see below
$m_{g, sow}$	amount of N retained in the sow (in kg $pl^{-1} a^{-1} N$ ), see below
$m_{g, piglet}$	amount of N retained in piglets (in kg $pl^{-1} a^{-1} N$ ), see below

The inventory considers N reduced feeding of sows in the same districts and with the same frequencies as for the N reduced feeding of fattening pigs (see Chapter 5.5.3).

The temporal variation during a production cycle of sows' weight cannot be incorporated in the inventory. However, the mean net weight gain can be taken into account. According to GfE (2006), pg. 74, and DLG (2008), pgs 13 and 14, this can be estimated to be 35 kg  $an^{-1} ro^{-1}$ , a fact that has to be taken into account for the calculation of the N balance of the system sow-pigs.

Das Inventar berücksichtigt für Sauen die N-reduzierte Fütterung in den gleichen Kreisen mit den gleichen Häufigkeiten wie für die Mastschweine-Fütterung (s. Kapitel 5.5.3).

Die zeitlich variable Gewichtsentwicklung einer Sau während eines Durchganges kann im Inventar zwar nicht berücksichtigt werden; dagegen ist das mittlere Nettowachstum einer Sau, das nach GfE (2006), S. 74, und DLG (2008), S. 13 f. in konservativer Weise zu rund 35 kg  $an^{-1} ro^{-1}$  geschätzt wird, bei der Berechnung der N-Bilanz des Systems Sau/Ferkel zu berücksichtigen:

$$m_{g, sow} = n_{round} \cdot \Delta w_{round} \cdot x_{N, sow} \quad (5.8)$$

where

$m_{g, sow}$	amount of N retained in the sow (in kg $pl^{-1} a^{-1} N$ )
$n_{round}$	number of production cycles per year (in $cy = an\ pl^{-1} a^{-1}$ )
$\Delta w_{round}$	net weight gain of a sow during one round (in kg $pl^{-1} a^{-1} N$ ), see above
$x_{N, pig}$	nitrogen content of a pig's body ( $x_{N, pig} = 0.0256\ kg\ kg^{-1} N$ ) (LFL, 2004a)

The N balance has also to account for the amounts of N  $m_g$  retained in the piglets between birth and weaning. It is derived from the weight gained between birth and weaning and the mean N content of pigs as follows:.

Ebenfalls in der N-Bilanz des Systems Sau/Ferkel zu berücksichtigen ist die bis zum Absetzen in den Saugferkeln gebundene N-Menge  $m_g$ . Sie wird aus dem Gewicht der Konzeptionsprodukte sowie der Differenz von Ab-



setzgewicht und Geburtsgewicht sowie dem mittleren N-Gehalt von Schweinen berechnet.

$$m_{g, \text{ piglets}} = n_{sp} \cdot [a_{cp} + (w_{\text{piglet}, w} - w_{\text{piglet}, b})] \cdot x_{N, \text{ pig}} \quad (5.9)$$

where

$m_{g, \text{ piglets}}$	amount of N retained in conception products and growing piglets (in kg sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{sp}$	annual mean of piglets per sow (piglet sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.2
$a_{cp}$	mass of conception products developed per piglet (in kg piglet <sup>-1</sup> ), see below
$w_{\text{piglet}, w}$	weaning weight of a piglet (in kg piglet <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.1.2
$w_{\text{piglet}, b}$	birth weight of a piglet (in kg piglet <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.1.2
$x_{N, \text{ pig}}$	nitrogen content of a pig's body ( $x_{N, \text{ pig}} = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ) (LFL, 2004a)

The mass of conception products has to be related to the number of piglets raised. According to DLG (2008), pg. 13, the overall mass of the conception products is 25 kg sow<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>, the number of piglets is 13 per litter. Hence, the resulting mass per piglet ( $a_{cp}$ ) is the ratio of the mass of overall and the number of piglets, i.e.  $a_{cp} = 1.923 \text{ kg piglet}^{-1}$ .

Based on the digestibilities provided in Table 5.13 the calculation of the TAN content of excreta yields 77 % of total N excreted (see Chapter 3.2.4.6.3).

Die auf das einzelne Ferkel bezogene Masse der Konzeptionsprodukte ( $a_{cp}$ ) ist der Quotient aus der typischerweise insgesamt angesetzten Masse der Konzeptionsprodukte (25 kg sow<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>, see DLG, 2008, S. 13) und der dazu konsistenten Anzahl an Ferkeln pro Wurf (13 piglets sow<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>, see GfE, 2006, pg. 74). In diesem Fall erhält man  $a_{cp} = 1.923 \text{ kg Ferkel}^{-1}$ .

Mit Hilfe der Verdaulichkeiten nach Table 5.13 errechnet sich ein TAN-Gehalt der Ausscheidungen von 77 % der Gesamt-N-Ausscheidung (siehe Kapitel 3.2.4.6.3).

### 5.3.6.2 Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

For sows, KTBL provides amounts of straw between 0.4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> und 0.7 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> an (e. g. KTBL, 2006a, pg. 469 and pg. 461). Bedding in sow housings with a special piglets' nest („Ferkelnest“) amounts to 0.5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (KTBL, 2006a, pg. 499 and pg. 507). However, as no frequency distributions are available, there is no distinction between various sow housing types. Hence the inventory calculations are based on a straw input of 0.5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> equivalent to 2.2·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (1.1·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN, respectively).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.2.4.4. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

KTBL gibt für Sauen Strohmenngen zwischen 0,4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> und 0,7 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> an (z. B. KTBL, 2006a, S. 469 und S. 461). In der Sauenhaltung mit Ferkelnestern wird nach KTBL (2006a), S. 499 und S. 507, von 0,5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ausgegangen. Da im Inventar verschiedene Haltungsfornnen mangels Häufigkeitsverteilungen nicht unterschieden werden können, wird generell mit einer Strohmenge von 0,5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> bzw. 2,2·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (entsprechend 1,1·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN) gerechnet.

### 5.3.6.3 Partial emission factors “housing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

According to Dämmgen et al. (2010b, Table 1), national partial NH<sub>3</sub>-N emission factors are used, which are related to TAN, see Table 5.14.

Es werden nationale NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren nach Dämmgen et al. (2010b, Table 1) verwendet, die sich auf TAN beziehen, s. Table 5.14.

Table 5.14: Sows, partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N from housing (related to TAN)

		$EF_{\text{house}}$ in kg kg <sup>-1</sup> N
slurry based	all systems	0.34
straw based	all systems	0.34
Source: Dämmgen et al. (2010b)		

The mitigation of NH<sub>3</sub> emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.3.3.3.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.3.3.3.

#### 5.3.6.4 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und –raten werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

#### 5.3.6.5 Partial emission factors “storage” for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> und „Ausbringung“

These emission factors are the same for all pig categories. They are listed in Chapter 5.2.2.

Die Emissionsfaktoren sind für alle Schweinekategorien gleich, siehe Kapitel 5.2.2.

#### 5.3.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors are listed in Table 5.15 (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.6.3 and 4.3.7.8.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.3.3.3.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren sind in Table 5.15 angegeben (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.6.3 und 4.3.7.8 entnommen.

Die PM-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.3.3.3.

Table 5.15: Sows, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Sows	solid	0.58	0.09
	slurry	0.45	0.07

Source: EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10

**5.3.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen**

Table 5.16: Sows, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.09	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.09	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.09	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.58	EM1009.60
		NO	EM1009.141	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.09	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.33	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.09	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.09	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.09	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.08	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.52	IEF1009.54
		NO	IEF1009.106	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.08	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.30	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.01	AI1005PSH.21
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.25	EXCR.27

## 5.4 Weaners / Aufzuchtferkel

Weaners are young pigs between weaning and the begin of fattening.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 5.17.

Aufzuchtferkel sind die jungen Schweine nach dem Absetzen von der Sau bis zum Beginn der Mast.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.17 zusammengestellten Verfahren.

Table 5.17: Weaners, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 5.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The piglet numbers  $n_M$  (siehe Table 5.1) provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4) include all animals with live weights up to 20 kg an<sup>-1</sup>. In the inventory, this number cannot be used directly as the number of weaners, as it comprises the suckling-pigs (these are considered together with the sows, see Chapter 5.3.2) and does not cover those weaners heavier than 20 kg an<sup>-1</sup>. (For the end weight data of the piglet production cycle see Chapter 5.4.1.2 unterhalb.) Weaners exceeding the weight of 20 kg an<sup>-1</sup> are contained in the number of “young pigs” (Jungschweine,  $n_N$  in Table 5.1) in the official statistics. The number ( $n_{\text{piglets}+}$ ) is derived below.

These considerations immediately lead to the approach for the calculation of the number of animals in the inventory category “weaners” (Haenel et al., 2011a).

Die Ferkelzahlen  $n_M$  der Statistischen Landesämtern (StatLA C III 1 – vj 4), siehe Table 5.1, umfassen die Ferkel bis 20 kg an<sup>-1</sup> Gewicht. Diese Zahl kann nicht unmittelbar als Zahl der Aufzuchtsschweine im Inventar verwendet werden, da sie einerseits die bei den Sauen berücksichtigte Saugferkel-Population ( $n_{\text{sp}}$ , siehe Kapitel 5.3.2) einschließt, andererseits aber nicht diejenigen Aufzuchtferkel erfasst, die schwerer als 20 kg an<sup>-1</sup> sind. (Zum Endgewicht der Ferkelaufzucht-Phase siehe Kapitel 5.4.1.2 unten). Die Aufzuchtsschweine, die schwerer als 20 kg an<sup>-1</sup> sind, sind in der offiziellen Statistik der Jungschweine ( $n_N$ , siehe Table 5.1) enthalten. Ihre Anzahl wird im Folgenden mit  $n_{\text{piglets}+}$  bezeichnet.

Aus diesen Überlegungen resultiert unmittelbar der Ansatz zur Berechnung der Anzahl der Aufzuchtsschweine für das Inventar (Haenel et al., 2011a):

$$n_{\text{we}} = n_M - n_{\text{sp}} + n_{\text{piglets}+} \quad (5.10)$$

where

$n_{\text{we}}$	number of weaners in the inventory (in pl)
$n_{\text{sp}}$	number of suckling-pigs, see Chapter 5.3.2 (in pl)
$n_M$	number of piglets in German census, see Table 5.1 (in pl)
$n_{\text{piglets}+}$	number of weaners contained in the official pig category “young pigs”, see Table 5.1 (in pl)

with

$$n_{\text{piglets}+} = x_{\text{pN}} \cdot n_N \quad (5.11)$$

where

$n_{\text{piglets}+}$	number of weaners contained in the official pig category “young pigs”, see Table 5.1 (in pl)
$x_{\text{pN}}$	fraction of young pigs to be regrouped into the category of weaner (in pl pl <sup>-1</sup> )
$n_N$	number of young pigs in German census, see Table 5.1 (in pl)

The fraction of young pigs (Jungschweine),  $x_{pN}$ , in the inventory attributed to the category of weaners, is estimated from weight data as follows:

$$x_{pN} = \frac{w_{we, fin} - w_{yp, start}}{w_{yp, fin} - w_{yp, start}} \quad (5.12)$$

where

$x_{pN}$	fraction of young pigs to be regrouped into the category of weaner (in pl pl <sup>-1</sup> )
$w_{we, fin}$	weaner weight at the end of the production period (in pl), see Chapter 5.4.1.2
$w_{yp, start}$	lower weight boundary of the official category of young pigs ( $w_{yp, start} = 20 \text{ kg an}^{-1}$ , see Table 5.1)
$w_{yp, fin}$	upper weight boundary of the official category of young pigs ( $w_{yp, start} = 50 \text{ kg an}^{-1}$ , see Table 5.1)

The uncertainty in the census based animal numbers is between 4 and 5 %. The additional uncertainty due to the splitting of piglet numbers in order to obtain weaner numbers cannot be quantified.

Der relative Anteil  $x_{pN}$  der Jungschweine, die im Inventar der Kategorie der Aufzuchtferkel zugeordnet werden, wird mit Hilfe von Gewichtsdaten geschätzt:

Die Unsicherheiten der Tierzahlen aus der amtlichen Statistik beträgt etwa 4 bis 5 %. Die zusätzliche Unsicherheit durch die Berechnung der Zahl der Aufzuchtferkel kann nicht quantifiziert werden.

#### 5.4.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The initial weaner weight is the weight of a suckling-pig at the end of the lactation period ( $8 \text{ kg an}^{-1}$ , see Chapter 5.3.1.2). The final weaner weight is identical to the initial fattening pig weight ( $25 - 33 \text{ kg an}^{-1}$ , see Table 5.23 in Chapter 5.5.1.2).

The duration of weaner production ( $\tau_{we}$ ) is obtained by dividing the total weight gain by the average daily weight gain rate.

$$\tau_{we} = \frac{w_{we, fin} - w_{we, start}}{\beta \cdot \frac{\Delta w_{we}}{\Delta t}} \quad (5.13)$$

where

$\tau_{we}$	duration of weaner production (in d)
$w_{we, fin}$	weaner weight at the end of the production period (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see above
$w_{we, start}$	weaner weight at the beginning of the production period, i. e. piglet weight at weaning (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see above
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-3} \text{ kg g}^{-1}$ )
$\Delta w_{we} / \Delta t$	mean daily weight gain of weaners (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

No data is available on the spatial and temporal distribution of the mean daily weight gain. Thus, the daily weight gain has to be estimated. For this purpose, it is assumed that the weight gain rates of weaners and fattening pigs have developed similarly in given areas and years.

Das Aufzuchtferkel-Anfangsgewicht entspricht dem Saugferkelgewicht zum Zeitpunkt des Absetzens ( $8 \text{ kg an}^{-1}$ , siehe Kapitel 5.3.1.2). Die Endgewichtdaten in der Ferkelaufzucht entsprechen den Anfangsgewichten der Mastschweine ( $25 - 33 \text{ kg an}^{-1}$ , siehe Table 5.23 in Kapitel 5.5.1.2).

Die Aufzuchtdauer  $\tau_{we}$  ergibt sich aus dem Verhältnis von Gesamtzuwachs zu mittlerem täglichen Gewichtszuwachs.

Da regional und zeitlich differenzierte Daten des mittleren täglichen Zuwachses nicht verfügbar sind, muss der tägliche Gewichtszuwachs geschätzt werden. Dazu wird angenommen, dass sich die Gewichtszuwächse von Aufzuchtferkeln und Mastschweinen regional und zeitlich ähnlich entwickelt haben:

$$\frac{\Delta w_{we}}{\Delta t} = c_{we} \cdot \frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t} \quad (5.14)$$

where

$\Delta w_{we}/\Delta t$	mean daily weight gain of weaners (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$c_{we}$	constant, see below
$\Delta w_{fp}/\Delta t$	mean daily weight gain of fattening pigs (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), see Chapter 5.5.1.2

The daily weight gain rate is a function of time and therefore of animal weight as is shown exemplarily in Figure 5.1. However, example calculations showed that the total energy requirements of weaners during one round can well be calculated by using a constant mean daily weight gain. Hence, it seems appropriate to use a constant mean daily weight gain also in Equation ( 5.14).

Dieser Ansatz berücksichtigt nicht, dass die Gewichtszunahme eine Funktion der Lebenszeit und damit des Tiergewichtes ist, wie in Figure 5.1 beispielhaft gezeigt wird. Beispielrechnungen haben auch gezeigt, dass der Gesamtenergiebedarf mit hinreichender Genauigkeit auch durch Annahme einer konstanten mittleren Gewichtszunahme berechnet werden kann. Diesen Ansatz verfolgt das Inventar (siehe Gleichung ( 5.14)).

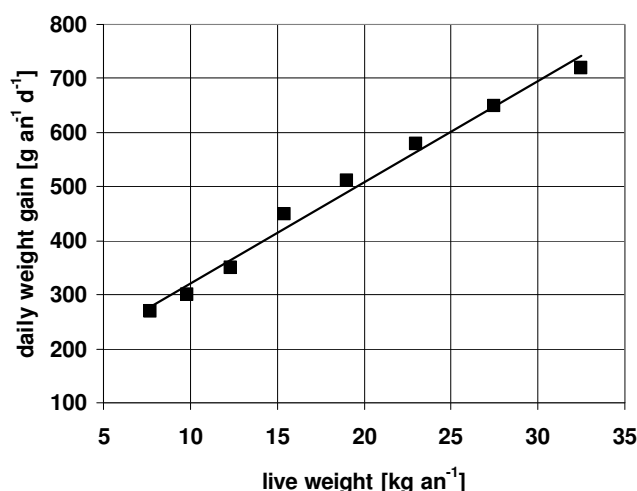


Figure 5.1: Weaners, weight gain as a function of live weight.  
Variable data: LfL (2004b); solid line: linear approximation.

The constant of proportionality,  $c_{we}$ , is obtained as  $c_{we} = 0.6216$  from the following data evaluation:

Die Proportionalitätskonstante  $c_{we}$  lässt sich aus einer Datenauswertung zu  $c_{we} = 0,6216$  errechnen:

$$c_{we} = \frac{1}{\Delta t_{we, KTBL}} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ (w_{we, fin, i} - w_{we, start, i}) \cdot \left( \frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t} \right)_i^{-1} \right] \quad (5.15)$$

where

$c_{we}$	constant
$n$	total number of original data sets available from the federal-state data base for the years 1990 to 2008
$i$	running index
$w_{we, fin, i}$	weaner weight at the end of the production period (in $\text{kg animal}^{-1}$ ), see above
$w_{we, start, i}$	weaner weight at the beginning of the production period, i. e. piglet weight at weaning (in $\text{kg animal}^{-1}$ ), see Table 1
$\Delta t_{we, KTBL}$	typical duration of weaner production period (national mean, excluding service times) as provided by KTBL (2004), pg. 466 ( $\Delta t_{we, KTBL} = 48 \text{ d}$ )
$\Delta w_{fp}/\Delta t$	mean daily weight gain of fattening pigs (in $\text{g animal}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), see above

Using  $c_{we} = 0.6216$ , the daily weaner weight gain rates vary between  $377 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$  and  $466 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ , de-

Setzt man  $c_{we} = 0,6216$ , so ergeben sich als tägliche Gewichtszunahmen für Aufzuchtferkel Werte zwischen

pending on federal state and year. The national mean for 1990 to 2006 is  $420 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , which is identical with the typical value given by KTBL (2004), pg. 465.

The calculated duration of weaner production,  $\tau_{\text{we}}$ , is between 40 and 59 d  $\text{ro}^{-1}$  (for the original data without data gap closure), a range similar to that reported by KTBL (2004), pg. 466, of 45 to 60 d  $\text{ro}^{-1}$ .

$377 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  and  $466 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  in Abhängigkeit von Bundesland und Jahr. Als Mittelwert für die gesamte Bundesrepublik und die Jahre 1990 bis 2006 ergeben sich  $420 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Dieser Wert wird in KTBL (2004), S. 465 als typischer Wert angesehen.

Die berechnete Dauer des Aufzuchtferkelproduktion  $\tau_{\text{we}}$  beträgt 40 bis 59 d  $\text{ro}^{-1}$  (Originaldaten ohne Schließung der Datenlücken). Dies entspricht dem in KTBL (2004), S. 466, angegebenen Wert von 45 bis 60 d  $\text{ro}^{-1}$ .

#### 5.4.1.3 Number of production cycles per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr

The number of production cycles per year,  $n_{\text{round}}$ , results from the duration of the fattening period and the time for disinfection. The latter is assumed to last for 8 d  $\text{ro}^{-1}$  (KTBL, 2004, pg. 465).

Die Anzahl der Mastdurchgänge  $n_{\text{round}}$  pro Jahr ergibt sich aus der Mastdauer und der Reinigungszeit. Für letztere werden 8 d  $\text{ro}^{-1}$  angesetzt (KTBL, 2004, S. 465).

$$n_{\text{round}} = \frac{\alpha}{\tau_{\text{we}} + \tau_{\text{service}}} \quad (5.16)$$

where

$n_{\text{round}}$	number of animal rounds (in $\text{cy} = \text{an pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )
$\tau_{\text{we}}$	duration of weaner production cycle (in d $\text{ro}^{-1}$ ), see Chapter 5.4.1.2
$\tau_{\text{service}}$	duration of cleansing period (in d $\text{ro}^{-1}$ ), see above

#### 5.4.2 Energy requirements / Energiebedarf

For weaners, the metabolic energy (ME) requirements comprise the requirements for both maintenance and growth. The calculation is based on the recommendations in GfE (2006).

The amount of ME required for maintenance and growth between animal weights  $w_{\text{we},0}$  and  $w_{\text{we},1}$  is calculated with the subsequent formula (Haenel et al., 2011a):

Bei Aufzuchtferkeln umfasst der Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs. Die Berechnung erfolgt nach den Empfehlungen in GfE (2006).

Der ME-Gesamtbedarf für Erhaltung und Zuwachs, der in der Wachstumsphase zwischen den Tiergewichten  $w_{\text{we},0}$  und  $w_{\text{we},1}$  entsteht, wird wie folgt berechnet (Haenel, 2011a):

$$\Sigma ME_{\text{we}}(w_{\text{we},0}, w_{\text{we},1}) = \eta_{\text{ME}, \text{m}, \text{we}} \cdot \frac{w_{\text{unit}}^2}{1.75 \cdot (\Delta w / \Delta t)_{\text{we}}} \cdot \left[ \left( \frac{w_{\text{we},1}}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} - \left( \frac{w_{\text{we},0}}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} \right] + \eta_{\text{ME}, \text{g}, \text{we}}^* \cdot (w_{\text{we},1} - w_{\text{we},0}) \quad (5.17)$$

where

$\Sigma ME(w_0, w_1)$	ME required for the fattening phase between the weights $w_0$ and $w_1$ (in MJ $\text{an}^{-1}$ ME)
$\eta_{\text{ME}, \text{m}, \text{we}}$	specific metabolisable energy required for maintenance ( $\eta_{\text{ME}, \text{m}, \text{we}} = 1.25 \cdot 0.44 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 23)
$w_{\text{unit}}$	unit weight ( $w_{\text{unit}} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )
$w_{\text{we},0}, w_{\text{we},1}$	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_{\text{we},0} < w_{\text{we},1}$ (in kg $\text{an}^{-1}$ ME)
$(\Delta w / \Delta t)_{\text{we}}^*$	mean daily weight gain during the entire fattening period (in kg $\text{an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )

and

$$\eta_{\text{ME}, \text{g}, \text{we}}^* = \frac{\alpha_{\text{p}, \text{we}}}{k_{\text{p}, \text{we}}} \cdot P_{\text{we}} + \frac{\alpha_{\text{f}, \text{we}}}{k_{\text{f}, \text{we}}} \cdot \left( a_{\text{F}, \text{we}} + b_{\text{F}, \text{we}} \cdot \frac{w_{\text{we},0} + w_{\text{we},1}}{2} \right) \quad (5.18)$$

where

$\eta_{\text{ME, g, we}}^*$	effective specific metabolizable energy required for growth, to be used for the entire fattening period (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$\alpha_{\text{p, we}}$	energy content of protein ( $\alpha_{\text{p, we}} = 23.8 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , see GfE, 2006, pg. 32)
$\alpha_{\text{f, we}}$	energy content of fat ( $\alpha_{\text{f, we}} = 39.7 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$k_{\text{p, we}}$	partial efficiency ( $k_{\text{p, we}} = 0.7 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$k_{\text{f, we}}$	partial efficiency ( $k_{\text{f, we}} = 0.7 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2000, pg. 33)
$P_{\text{we}}$	constant ratio of protein gain to weight gain ( $P_{\text{we}} = 0.17 \text{ kg kg}^{-1}$ , see GfE, 2000, pg. 29)
$a_{\text{F, we}}$	constant ( $a_{\text{F, we}} = 0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$b_{\text{F, we}}$	constant ( $b_{\text{F, we}} = 0.003 \text{ kg}^{-1} \text{ an}$ )
$w_{\text{we,0}}, w_{\text{we,1}}$	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_{\text{we,0}} < w_{\text{we,1}}$ (in kg an <sup>-1</sup> ME)

Note that the above given procedure to calculate the cumulative ME requirements is based on the assumption that, other than displayed in Figure 5.1, the daily weight gain rate is not a function of the animal weight and can be taken as a constant mean value. Exemplary calculations have shown that the effect of this simplification is negligible.

Zu beachten ist, dass die oben angegebene Prozedur zur Berechnung des kumulativen ME-Bedarfs auf der Annahme einer konstanten, d. h. im Gegensatz zu in Figure 5.1 nicht vom Lebendgewicht abhängigen mittleren täglichen Gewichtszunahme beruht. Beispielrechnungen haben aber gezeigt, dass die Auswirkung dieser Vereinfachung vernachlässigbar ist.

### 5.4.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Weaners are fed in two phases. The change from phase 1 to phase 2 is at an approximate weight of 12 kg an<sup>-1</sup>. This weight is used in the inventory.

Typical properties of the phase feeding are listed in Table 5.18.

The feed composition in the New Länder in the years after the German unification did not differ in principle from that listed in Table 5.18 (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstern).

N reduced feeding of fattening pigs is possible. However, it is of minor relevance (Expert judgement Küster, LWK Niedersachsen) and no reliable data are available. Hence, N reduced feed is not considered in the inventory.

Aufzuchtferkel werden in zwei Phasen gefüttert. Die Grenze zwischen den beiden Phasen wird durch eine Tiergewicht von 12 kg an<sup>-1</sup> definiert.

Typische Eigenschaften der Phasenfütterung gehen aus Table 5.18 hervor.

In den neuen Bundesländern unterschied sich auch unmittelbar nach der Wende das Futter nicht von dem in Table 5.18 angegebenen (Expertenschätzung Schnabel, Rönsch, Bodenstern).

Eine mögliche N-reduzierte Fütterung von Aufzuchtferkeln wird wegen geringer Bedeutung (Experturteil Küster, LWK Niedersachsen) und entsprechend unsicherer Datenlage im Inventar nicht berücksichtigt.

Table 5.18: Weaners, diets used in the inventory, and their properties

( $X_{\text{DE}}$ : digestibility of energy;  $X_{\text{ME}}$ : metabolisability;  $\eta_{\text{ME}}$ : content of metabolisable energy, related to dry matter;  $X_{\text{DOM}}$ : digestibility of organic matter;  $x_{\text{N}}$ : N content of normal feed, related to dry matter;  $x_{\text{N, red}}$ : N content of N reduced feed, related to dry matter;  $x_{\text{ash}}$ : ash content of feed, related to dry matter)

Feed type	Phase	Major components	$X_{\text{DE}}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{\text{ME}}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$\eta_{\text{ME}}^a$ MJ kg <sup>-1</sup> ME	$x_{\text{N}}^a$ in kg kg <sup>-1</sup>	$x_{\text{N, red}}$ in kg kg <sup>-1</sup>	$X_{\text{DOM}}^a$ in kg kg <sup>-1</sup>	$x_{\text{ash}}^a$ in kg kg <sup>-1</sup>
weaners A	1	wheat, barley, soybeans and soybean meal, maize	0.8626	0.8524	14.0	0.0290	-	0.89	0.058
weaners B	2	wheat, barley, soybeans (full fat), maize, soybean oil	0.8498	0.8064	13.8	0.0266	-	0.88	0.057

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, private communication; energy and protein/nitrogen contents according to Beyer et al. (undated) and LfL (2004b).

The daily intakes of feed, nitrogen, and gross energy ( $GE_{\text{we}}$ ) are averaged over both feeding phases by analogy to the method described in Chapter 5.3.3. Digestibility  $X_{\text{DE}}$  and metabolizability  $X_{\text{ME}}$  are obtained by analogy.

Die über beide Phasen gemittelte tägliche Aufnahme an Futter, Stickstoff und Gesamtenergie  $GE_{\text{we}}$  analog zu Kapitel 5.3.3 beschrieben berechnet. Entsprechendes gilt auch für die Verdaulichkeit  $X_{\text{DE}}$  und die Umsetzbarkeit  $X_{\text{ME}}$ .



#### 5.4.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.4.3) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of  $0.006 \text{ MJ MJ}^{-1}$  is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 5.4.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von  $0,006 \text{ MJ MJ}^{-1}$  ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 5.4.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to treat  $\text{CH}_4$  emissions from manure management (cf. Chapter 3.2.3.3.3).

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 5.18. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is  $0.88 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content (related to dry matter) for 2010 amounts to  $0.057 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.3.4.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationen in Table 5.18. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0,88 \text{ kg kg}^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0,057 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) für die einzelnen Lagerungssysteme sind Table 5.2 in Kapitel 5.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 5.4.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $\text{N}_{\text{org}}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $\text{N}_{\text{org}}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

5.4.6.1 *N excretion / N-Ausscheidung*

The amount of N taken in with feed is calculated using typical diet composition and amounts of feed. The amount of N retained is subtracted (N content of weaners' bodies: 0.0256 kg kg<sup>-1</sup>; LfL, 2004a).

Die mit dem Futter aufgenommene N-Menge wird für typische Futterzusammensetzungen und –mengen leistungsbezogen berechnet. Hiervon wird die im Körper verbleibende N-Menge abgezogen (N-Gehalt des Gesamtkörpers 0,0256 kg kg<sup>-1</sup>; LfL, 2004a).

$$m_{\text{excr}} = n_{\text{round}} \cdot (m_{\text{F, FD}} \cdot x_{\text{N}} - \Delta w_{\text{we}} \cdot x_{\text{N, pig}}) \quad (5.19)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_{\text{round}}$	number of animal rounds (in cy = an pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.4.1.3
$m_{\text{F, DM}}$	daily feed intake of a sow, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.4.3
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of normal diet (in kg kg <sup>-1</sup> N), see Chapter 5.4.3
$\Delta w_{\text{we}}$	weight gain (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.4.1.2
$x_{\text{N, pig}}$	nitrogen content of a pig's body ( $x_{\text{N, pig}} = 0.0256$ kg kg <sup>-1</sup> N) (LFL, 2004a)

The content of ammoniacal N (TAN) is calculated (see Chapter 3.2.4.6.3). It amounts to about the value given by Döhler et al. (2002), which is 66 % of the N excreted.

Der TAN-Gehalt wird berechnet (siehe Kapitel 3.2.4.6.3). Er liegt im Bereich des von Döhler et al. (2002) angegebenen Wertes von 66 % der ausgeschiedenen N-Menge.

5.4.6.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 5.19. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 5.19 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.2.4.4 verwiesen.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 5.19: Weaners, N inputs with straw in German weaner houses (straw based systems)

Animal house type		straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
closed insulated stable	deep litter	0.20 <sup>a</sup>	0.17	0.86·10 <sup>-3</sup>	0.43·10 <sup>-3</sup>
	plane floor with bedding ("Zweiflächenbucht")	0.15 <sup>b</sup>	0.13	0.65·10 <sup>-3</sup>	0.32·10 <sup>-3</sup>
free ventilated	kennel house	0.15 <sup>c</sup>	0.13	0.65·10 <sup>-3</sup>	0.32·10 <sup>-3</sup>
	deep litter	0.20 <sup>d</sup>	0.17	0.86·10 <sup>-3</sup>	0.43·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: assumption that housing system is comparable to "free ventilated, deep litter"

<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 577; <sup>c</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 581; <sup>d</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 585

5.4.6.3 *Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen*

The frequency distribution of housing, storage and application methods is the same as for fattening pigs (see Chapter 5.5.5).

Die Häufigkeit der Haltungsverfahren, der Lagerungsverfahren und der Ausbringungsverfahren entspricht der von Mastschweinen (siehe Kapitel 5.5.5).

#### 5.4.6.4 Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

For the specific housing systems, national  $\text{NH}_3$  emission factors are adopted from fattening pig housing systems (see Chapter 5.5.6.3).

The mitigation of  $\text{NH}_3$  emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.3.3.3.

Es werden nationale haltungsspezifische  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren aus der Mastschweinehaltung übernommen (siehe Kapitel 5.5.6.3).

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.3.3.3.

#### 5.4.6.5 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

#### 5.4.6.6 Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

The partial emission factors for storage and application (spreading) are the same for all pig sub-categories (see Table 5.3 to Table 5.9).

Die partiellen Emissionsfaktoren für die Lagerung und Ausbringung sind für alle Schweine gleich (vgl. Table 5.3 bis Table 5.9).

#### 5.4.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

EMEP(2009) does not provide PM emission factors for weaners. Hence, the values given in EMEP(2007)-B1100-5 are retained, see Table 5.20. For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.6.3 and 4.3.7.8.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.3.3.3.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

EMEP(2009) gibt für Aufzuchtferkel keine PM-Emissionsfaktoren an. Deshalb werden die in EMEP(2007)-B1100-5 vorgeschlagenen Werte weiter verwendet, siehe Table 5.20. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.6.3 und 4.3.7.8 entnommen.

Die PM-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.3.3.3.

Table 5.20: Weaners, emission factors  $EF_{\text{PM}}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for $\text{PM}_{10}$	Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$
		$\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	$\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$
weaners	solid	n.a.	n.a.
	slurry	0.18	0.029

Source: EMEP(2007)-B1100-5

#### 5.4.8 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 5.21: Weaners, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.10	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.10	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.10	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.61	EM1009.63
		NO	EM1009.142	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.10	
		PM <sub>2,5</sub>	EM1010.34	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.11	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.10	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.10	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.09	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.55	IEF1009.57
		NO	IEF1009.107	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.09	
		PM <sub>2,5</sub>	IEF1010.31	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.22	AI1005PSH.42
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.28	EXCR.30

## 5.5 Fattening pigs / Mastschweine

Fattening pigs are all pigs in the final fattening stages, i.e. with weights above about 28 kg an<sup>-1</sup> till slaughtering (ca. 105 bis 120 kg an<sup>-1</sup> live weight).

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 5.22.

Als Mastschweine werden alle Schweine bezeichnet, die von Gewichten ab größenordnungsmäßig 28 kg an<sup>-1</sup> bis zur Schlachtreife (etwa 105 bis 120 kg an<sup>-1</sup>) gehalten werden.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.22 zusammengestellten Verfahren.

Table 5.22: Fattening pigs, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 5.5.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The animal numbers relevant for the inventory can be obtained from the statistical data available (StatLA C III 1 –vj 4) taking into account that the number of piglets of a weight greater than or equal to the officially given value of 20 kg has to be subtracted (Haenel et al, 2011b):

Die im Inventar zu verwendenden Tierzahlen können aus den statistisch verfügbaren Daten (StatLA C III 1 –vj 4) berechnet werden, wobei allerdings noch die Anzahl der Ferkel mit einem Gewicht größer oder gleich der offiziellen Tiergewichtsgrenze von 20 kg zu subtrahieren ist (Haenel et al, 2011b):

$$n_{fp} = n_N + n_O + n_P + n_Q - n_{\text{piglets} +} \quad (5.20)$$

where

$n_{fp}$	number of fattening pigs considered
$n_N$ etc.	animal numbers of type N (etc.) in the German census (see Table 5.1)
$n_{\text{piglets} +}$	number of piglets exceeding the piglet number in the German census, see Chapter 5.4.1.1

The basic assumption regarding the uncertainty of pig numbers applies also to fattening pigs: the uncertainty is between 4 and 5 %. A normal distribution is assumed.

Die grundsätzliche Annahme zur Unsicherheit der Tierzahlen von Schweinen trifft auch für Mastschweine zu: Der Fehler der Tierzählung beträgt zwischen 4 und 5 %. Normalverteilung wird angenommen.

#### 5.5.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

German statistics offer carcass weights for each year and each German federal state. Weights of weaners and fattening pigs at the beginning and the end the fattening period can be obtained from pig producers' associations and from the various federal states (Table 5.23 to Table 5.25). No data are available for the City States Hamburg, Bremen and Berlin.

Die deutsche Schlachtstatistik gibt lediglich die Gewichte nach Schlachtung für jedes Bundesland und jedes Jahr. Gewichte für den Beginn und das Ende der Mastperiode für Mastschweine können von den Schweineproduzenten und den verschiedenen Bundesländern erhalten werden (Table 5.23 bis Table 5.25). Für die Stadtstaaten Hamburg, Bremen und Berlin sind keine Daten verfügbar.

Table 5.23: Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in kg an<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BW	28	28	28	28	29	29	30	29	29.3		29.9		29.5		30	30	30.9	32.3	32.3	31.4	31.7
BY	27	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29.4	29.6	29.8	28.3			30.4	30	30.8		
BB								27	27	27	27	27	27				28	28	28.2		
HE	26	27	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29	30				30	30	31		
MV								28	27	27	27	27	27				28.8	29	29.8		
NI	25.5	26	26	27	28	28.5	28.5	28.5	28.5	29	29	29	28.5	30	30	30	30	30	30.3		
NW	24	24	25	26	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29.1	30	29.2		
RP	25	26	26	27	28	28	28	29	28	29	30	31	33	31	32	32.3	33.5	33.5	32.9		
SL	25	26	26	27	28	28	28	29	28	29	30	31	33	31							
SN				28	27			28	28	28	27	27	27				28.8	29.8	28.5		
ST																			27.5	28.6	
SH	25	25	26	26	27	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	29.5	29.8	30	30.7	30.6	30.6
TH							28	27	28	28	28	27	27				28.0	28.5	27.5	28.9	29.8

Sources: ZDS, various years; LKV (2003); LSZ (2007, 2008a, 2009a); BD (2011); SMUL (2008, 2009) ThLMNU (2002, 2009), Scholz & Zacharias (2008); LWK-SH (2010); TLL (2011)

Table 5.24: Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in kg an<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BW	106	106	106	109	110	110	112	112	113	114	113	114	116	117	118		119	119	119	119.4	120
BY	105	106	106	108	109	111	111	113	114	115	114.4	114.9	116	116.3			118	118	117.6		
BB								115	113	114	113	115	114				115	115	115.6	115.7	116
HE	107	106	109	112	111	114	114	113	116	116	116	117	119				121		121		
MV								113	113	115	115	116	117				117	117	116.2	116.8	117.5
NI	109.5	110	110.5	112.5	116	116.5	117	117	118	117	116	116.5	117.5	118	118.5	118.6	119.7		119		
NW	109	111	112	114	115	117	118	119	119	118	118	119	120	120	120	119.8	119.8	120	120		
RP	106	107	107	107	109	110	111	113	114	115	114	114	117	117	118	118	119.1	119	116.4		
SL	106	107	107	107	109	110	111	113	114	115	114	114	117	117							
SN				116	109		111.3	113.4	114.4	113.9	114.6	114.5	115.0	116.2	115.7	115.7	116.4	116.8	116.6	116.8	118.3
ST																			117.5	117.5	
SH	106	109	110	112	114	117	117	117	117	117	116	117	117	118	118	118.4	119	119	118.3	119.1	120.2
TH							113	112	119	113	113	116	115				117	118	116	117.1	119

Sources: ZDS, various years; LKV (2003); LSZ (2007, 2008a, 2009a); BD (2011); LKV-ST (2009, 2010); MLUR-BB (2002); Segger (2005b); SLL (2004); SMUL (2002, 2008, 2009, 2010); ThMLNU (2002, 2009), Scholz & Zacharias (2008) ; LWK-SH (2010); TLL (2011)

Table 5.25: Fattening pigs, weight gain during fattening (in g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BW	627	627	623	634	638	632	641	643	660	670	671	681	684		688	679	688	701	701	708	708
BY	653	656	651	649	653	656	658	664	672	685	684	695	699	697			705	705	709		
BB							620	647	647	652	654	671	675			689	704	709	718	734	750
HE	651	650	641	647	665	657	661	645	665	675	683	695	695		702	704	715	721	719	117	743
MV								656	656	677	676	683	689				749	749	752	771	796
NI	647	645	648	656	651	653	671	672	685	693	704	711	702	696	700	717	724		730		
NW	638	637	641	650	658	664	671	687	704	716	722	728	716	720	721	729	728	724	732		
RP	643	648	643	627	645	646	647	656	665	688	707	707	683	693	707	694	721	721	708		
SL	643	648	643	627	645	646	647	656	665	688	707	707	683								
SN				607	621		627	647	668	680	699	697	709	716	711	729	749	766	744	777	814
ST								676	684	686	681	687	671	687	704	724	721	735	734	782	740
SH	634	641	647	651	666	675	688	697	708	726	732	738	740	735	731	735	750	750	760	776	793
TH							653	646	657	658	671	675	691				737	752	773	768	807

Sources: ZDS, various years; HMULV (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011); LKV (2003); LKV-ST (2005, 2007, 2008, 2009, 2010); LSZ (2007, 2008a, 2009a); BD (2011); MLUR-BB (2002); MLUV-BB (2007, 2008); Segger (2005b); SLL (2004); SMUL (2002, 2008, 2009, 2010); ThMLNU (2002, 2009); Scholz & Zacharias (2008) ; LWK-SH (2010); TLL (2011)

The data concerning pig production collated in Table 5.23 to Table 5.25 exhibits a considerable number of gaps, in particular in the New Länder. These data sets cannot be closed using data sets derived from other sources, i.e. from slaughter statistics: it is not appropriate to use a constant conversion factor of 0.77 kg kg<sup>-1</sup>. This is illustrated by Figure 5.2 where the data calculated according to Chapter 2.1.4.5 with 0.77 kg kg<sup>-1</sup> are displayed over those recorded by the producers.

Die in Table 5.23 bis Table 5.25 zusammengestellten Daten zur Schweineproduktion enthalten erhebliche Lücken insbesondere bei den Neuen Bundesländern. Diese Datensätze lassen sich nicht mit Gewichten aus der Schlachtstatistik kombinieren, da hier offenbar andere Tiere betrachtet wurden oder der konstante Umrechnungsfaktor (0,77 kg kg<sup>-1</sup>) unangemessen ist. Figure 5.2 illustriert dies durch Vergleich der nach Kapitel 2.1.4.5 mit 0,77 kg kg<sup>-1</sup> berechneten Werte mit den Angaben der Produzenten.

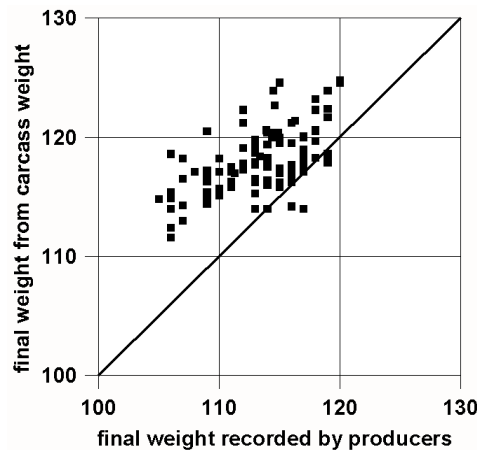


Figure 5.2: Fattening pigs, comparison of final live weights (calculation vs. producer data) (weights in kg an<sup>-1</sup>; for details see text)

In the inventory, the data provided by the producers' associations are used, as the data sets of weights and weight gains are consistent and unified. There is no need for subsequent conversions. If these data were not available, corresponding data provided by the federal states in their annual agricultural reports were used.

Missing data at the end of a time series were replaced by the latest available data, respectively.

In the federal states of Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen and Thüringen, conditions for pig production changed drastically in 1990. In 1990, slaughter weight of pigs in these new Länder exceeded those in the Old Länder by far; weight gains were considerably smaller. Since 1991, conditions can be compared to those typical for the Old Länder.

For the New Länder and 1990, 35 kg an<sup>-1</sup> was assumed as a standardised weight at the beginning of fattening, 115 kg an<sup>-1</sup> for the end. Typical weight gains were about 550 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

After 1991, the data sets for Hessen are used to replace missing values in the New Länder, until they published their own data (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Missing data for Sachsen-Anhalt are replaced by those of Thüringen, as the agreement between carcass weights is best. The occasional data for Sachsen-Anhalt originate from Iden experimental farm and are not representative of the situation in the whole federal state.

For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

Im Inventar wurden die Angaben der Züchterverbände verwendet, denn sie stellen aufeinander bezogen die Gewichte und die Gewichtszunahmen in einem einheitlichen Datensatz dar, der ohne Umrechnungen auskommt. Wenn diese Daten fehlten, wurden Daten aus Agrarberichten der Bundesländer genutzt.

Fehlende Daten am Ende der Datenreihe werden vorläufig durch Fortschreiben der jeweils letzten verfügbaren Werte ersetzt.

Die Schweinemast in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen änderte sich nach 1990 erheblich. Im Jahre 1990 waren die Tiergewichte in diesen Ländern deutlich höher als in den Alten Bundesländern, die Gewichtszunahmen deutlich geringer. Seit 1991 gelten jedoch Werte, wie sie für die Alten Bundesländer typisch sind.

Für die Neuen Länder und 1990 wurden einheitlich 35 kg an<sup>-1</sup> für den Anfang der Mast und 115 kg an<sup>-1</sup> für das Ende der Mast angenommen. Die Gewichtszunahme lag bei 550 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Von 1991 an bis zur Verfügbarkeit eigener Werte werden die Daten für Hessen für alle Neuen Bundesländer übernommen. (Expertenurteil Schnabel, Rönsch, Bodenstein)

Fehlende Daten für Sachsen-Anhalt werden durch Daten aus Thüringen ersetzt, da hier die Übereinstimmung der Schlachtkörpergewichte am größten ist. Vereinzelt Daten aus Sachsen-Anhalt stammen aus dem Musterbetrieb Iden und werden als nicht repräsentativ angesehen.

Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

### 5.5.1.3 Number of rounds per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr

Up to submission 2011 (see Rösemann et al., 2011), the annual number of production rounds was calculated from initial and final weights, mean daily weight gain and an assumption for the cleansing time between subsequent production rounds. This was necessary as no data were available on the number of production rounds.

According to a survey on federal state level in 2010 (Dämmgen et al., 2011b), the actual numbers of production rounds are lower than the values calculated earlier. Table 5.26 displays the differences of the numbers of production rounds (aggregated on national level).

Bis einschließlich Submission 2011 (siehe Rösemann et al., 2011) wurde die jährliche Anzahl an Mastdurchgängen aus Anfangsgewicht, Mastendgewicht, mittlere tägliche Zunahme und angenommener Stallreinigungsdauer zwischen aufeinanderfolgenden Durchgängen berechnet, da keine Daten zur Durchgangszahl vorlagen.

Nach einer im Jahr 2010 vorgenommenen Umfrage in den Bundesländern (Dämmgen et al., 2011b) sind die tatsächlichen Durchgangszahlen niedriger als die früher berechneten Werte. Table 5.26 zeigt die Unterschiede der auf Bundesebene aggregierten Durchgangszahlen.

Table 5.26: Fattening pigs, national mean of annual number of production cycles (in ro a<sup>-1</sup>) in Submissions 2011 and 2012

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
2011	2.64	2.81	2.75	2.68	2.74	2.69	2.68	2.70	2.70	2.77	2.82	2.81	2.79	2.78	2.79	2.81	2.87	2.89	2.92	2.95	
2012	2.40	2.45	2.43	2.42	2.44	2.41	2.44	2.45	2.49	2.50	2.56	2.57	2.56	2.52	2.56	2.56	2.59	2.61	2.63	2.63	2.69

Sources: see text.

Sources: see text.

The differences displayed in Table 5.26 lead to a decrease of total emissions.

For the emission calculations from 2009 onwards the time series of the numbers of production rounds on federal state level will be completed by adoption of the respective 2008 data. This approach assumes that the husbandry conditions do not change significantly compared to the 2008 situation.

Daraus ergibt sich im Vergleich zur früheren Modellversion eine Verringerung der Gesamtemissionen.

Zur Emissionsberechnung über das Jahr 2008 hinaus werden (bis zu einer Folgerhebung) die Zeitreihen der in den Bundesländern erhobene Durchgangsdauern durch Übernahme der Werte von 2008 ergänzt. Dieser Ansatz beruht auf der Annahme, dass sich die Mastbedingungen von Jahr zu Jahr nicht wesentlich ändern.

### 5.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

The energy requirements of fattening pigs are calculated according to the recommendations in GfE (2006), cf. Haenel et al. (2011a). These recommendations refer to animal weights from 30 kg an<sup>-1</sup> to 100 kg an<sup>-1</sup>, but are used in the inventory for all fattening pigs ( $\leq 30$  kg an<sup>-1</sup> bis  $\geq 100$  kg an<sup>-1</sup>).

Metabolic energy (ME) requirements comprise the requirements for both maintenance and growth:

Der Energiebedarf von Mastschweinen wird nach den Empfehlungen in GfE (2006) berechnet, vgl. Haenel et al. (2011a). Die Angaben in GfE (2006) gelten für Tiergewichte von 30 kg an<sup>-1</sup> bis 100 kg an<sup>-1</sup> werden im Inventar aber für alle Mastschweine verwendet ( $\leq 30$  kg an<sup>-1</sup> bis  $\geq 100$  kg an<sup>-1</sup>).

Der Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) umfasst den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs:

$$\Sigma ME = \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{m,j} + \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{g,j} \quad (5.21)$$

where

$\Sigma ME$	total metabolizable energy for the fattening-period (in MJ an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ME)
$\tau_{day}$	unit time period ( $\tau_{day} = 1$ d ro <sup>-1</sup> )
$ME_j$	total metabolizable energy requirements for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
j	index of day
$k_{fin}$	number of final day of fattening period
$\sum \tau_{day} \cdot ME_{m,j}$	fattening-period total of $ME_{m,j}$ (in MJ an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ME)
$ME_{m,j}$	metabolizable energy required for maintenance for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\sum \tau_{day} \cdot ME_{g,j}$	fattening-period total of $ME_{g,j}$ (in MJ an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ME)
$ME_{g,j}$	metabolizable energy required for growth for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)



The maintenance energy is given by:

Für die Erhaltungsenergie gilt:

$$ME_{m,j} = \eta_{ME,m} \cdot w_{unit} \cdot \left( \frac{w_j}{w_{unit}} \right)^{0.75} \quad (5.22)$$

where

$ME_{m,j}$	metabolisable energy required for maintenance for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME,m}$	specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> , see below)
$w_j$	live weight on day j (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{unit}$	unit weight ( $w_{unit} = 1$ kg an <sup>-1</sup> )

According to GfE (2006), pg. 23, the specific energy for maintenance is given by:

Die spezifische Erhaltungsenergie ist nach GfE (2006), S. 23, gegeben durch:

$$\eta_{ME,m} = \eta_{ME,m,n} \cdot \left( a_m - b_m \cdot \frac{w_j - w_n}{w_x - w_n} \right) \quad (5.23)$$

where

$\eta_{ME,m}$	specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME,m,n}$	reference value of specific metabolisable energy for maintenance ( $\eta_{ME,m,n} = 0.44$ MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> , GfE, 2006, pg. 23))
$a_m$	constant ( $a_m = 1.25$ MJ MJ <sup>-1</sup> )
$b_m$	constant ( $b_m = 0.25$ MJ MJ <sup>-1</sup> )
$w_j$	live weight on day j (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_n$	lower threshold of animal weight (in kg an <sup>-1</sup> , see below)
$w_x$	upper threshold of animal weight (in kg an <sup>-1</sup> , see below)

GfE (2006) uses  $w_n = 30$  kg an<sup>-1</sup> and  $w_x = 100$  kg an<sup>-1</sup>. For animal weights lower than  $w_n$  the term in brackets is set equal to  $a_m$ , while for weights greater than  $w_x$  it equals  $a_m - b_m$ .

The energy required for growth is calculated according to:

GfE (2006) setzt  $w_n = 30$  kg an<sup>-1</sup> und  $w_x = 100$  kg an<sup>-1</sup>, wobei für Tiergewichte kleiner als  $w_n$  der Wert der Klammer gleich  $a_m$  und für Tiergewichte größer als  $w_x$  gleich  $a_m - b_m$  gesetzt wird.

Die für Zuwachs benötigte Energie wird wie folgt berechnet:

$$ME_{g,j} = \eta_{ME,g,j} \cdot \left( \frac{\Delta w}{\Delta t} \right)_j \quad (5.24)$$

where

$ME_{g,j}$	metabolizable energy required for daily growth on day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
j	index of day
$\eta_{ME,g,j}$	specific metabolizable energy required for growth on day j (in MJ kg <sup>-1</sup> ME, see below)
$(\Delta w / \Delta t)_j$	daily weight gain per animal and day j (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

The specific energy requirements for growth,  $\eta_{ME,g,i}$ , is a function of protein and fat gain, which means it is a function of life time:

Der spezifische Energiebedarf für Zuwachs,  $\eta_{ME,g,i}$ , ist von Protein- und Fettzunahme und damit von der Lebenszeit abhängig:

$$\eta_{ME,g,j} = \frac{\alpha_p}{k_p} \cdot P_j + \frac{\alpha_f}{k_f} \cdot F_j \quad (5.25)$$

where

$\eta_{ME,g,j}$	day-dependent specific metabolizable energy required for growth (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
j	index of day
$\alpha_p$	energy content of protein ( $\alpha_p = 23.8$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, see GfE, 2006, pg. 32)
$\alpha_f$	energy content of fat ( $\alpha_f = 39.7$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, see GfE, 2006, pg. 33)

$k_p$	partial efficiency ( $k_p = 0.56 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$k_f$	partial efficiency ( $k_f = 0.74 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$P_j$	day-dependent ratio of protein gain to weight gain (in $\text{kg kg}^{-1}$ , see below)
$F_j$	day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in $\text{kg kg}^{-1}$ , see below)

The relative protein gain  $P$  can be obtained by differentiation of Equation 8 in GfE (2006), pg. 30, with respect to animal weight.

Die relative Proteinzunahme  $P$  erhält man durch Differenzieren von Gleichung 8 in GfE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht:

$$P_j = a_P - b_P \cdot w_j \quad (5.26)$$

where

$P_j$	day-dependent ratio of protein gain to weight gain (in $\text{kg kg}^{-1}$ , see below)
$j$	index of day
$a_P$	constant ( $a_P = 0.168 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$b_P$	constant ( $b_P = 2 \cdot 0.0000914 \text{ kg}^{-1} \text{ an}$ )
$w_j$	live weight on day $j$ (in $\text{kg an}^{-1}$ )

Differentiation of Equation 9 in GfE (2006), pg. 30 with respect to animal weight and the introduction of a reduction factor  $0.94 \text{ kg kg}^{-1}$  (GfE, 2006, pp. 28 and 31) yields the relative fat gain  $F$ :

Die Differenzierung von Gleichung 9 in GfE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht sowie die Berücksichtigung eines Reduktionsfaktors von  $0,94 \text{ kg kg}^{-1}$  (GfE, 2006, S. 28 und 31) ergibt die relative Fettzunahme  $F$ :

$$F_j = a_F \cdot (b_F + c_F \cdot w_j) \quad (5.27)$$

where

$F_j$	day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$j$	index of day
$a_F$	constant ( $a_F = 0.94 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$b_F$	constant ( $b_F = 0.1162 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$c_F$	constant ( $c_F = 2 \cdot 0.001389 \text{ kg}^{-1} \text{ an}$ )
$w_j$	live weight on day $j$ (in $\text{kg an}^{-1}$ )

By analogy to the procedure used for weaners (see Chapter 5.4.2) the summation formula given above is transformed into an equation, which allows to calculation of the cumulative metabolisable energy from two limiting animal weights, either the start weight and the live end weight, or the weights limiting a specific feeding phase.

For this purpose the summation formula is transformed into an integral equation as described by Haenel et al. (2011a). In order to account for the fact that the specific metabolisable energy  $\eta_{\text{ME}, m}$  is defined separately for the animal weight intervals „lower than  $30 \text{ kg an}^{-1}$ “, „30 to  $100 \text{ kg an}^{-1}$ “ und „greater than  $100 \text{ kg an}^{-1}$ “, the integration has to be performed separately for these three intervals.

Like for the weaners (Chapter 5.4.2), the integration is performed under the assumption of a constant (i. e. mean) weight gain rate, cf. also Dämmgen et al. (2009a), pg. 178.

Integration then leads to a formula for the ME amount required for the growth between animal weights  $w_0$  and  $w_1$ . Application of this equation requires  $w_0 < w_B$  und  $w_1 > w_A$ :

Wie bei den Aufzuchtferkeln (siehe Kapitel 5.4.2) wird die obige Summenformel in eine Gleichung umgewandelt, mit deren Hilfe der kumulative Energiebedarf zwischen zwei Tiergewichten berechnet werden kann, die entweder Anfangs- und Endgewicht der Mastphase darstellen oder aber auch nur eine Fütterungsphase begrenzen können.

Zu diesem Zweck erfolgt wie Haenel et al. (2011a) beschrieben eine Transformation der Summengleichung in eine Integralgleichung. Zur Berücksichtigung der stückweise linear definierten spezifischen metabolisierbaren Energie  $\eta_{\text{ME}, m}$  (siehe oben) ist die Integration allerdings getrennt für die Tiergewichtsbereiche „kleiner als  $30 \text{ kg an}^{-1}$ “, „30 bis  $100 \text{ kg an}^{-1}$ “ und „größer als  $100 \text{ kg an}^{-1}$ “ durchzuführen.

Wie bei den Aufzuchtferkeln (Kapitel 5.4.2) erfolgt die Integration unter der Annahme einer konstanten (d. h. mittleren) täglichen Wachstumsrate, vgl. auch Dämmgen et al. (2009a), S. 178.

Damit ergibt sich eine Formel für den Bedarf an ME, der benötigt wird, um von einem Gewicht  $w_0$  zu einem Gewicht  $w_1$  zu gelangen (Voraussetzung:  $w_0 < w_B$  und  $w_1 > w_A$ ):

$$\Sigma ME_{fp}(w_0, w_1) = \eta_{ME, m, n} \cdot \left[ \frac{\varphi_1(w_0, w_1, w_A) + \varphi_2(w_0, w_1, w_A, w_B) + \varphi_3(w_0, w_1, w_B)}{(\Delta w / \Delta t)^*} \right] + \eta_{ME, g}^* \cdot (w_1 - w_0) \quad (5.28)$$

where

$\Sigma ME_{fp}(w_0, w_1)$  ME required for the fattening phase between the weights  $w_0$  and  $w_1$  (in MJ an<sup>-1</sup> ME)  
 $\eta_{ME, m, n}$  reference value of specific metabolisable energy for maintenance ( $\eta_{ME, m, n} = 0.44 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)  
 $w_0, w_1$  animal weights limiting a special fattening phase, with  $w_0 < w_1$  (in kg an<sup>-1</sup> ME)  
 $w_A$  reference weight according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_A = 30 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $w_B$  reference weight according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_B = 100 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $(\Delta w / \Delta t)^*$  mean weight gain during the entire fattening period (in kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

and

$$\varphi_1 = \frac{a_m \cdot w_{unit}^2}{1.75} \cdot \left[ \left( \frac{\min(w_1, w_A)}{w_{unit}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\min(w_0, w_A)}{w_{unit}} \right)^{1.75} \right] \quad (5.29)$$

$$\varphi_2 = \left\{ \begin{aligned} & \frac{w_{unit}^2}{1.75} \cdot \left( a_m + \frac{b_m \cdot w_A}{w_B - w_A} \right) \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_A, \min(w_1, w_B))}{w_{unit}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{unit}} \right)^{1.75} \right] - \\ & \frac{b_m \cdot w_{unit}^3}{2.75 \cdot (w_B - w_A)} \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_A, \min(w_1, w_B))}{w_{unit}} \right)^{2.75} - \left( \frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{unit}} \right)^{2.75} \right] \end{aligned} \right\} \quad (5.30)$$

$$\varphi_3 = \frac{w_{unit}^2}{1.75} \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_1, w_B)}{w_{unit}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\max(w_0, w_B)}{w_{unit}} \right)^{1.75} \right] \quad (5.31)$$

$$\eta_{ME, g}^* = \frac{\alpha_p}{k_p} \cdot \left( a_p - b_p \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) + \frac{\alpha_f}{k_f} \cdot a_F \cdot \left( b_F + c_F \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) \quad (5.32)$$

where

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  functions of  $w_0, w_1, w_A$ , and  $w_B$  (in kg<sup>2</sup> an<sup>-2</sup>)  
 $w_0, w_1$  animal weights limiting a special fattening phase, with  $w_0 < w_1$  (in kg an<sup>-1</sup> ME)  
 $w_A$  reference animal according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_A = 30 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $w_B$  reference animal according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_B = 100 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $w_{unit}$  unit weight ( $w_{unit} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $a_m$  constant ( $a_m = 1.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)  
 $b_m$  constant ( $b_m = 0.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)  
 $\eta_{ME, g}^*$  effective specific metabolizable energy required for growth, see below (in MJ kg<sup>-1</sup> ME)  
 $\alpha_p$  coefficient ( $\alpha_p = 23.8 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , see GfE, 2006, pg. 32)  
 $k_p$  coefficient ( $k_p = 0.56 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)  
 $a_p$  constant ( $a_p = 0.168 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above)  
 $b_p$  constant ( $b_p = 2 \cdot 0.0000914 \text{ kg}^{-1} \text{ an}$ , see above)  
 $\alpha_f$  coefficient ( $\alpha_f = 39.7 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , see GfE, 2006, pg. 33)  
 $k_f$  coefficient ( $k_f = 0.74 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2000, pg. 33)  
 $a_F$  constant ( $a_F = 0.94 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above)  
 $b_F$  constant ( $b_F = 0.1162 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above)  
 $c_F$  constant ( $c_F = 2 \cdot 0.001389 \text{ kg}^{-1} \text{ an}$ , see above)

### 5.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The properties of typical diet compositions are listed in Table 5.27.

The inventory considers N reduced feeding of fattening pigs, see Chapter 3.3.3.2. For this purpose  $x_{N,red}$  is used instead of  $x_{N,red}$  (see Table 5.27).

Die Kennwerte typischer Futterzusammensetzungen sind in Table 5.27 wiedergegeben.

Das Inventar berücksichtigt für Mastschweine die N-reduzierte Fütterung, siehe Kapitel 3.3.3.2. Dafür kommt  $x_{N,red}$  anstelle von  $x_{N,red}$  zum Einsatz (siehe Table 5.27).

Table 5.27: Fattening pigs, diets used, related energies, and nitrogen contents.

( $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolisability;  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_N$ : N content of normal feed, related to dry matter;  $x_{N,red}$ : N content of N reduced feed, related to dry matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

feed type	weight range in kg an <sup>-1</sup>	major components	$X_{DE}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}^a$ MJ kg <sup>-1</sup> ME	$x_N$ in kg kg <sup>-1</sup>	$x_{N,red}$ in kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM}^a$ in kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash}^a$ in kg kg <sup>-1</sup>
fatteners A	30 to 60	wheat, rye, wheat gluten meal, soy-bean meal, triticale, rapeseed meal	0.8307	0.8119	13.4	0.0280 <sup>a</sup>	0.0272 <sup>b</sup>	0.86	0.053
fatteners B	60 to 120		0.8170	0.7907	13.0	0.0275 <sup>a</sup>	0.0227 <sup>c</sup>	0.84	0.057

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, privat communication; energy and protein/nitrogen contents according to Beyer et al. (2004) and LfL (2004b).

<sup>b</sup>  $x_N$  for N reduced feed: calculated as 97.2 % from  $x_N$  for normal feed (based on the 97.2 % relation which can be deduced from the data given in DLG (2005), pg. 41).

<sup>c</sup>  $x_N$  for N reduced feed: calculated as 82.4 % from  $x_N$  for normal feed (based on the 82.4 % relation which can be deduced from the data given in DLG (2005), pg. 41).

The intake of dry matter during phase A is calculated from the requirements of metabolizable energy and the ME content of phase A feed:

Die in Phase A aufgenommene Futtertrockenmasse berechnet sich aus dem Bedarf an umsetzbarer Energie und dem ME-Gehalt des Futters in Phase A:

$$m_{F, DM, A} = \frac{\Sigma ME_A}{\eta_{ME, A}} \quad (5.33)$$

where

$m_{F, DM, A}$	amount of feed intake (dry matter) in phase A (in kg pl <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_A$	total of ME intake during phase A (in MJ ME)
$\eta_{ME, A}$	ME content of feed in phase A, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME), see Table 5.27

The calculations for phase B are done by analogy.

Die Berechnung für Phase B erfolgt analog.

The annual mean of the daily intake of gross energy is obtained as follows:

Die übers Jahr gemittelte tägliche Gesamtenergieaufnahme ergibt sich aus der folgenden Gleichung:

$$GE_{fp} = \frac{(m_{F, DM, A} \cdot \eta_{GE, A} + m_{F, DM, B} \cdot \eta_{GE, B}) \cdot n_{round}}{\alpha} \quad (5.34)$$

where

$GE_{fp}$	mean daily gross energy requirements of a fattening pig (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$m_{F, DM, A}$	amount of feed intake (dry matter) in phase A (in kg pl <sup>-1</sup> ), see above
$m_{F, DM, B}$	amount of feed intake (dry matter) in phase B (in kg pl <sup>-1</sup> ), see above
$\eta_{GE, A}$	GE content of feed in phase A, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME), see below
$\eta_{GE, B}$	GE content of feed in phase B, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME), see below
$n_{round}$	number of animal rounds (in cy = an pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.5.1.3

The GE content of phase A feed can be derived from the data provided in Table 5.27 as is described by the subsequent equation which applies to phase B as well.

$$\eta_{GE, A} = \frac{\eta_{ME, A}}{X_{ME, A}} \quad (5.35)$$

where

$\eta_{GE, A}$	GE content of feed in phase A, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, A}$	ME content of feed in phase A, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME), see Table 5.27
$X_{ME, A}$	metabolizability of feed in phase A (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

#### 5.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.5.3) and the methane conversion factor  $x_{CH_4, GE}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of 0.006 MJ MJ<sup>-1</sup> is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Der GE-Gehalt des Futters in Phase A lässt sich anhand der Daten in Table 5.27 bestimmen (analog für Phase B):

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 5.5.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von 0,006 MJ MJ<sup>-1</sup> ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 5.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

A Tier-2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management of dairy cows (cf. Chapter 3.2.3.3.3).

VS excretions are calculated according to the method described in Dämmgen et al. (2011a) which differs from the method given in IPCC, see Chapter 3.2.3.2.

This modified method requires data on the digestibility of organic matter and the ash content of feed. These entities are obtained as weighted means from the data sets provided in Table 5.27. In 2010, the national mean digestibility of organic matter is 0.84 kg kg<sup>-1</sup> while the national mean of the ash content is 0,056 kg kg<sup>-1</sup> (related to dry matter).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2.).

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 3.3.4.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationen in Table 5.27. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,84 kg kg<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,056 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren ( $MCF$ ) für die einzelnen Lagerungssysteme sind Table 5.2 in Kapitel 5.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche

exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.5.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{\text{org}}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{\text{org}}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 5.5.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

The amount of N taken in with feeds is calculated for typical diet composition and rations in accordance with performance data. The amount of N retained is subtracted.

Normal diet and N reduced diet are differentiated.

Die mit dem Futter aufgenommene N-Menge wird für typische Futterzusammensetzungen und -mengen leistungsbezogen berechnet. Hiervon wird die im Körper verbleibende N-Menge abgezogen.

Es wird zwischen normaler und N-reduzierter Fütterung unterschieden.

$$m_{\text{excr}} = \left\{ \left[ (m_{\text{F, DM, A}} \cdot x_{\text{N, A}} + m_{\text{F, DM, B}} \cdot x_{\text{N, B}}) \cdot (1 - x_{\text{red}}) + (m_{\text{F, DM, A}} \cdot x_{\text{N, red, A}} + m_{\text{F, DM, B}} \cdot x_{\text{N, red, B}}) \cdot x_{\text{red}} \right] - \Delta w \cdot x_{\text{N, pig}} \right\} \cdot n_{\text{round}} \quad (5.36)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$m_{\text{F, DM, A}}$	amount of feed intake (dry matter) in phase A (in kg $\text{pl}^{-1}$ ), see Chapter 5.5.3
$m_{\text{F, DM, B}}$	amount of feed intake (dry matter) in phase B (in kg $\text{pl}^{-1}$ ), see Chapter 5.5.3
$x_{\text{N, A}}$	N content of normal feed in phase A, related to dry matter (in kg $\text{kg}^{-1} \text{N}$ ), see Table 5.27
$x_{\text{N, B}}$	N content of normal feed in phase B, related to dry matter (in kg $\text{kg}^{-1} \text{N}$ ), see Table 5.27
$x_{\text{N, red, A}}$	N content of N reduced feed in phase A, related to dry matter (in kg $\text{kg}^{-1} \text{N}$ ), see Table 5.27
$x_{\text{N, red, B}}$	N content of N reduced feed in phase B, related to dry matter (in kg $\text{kg}^{-1} \text{N}$ ), see Table 5.27
$x_{\text{red}}$	share of pigs fed with N reduced diet (in $\text{pl} \text{pl}^{-1}$ ), see Table 5.27
$\Delta w$	total weight gain during fattening (in kg $\text{an}^{-1}$ )
$x_{\text{N, pig}}$	nitrogen content of a pig's body ( $x_{\text{N, pig}} = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ) (LFL, 2004a)
$n_{\text{round}}$	number of animal rounds (in $\text{cy} = \text{an} \text{pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), see Chapter 5.5.1.3

Typical N excretions are between 16.0 kg  $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  and 16.5 kg  $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  for normal feed and between 13 kg  $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  and 13.5 kg  $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  for protein reduced feed.

The TAN content varies with the feed composition. More than 70 % of the N excreted is ammoniacal N (TAN), which is somewhat higher than the value of 66 % given by Döhler et al. (2002).

Typische N-Ausscheidungen bewegen sich zwischen 16 kg  $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  und 16,5 kg  $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  für normale Fütterung und zwischen 13 kg  $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  und 13 kg  $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  bei N-reduzierter Fütterung.

Die TAN-Gehalte der Ausscheidungen sind in Abhängigkeit von der Futter-Zusammensetzung variabel. Sie liegen über 70 % und damit höher als der von Döhler et al. (2002) angegebene Wert von 66 %.

#### 5.5.6.2 Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 5.28. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

All straw N is considered to be organic N, of which

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 5.28 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.2.4.4 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes

50 % may mineralize to TAN during storage.

N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 5.28: Fattening pigs, N inputs with straw in German fattening pig houses (straw based systems)

		straw input kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
closed insulated stable	deep litter	1.0 <sup>a</sup>	0.86	4.30·10 <sup>-3</sup>	2.15·10 <sup>-3</sup>
	plane floor with bedding	0.3 <sup>b</sup>	0.26	1.29·10 <sup>-3</sup>	0.65·10 <sup>-3</sup>
free ventilated	kennel house	0.3 <sup>a</sup>	0.26	1.29·10 <sup>-3</sup>	0.65·10 <sup>-3</sup>
	deep litter	1.0 <sup>c</sup>	0.86	4.30·10 <sup>-3</sup>	2.15·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: value fixed by KTBL working group „Emission factors for animal husbandry“ (communicated by B. Eurich-Menden/KTBL)

<sup>b</sup> Source: expert judgment B. Eurich-Menden/KTBL on the basis of housing system MS0007 in KTBL (2006a)

<sup>c</sup> Source: housing system MS0006 in KTBL (2006a)

### 5.5.6.3 Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

The emission factors used for housing (see Table 5.29) relate to TAN. They are derived from national data (Dämmgen et al., 2010b).

The frequency distributions of housing types are supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

Es werden nationale Werte für die partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren verwendet, die sich auf TAN beziehen (Dämmgen et al., 2010b), siehe Table 5.29.

Die Häufigkeitsverteilungen der Haltungsverfahren werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

Table 5.29: Fattening pigs, partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N from housing (related to TAN)

			EF <sub>house</sub> (in kg kg <sup>-1</sup> N)
slurry based	closed insulated stable	fully slatted floor	0.3
		partly slatted floor	0.3
	free ventilated	kennel house	0.2
straw based	closed insulated stable	deep litter	0.4
		plane floor with bedding	0.4
	free ventilated	kennel house	0.2
		deep litter	0.35

Source: Dämmgen et al. (2010b)

The mitigation of NH<sub>3</sub> emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.3.3.3.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.3.3.3.

### 5.5.6.4 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

### 5.5.6.5 Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

The frequency distributions of the storage and spreading systems types are supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

Die Häufigkeitsverteilungen der Lager- und Ausbringungsverfahren werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

The partial emission factors for storage and applica-

Die partiellen Emissionsfaktoren für die Lagerung

tion (spreading) are the same for all pig sub-categories (see Table 5.5 to Table 5.9).

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  is also valid for fattening pigs.

As for dairy cattle,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

und Ausbringung sind für alle Schweine gleich (vgl. Table 5.3 bis Table 5.9).

Auch für Mastschweine gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für  $\text{NH}_3$  die Größenordnung von 30 % hat.

Für  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

### 5.5.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors are listed in Table 5.30 (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.6.3 and 4.3.7.8.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.3.3.3.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren sind in Table 5.30 angegeben (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.6.3 und 4.3.7.8 entnommen.

Die PM-Emissionen mindernde Wirkung von in manchen Kreisen in der Schweinehaltung vorhandenen Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.3.3.3.

Table 5.30: Fattening pigs, emission factors  $EF_{\text{PM}}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for $\text{PM}_{10}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$
Fatteners	solid	0.50	0.08
	slurry	0.42	0.07

Source: EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10

### 5.5.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 5.31: Fattening pigs, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	$\text{CH}_4$ enteric fermentation	EM1004.11	
		$\text{CH}_4$ manure management	EM1005.11	
		$\text{NH}_3$	EM1009.11	
		$\text{N}_2\text{O}$	EM1009.64	EM1009.66
		$\text{NO}$	EM1009.143	
		$\text{PM}_{10}$	EM1010.11	
		$\text{PM}_{2.5}$	EM1010.35	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.12	
Emission factors	Emissionsfaktoren	$\text{CH}_4$ enteric fermentation	IEF1004.11	
		$\text{CH}_4$ manure management	IEF1005.11	
		$\text{NH}_3$	IEF1009.10	
		$\text{N}_2\text{O}$	IEF1009.58	IEF1009.60
		$\text{NO}$	IEF1009.108	
		$\text{PM}_{10}$	IEF1010.10	
		$\text{PM}_{2.5}$	IEF1010.32	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.43	AI1005PSH.65
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.31	EXCR.33



## 5.6 Breeding boars / Zuchteber

Breeding boars form an own subcategory in the German census.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 5.32.

Zuchteber sind alle als solche in der Statistik bezeichneten männlichen Schweine.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.32 zusammengestellten Verfahren.

Table 5.32: Boars, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 5.6.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4). They can be used without any further transformation.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4) und sind ohne Umrechnung verwendbar.

$$n_{bo} = n_V \quad (5.37)$$

where

$n_{bo}$	number of boars
$n_V$	animal numbers of type V in the German census (see Table 5.1)

According to Dämmgen (2005), an uncertainty of 4 to 5 % is assumed for statistical data.

Die statistischen Daten haben eine Unsicherheit von 4 bis 5 % (Dämmgen, 2005).

#### 5.6.1.2 Animal weight / Tiergewicht

According to expert judgement (see Haenel et al., 2011a), the mean animal weight is assumed to be 200 kg an<sup>-1</sup>. The animal weight is not used in the calculation of the energy requirements. It is only used for the calculation of a overall mean pig weight.

Das mittlere Tiergewicht wird nach Expertenurteil (siehe Haenel et al., 2011a) mit 200 kg an<sup>-1</sup> angesetzt. Das Tiergewicht geht nicht in die Energiebedarfsrechnung, sondern nur in die Berechnung des mittleren Schweinegewichts ein.

### 5.6.2 Energy requirements / Energiebedarf

For breeding boars, the metabolic energy requirements comprise the requirements for both maintenance and growth. However, as the contribution of boars to the overall emissions from pig husbandry is almost negligible, the inventory simply assumes all boars counted by the official census to be adult boars the weight gain of which is restricted (GfE, 2006, pg. 84).

Due to the boars' limited importance and the scarcity of data (GfE, 2006, pg. 84) the inventory does not attempt to model energy requirements of boars. While GfE

Für Zuchteber umfasst der Bedarf an umsetzbarer Energie den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs. Da der Beitrag der Zuchteber zur Gesamtemission aus der Schweinehaltung nahezu vernachlässigbar ist, wird für das Inventar vereinfachend angenommen, dass alle in der Officialstatistik erfassten Eber erwachsene Tiere mit begrenzter Gewichtszunahme sind (GfE, 2006, pg. 84).

Aufgrund der begrenzten Bedeutung der Eber und dem Mangel an Daten (GfE, 2006, pg. 84) verzichtet das Inventar darauf, den Energiebedarf zu berechnen. Wäh-

(1987), pg. 68, suggested mean ME requirements of  $30 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , GfE (2006), pg. 84, recommends a range of  $30$  to  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . A rough estimate based on the data provided in GfE (2006), pg. 83, and the use of ME calculation approach for fattening pigs (see Chapter 5.5.2) indicates that the value of  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  better matches a mean boar weight of  $200 \text{ kg an}^{-1}$  than  $30 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Hence the inventory assumes daily ME requirements of  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  leading to cumulative annual ME requirements of  $12775 \text{ MJ an}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

rend GfE (1987), S. 68, einen mittleren ME-Bedarf von  $30 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  empfiehlt, wird in GfE (2006), S. 84, ein Bereich von  $30$  bis  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  angegeben. Eine Überslagsrechnung mit Hilfe der in GfE (2006), S. 83, angegebenen Daten und der Berechnungsmethode für Mastschweine (siehe Kapitel 5.5.2) zeigt, dass ein Wert von  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  besser zu einem Ebergewicht von  $200 \text{ kg an}^{-1}$  passt als  $30 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . Das Inventar geht daher von  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  aus, was zu einem kumulativen ME-Bedarf von  $12775 \text{ MJ an}^{-1} \text{ a}^{-1}$  führt.

### 5.6.3 *Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme*

Neither GfE (1987) nor GfE (2006) recommend specific feeds for boars. Thus, this inventory makes use of the feed fed to sows during Phase A. For the feed properties see Chapter 5.3.3, Table 5.13.

The daily intake of feed and gross energy is calculated by analogy to the method described in Chapter 5.3.3. The daily feed intake is  $2.7 \text{ kg an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , the daily gross energy intake amounts to  $GE_{\text{bo}} = 44 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

Weder GfE (1987) noch GfE (2006) geben spezielle Ernährungsempfehlungen für Eber an. Das Inventar geht deshalb von Futterzusammensetzung für Sauen in der Phase A aus. Zu den Futtereigenschaften siehe Kapitel 5.3.3, Table 5.13.

Die tägliche Futtermenge sowie die damit aufgenommene tägliche Gesamtenergie  $GE_{\text{bo}}$  wird sinngemäß wie in Kapitel 5.3.3 beschrieben berechnet. Die tägliche Futteraufnahme liegt bei  $2,7 \text{ kg an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , die tägliche GE-Aufnahme  $GE_{\text{bo}}$  bei  $44 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

### 5.6.4 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.2.2.3 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.6.3) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of  $0.006 \text{ MJ MJ}^{-1}$  is given in IPCC(1996)-3-4.35. IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.2.2.3 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 5.6.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von  $0,006 \text{ MJ MJ}^{-1}$  ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.6.5 *Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement*

A Tier-2 approach is used to treat  $\text{CH}_4$  emissions from manure management of dairy cows (cf. Chapter 3.2.3.3.3).

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

For the necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained see Chapter 5.6.3; Therefore the national mean digestibility of organic matter is  $0.81 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content (related to dry matter) amounts to  $0.056 \text{ kg kg}^{-1}$ .

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.3.2).

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2).

Zu den dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter siehe Kapitel 5.6.3; bundesweit werden danach die Verdaulichkeit mit  $0,81 \text{ kg kg}^{-1}$  und der Aschegehalt mit  $0,056 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse) angesetzt.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.2.

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 3.3.4.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be about 20 %. The data base for boars is less detailed than for other pigs. However, due to the small animal numbers, the overall uncertainty is not affected. German data do not exist yet.

The inventory assumes an uncertainty of 20 % interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 3.3.4 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit eines Stufe-2-Verfahrens auf 20 %. Die Datenbasis für Eber ist schlechter als die für die anderen Schweine; die Unsicherheiten sind insgesamt jedoch wegen der geringen Tierzahlen unbedeutend.

Das Inventar geht von einer Unsicherheit von 20 % aus und interpretiert diese als Standardfehler. Es wird eine normalverteilung angenommen.

#### 5.6.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{\text{org}}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{\text{org}}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 5.6.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

The N excretion calculation is based on the ME requirements (see Chapter 5.6.2) and the ME and N contents of the feed (see Chapter 5.6.3). No N retention is considered. The N excretion calculation yields N excretions of  $27.8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . TAN is calculated as well and amounts to ca. 83 %.

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  is also valid for boars.

$\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Die Berechnung der N-Ausscheidung beruht auf dem ME-Bedarf (siehe Kapitel 5.6.2) sowie dem ME- und dem N-Gehalt des Futters (siehe Kapitel 5.6.3). Eine N-Retention wird nicht berücksichtigt. Es ergibt sich eine N-Ausscheidung von  $27,8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . Der TAN-Gehalt wird ebenfalls berechnet und beläuft sich auf ca. 83 %.

Auch für Eber gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für  $\text{NH}_3$  die Größenordnung von 30 % hat.

Für  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  wird eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

##### 5.6.6.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $0.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  or  $2.2 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  ( $1.1 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.2.4.4. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Einstreumenge ist  $0,5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh bzw.  $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  und  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ .

##### 5.6.6.3 Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen

For boars the distributions of housing and manure management systems are assumed to be the same as for sows.

Für Eber werden die gleichen Haltungsverfahren wie für Sauen angenommen.

##### 5.6.6.4 Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

It is assumed that sows and boars are housed in similar houses (see Chapter 5.6.6.3). Hence, the partial emission factors for  $\text{NH}_3\text{-N}$  used for sow houses (see Chapter

Wegen der Annahme vergleichbarer Haltungsverfahren für Sauen und Eber (s. Kapitel 5.6.6.3) werden die partiellen Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3\text{-N}$  aus dem Stall

5.3.6.3, Table 5.14) are also applied to describe boar houses.

von der Sauen-Haltung übernommen, siehe Kapitel 5.3.6.3 (Table 5.14).

#### 5.6.6.5 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und –raten werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

#### 5.6.6.6 Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

The partial emission factors for storage and application (spreading) are the same for all pig sub-categories (see Table 5.5 to Table 5.9).

Die partiellen Emissionsfaktoren für die Lagerung und Ausbringung sind für alle Schweine gleich (vgl. Table 5.3 bis Table 5.9).

#### 5.6.7 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

For boars, no specific emission factors have been reported. As it is assumed that boars and sows are housed in similar houses, the emission factors for sows are used instead (see Chapter 5.3.7). For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.7.6.3 and 4.3.7.8.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Eigene Emissionsfaktoren für Eber existieren nicht. Wegen der angenommenen Vergleichbarkeit der Halteverfahren werden die Emissionsfaktoren für Sauen übernommen (siehe Kapitel 5.3.7). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmist-systeme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.7.6.3 und 4.3.7.8 entnommen.

#### 5.6.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 5.33: Boars, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.12	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.12	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.12	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.67	EM1009.69
		NO	EM1009.144	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.12	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.36	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.13	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.12	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.12	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.11	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.61	IEF1009.63
		NO	IEF1009.109	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.11	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.33	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.66	AI1005PSH.85
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.34	EXCR.36

## 5.7 Pigs – collective description / Schweine – zusammenfassende Daten

For greenhouse gases, emissions have to be reported for pigs as a single category.

IPCC does not provide methods for the aggregation of data calculated for the animal subcategories.

In the German inventory, the aggregation of emissions and emission explaining data has to take into account that suckling-pigs do not represent a separate animal subcategory, but are integrated into the calculations for sows (cf. Chapters 5.1 and 5.3).

Hence, with exception of mean animal weight and pregnancy, the data aggregation is to be based on the data of the four separate animal subcategories sows, weaners, fattening pigs and boars.

Total emissions as well as amounts of bedding material are calculated by addition. The aggregation of emission explaining data is described in Chapter 5.7.2.

It is combined with the definition of an inventory-specific total number of pigs, which deviates from the total number of pigs reported by the German census, see Chapter 5.7.1.

Averaging procedures in former German inventories (cf. e. g. Haenel et al, 2010) were inconsistent with respect to the needs formulated above. In general, the values of the means were considerably underestimated, because the number of suckling-pigs was used only in the denominators of the weighting equations but not in the nominators.

Hence, after consultation with the persons in charge at the German Federal Environmental Agency, the aggregation methods have been revised as is described in the following.

Hinsichtlich der Treibhausgase sind Schweine zusammengefasst als eine Kategorie zu berichten.

IPCC gibt keine Verfahren zur Aggregation der Daten aus den einzelnen Tierkategorien an.

Die Aggregation von Emissionen und emissionserklärenden Daten im deutschen Inventar muss berücksichtigen, dass die Saugferkel nicht als separate Kategorie geführt werden, sondern bei den Sauen mitgerechnet werden (siehe dazu Kapitel 5.1 und 5.3).

Daher ist, mit Ausnahme des mittleren Tiergewichtes und der Trächtigkeit, die Aggregation allein auf die Daten der vier Berichtskategorien Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine und Eber zu stützen.

Gesamtemissionen und Einstreumengen werden dabei durch jeweilige Addition berechnet. Auf die Aggregation von emissionserklärenden Daten geht Kapitel 5.7.2 ein.

Damit verbunden ist eine Definition der im Inventar zu berichtenden Schweinegesamtzahl, die von der offiziellen Schweinegesamtzahl abweicht, siehe Kapitel 5.7.1.

Die im deutschen Inventar (s. z. B. Haenel et al., 2010) bislang verwendeten Mittelungsansätze wiesen im Hinblick auf die o. g. Anforderungen Inkonsistenzen auf. Die tatsächlichen Mittelwerte wurden in der Regel beträchtlich unterschätzt, da die Saugferkelzahl nur im Nenner der Mittelungsvorschrift und nicht im Zähler auftrat.

Nach Rücksprache mit den Verantwortlichen beim deutschen Umweltbundesamt wurden die Methoden – wie im Folgenden beschrieben – für das vorliegende Inventar überarbeitet.

### 5.7.1 Animal numbers /Tierzahlen

The total number of all pigs reported from the German census is given by:

$$n_{\text{pigs, official}} = n_M + n_N + n_O + n_P + n_Q + n_R + n_S + n_T + n_U + n_V \quad (5.38)$$

where

$n_M$  etc. number of animals in census subcategory M, etc. (see Table 5.1)

Die Summe aller Schweine aus der amtlichen Statistik ist wie folgt gegeben:

In the German inventory, part of the piglets counted in the official category M is not represented explicitly, but is integrated into the calculations for sows. Hence, the total number of pigs in the German inventory is lower than the total number counted in the German census:

$$n_{\text{pigs, inventory}} \left\{ \begin{array}{l} = (n_M - n_{sp}) + n_N + n_O + n_P + n_Q + n_R + n_S + n_T + n_U + n_V \\ = n_{so} + n_{we} + n_{fp} + n_{bo} \end{array} \right. \quad (5.39)$$

where

$n_M$  etc. number of animals in census subcategory M, etc. (see Table 5.1)

Da im deutschen Inventar ein Teil der in der offiziellen Kategorie M gezählten Ferkel als Saugferkel in der Inventarkategorie Sauen berücksichtigt werden, ist die im Inventar verwendete Gesamtzahl aller Schweine kleiner als die Gesamtzahl nach der amtlichen Tierzählung:

$n_{sp}$	annually averaged population of suckling-pigs (in piglet), see Chapter 5.3.2
$n_{so}$	number of sows used in this inventory, see Chapter 5.3.1
$n_{we}$	number of weaners used in this inventory, see Chapter 5.4.1
$n_{fp}$	number of fattening pigs used in this inventory, see Chapter 5.5.1
$n_{bo}$	number of boars used in this inventory, see Chapter 5.6.1

For the uncertainties of the animal numbers see the respective animal subchapters.

Zur Unsicherheiten der Tierzahlen wird auf die Angaben in den Tier-Unterkapiteln verwiesen.

## 5.7.2 Aggregation of emission explaining data / Aggregierung emissionserklärender Daten

### 5.7.2.1 General approach / Allgemeiner Ansatz

From the present inventory on the emission explaining data for the comprehensive category of pigs are based on the results of the four inventory categories “Sow/suckling-pigs”, “weaners”, “fattening pigs” and “boras” which are averaged according to the following general approach (exceptions: pregnancy and national mean weight of all pigs). For this it is taken into account that suckling-pigs are part of the system “sow/suckling-pigs” and therefore are not separately considered.

Die emissionserklärenden Daten (Ausnahmen: Trächtigkeit und nationales Mittel des Gewichten aller Schweine) werden für die Gesamtkategorie Schweine nach dem folgenden allgemeinen Ansatz aus den Teilergebnissen Ergebnissen der vier Inventarkategorien „Sau/Saugferkel“, „Aufzuchtschweine“, „Mastschweine“ und „Eber“ ermittelt. Dabei wird berücksichtigt, dass die Saugferkel Bestandteil des Systems „Sau/Saugferkel“ sind und somit hier nicht gesondert auftreten:

$$\varphi_{\text{mean, pigs, inventory}} = \frac{n \cdot \varphi_{so} + n_{we} \cdot \varphi_{we} + n_{fp} \cdot \varphi_{fp} + n_{bo} \cdot \varphi_{bo}}{n_{so} + n_{we} + n_{fp} + n_{bo}} \quad (5.40)$$

where

$\varphi_{\text{mean, pigs, inventory}}$	emission explaining variable reported for the aggregated category of pigs
$n_{so}$	total number of sows (in pl), see Chapter 5.7.1
$\varphi_{so}$	emission explaining variable for sows
etc.	

This equation ist used for the following emission explaining entities:

- shares of housing types
- shares of manure management types
- digestibility of feed ( $X_{DE}$ )
- intake of gross energy (GE)
- methane conversion factors ( $MCF$ )
- methan production capacity ( $B_o$ )
- VS excretions
- N and TAN excretions
- implied emission factors (IEF)

Diese Gleichung wird bei folgenden emissionserklärenden Größen angewendet:

- relative Haltungsformen-Anteile
- relative Wirtschaftsdüngersysteme-Anteile
- Verdaulichkeit des Futters ( $X_{DE}$ )
- Aufnahme von Futter-Gesamtenergie (GE)
- Methan-Umwandlungsfaktoren ( $MCF$ )
- Methanbildungskapazität ( $B_o$ )
- VS-Ausscheidung
- N- und TAN-Ausscheidung
- Platzbezogene Emissionsfaktoren (IEF)

### 5.7.2.2 Animal weight / Tiergewicht

The calculation of the national mean pig weight is performed for the qualifying date of the official animal census. Other than in Chapter 5.7.2.1 the suckling-pigs have to be taken into account. The weighted averaging of the pig weights is based on the animal numbers (= numbers of animal places) as derived for the inventory calculations from officially counted animal numbers (see the respective pig chapters).

Die Berechnung des nationalen Mittelwertes aller Schweine erfolgt zum Stichtag der offiziellen Tierzählung. Im Gegensatz zur Vorgehensweise in Kapitel 5.7.2.1 müssen hierbei die Saugferkel gesondert berücksichtigt werden. Für die gewichtete Mittelung der Schweinegewichte werden die Tierzahlen (= Tierplatzzahlen) zugrunde gelegt, wie sie in den entsprechenden Tierkapiteln für die Inventarberechnungen aus den offiziellen Tierzahlen abgeleitet wurden.

The following weights are considered for the

Die in die gewichtete Mittelung der Tiergewichte

weighted averaging:

- sow, boar: the respective mean weights used for the calculation of the inventory (see Chapters 5.3.1.2 and 5.6.1.2)
- suckling-pigs, weaners and fattening pigs: the respective arithmetic mean derived from start and final weights (see Chapters 5.3.1.2, 5.4.1.2 and 5.5.1.2).

eingehenden Gewichte werden wie folgt angesetzt:

- Sau, Eber: jeweils das für die Inventarberechnung angesetzte mittlere Tiergewicht (siehe Kapitel 5.3.1.2 und 5.6.1.2).
- Saugferkel, Aufzuchtferkel und Mastschwein: jeweils das arithmetische Mittel aus Anfangs- und Endgewicht (siehe Kapitel 5.3.1.2, 5.4.1.2 und 5.5.1.2).

### 5.7.2.3 Mean pregnancy rates of sows / Mittlere Trächtigkeiten der Sauen

Germany reports the mean share of pregnant sows which is obtained from the German census.

Deutschland berichtet die mittlere Trächtigkeit der Sauen. Diese Angabe wurde der deutschen Tierzählungsstatistik entnommen

### 5.7.3 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich effektiver Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

In Table 5.34 a comparison is made of implied emission factors (*IEF*) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions and German data.

Table 5.34 vergleicht deutsche effektive Emissionsfaktoren (*IEF*) und emissionserklärende Variablen mit denen benachbarter bzw. landwirtschaftlich vergleichbarer Länder.

Table 5.34: Pigs, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	GE intake kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<i>IEF</i>				
					CH <sub>4</sub> , ent kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CH <sub>4</sub> , MM kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NO kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	82.00	38.00	0.27	9.57	1.50	1.15	3.6		
Belgium	65.41	NE	0.49	10.06	1.50	9.68	3.5		
Czech Republic	NA	NA	NA	20.00	1.50	3.00	7.7		
Denmark	107.00	40.41	0.20	8.40	1.01	2.07	2.2		
France	NA	NA	0.50	16.46	1.13	21.01	7.8		
<b>Germany</b>	<b>72.49</b>	<b>30.17</b>	<b>0.27</b>	<b>12.11</b>	<b>1.19</b>	<b>4.18</b>	<b>5.0</b>	<b>0.07</b>	<b>0.009</b>
Netherlands	NE	NE	NE	8.87	1.50	4.40	2.1		
Poland	82.00	NA	0.50	13.56	1.50	6.54	4.6		
Switzerland	NA	34.64	0.50	9.18	1.36	5.43	5.0		
United Kingdom	NE	NE	NE	10.60	1.50	7.06	3.7		
IPCC (1996)-3-4.10, 4.13, 4.46, 4.99, Western Europe, cool region	82.00	38.00	0.50	20.00	1.50	3.00			
IPCC (2000)-4.45				mature: 20 0-1 years: 10					
IPCC (2006)-10.15, 10.21, 10.28, 10.59, 10.80, 10.81, Western Europe, cool region		Equations 10.3- 10.16	0.30 / 0.46	9.31 / 30.35 <sup>a</sup>	1.50	6 to 10			
EMEP (2009)-4.B-26, 62, 63				12.1/ 34.5			6.5 to 18.2		0.001 to 0.132

Sources: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC 2011, Tables 4.A, 4B; EEA (2011)

<sup>a</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

The national mean pig weight is lower than the IPCC default value who is only used by Austria and Poland. Denmark reports a considerable higher mean pig weight than Germany whereas in comparison Belgium features the lowest value.

Concerning the methane emissions from enteric fermentation it is conspicuous that some countries use the IPCC (1996) default value (1.50 kg place<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>). This value is distinctly higher than the values of the other countries explicitly calculating the CH<sub>4</sub> emissions

Das mittlere Schweinegewicht in Deutschland ist niedriger als der IPCC\_Defaultwert, der von Österreich und Polen verwendet wird. Dänemark berichtet ein erheblich höheres Mittelgewicht, während Belgien noch deutlich unter dem deutschen Wert liegt.

Bzgl. der Methanemission aus der Verdauung fällt auf, dass einige Länder mit dem Default-IEF von IPCC (1996) rechnen (1,50 kg Platz<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>), der merklich höher ist als die Werte, die von denjenigen Ländern angegeben werden, die den IEF explizit berechnen.

from enteric fermentation. Presumably the IPCC (1996, 2006) default value is not applicable to describe the situation of Central Europe. Denmark reports the lowest IEF simultaneously with a very high GE intake. That leads to the conclusion that Denmark uses a comparatively low methane conversion factor for enteric fermentation of pigs. In contrast Switzerland applies the same conversion factor as Germany. Therefore the results of Switzerland and Germany can directly be converted into one another. To carry out further comparisons is not feasible due to the data gaps in Table 5.34.

Concerning the methane emissions from manure management the German implied emission factor is in the centre of the values reported by the other nations. The high emission factor of France is caused by a contemporaneously high VS excretion and MCF value. This fact can not be compensated by the relative low frequency of slurry based systems. As Austria applies a very low MCF value their IEF turns out to be the lowest.

In comparison to the other nations Germany's N excretion rate per animal place and year turns out to be in the upper range. Only the Polish and Czech values exceed the German one. In the case of the Czech Republic the nation seems to have picked a far too high IPCC (1996) default value that results in a accordingly high  $\text{NH}_3$  emission per animal place and year. Concerning the  $\text{NH}_3$  emission the German value ( $5.0 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) is in the centre of the minimum and maximum values reported by the Netherlands ( $2.1 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) and France ( $7.8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). In proportion to the N excretions Denmark and the Netherlands report low  $\text{NH}_3$  emissions. This is due to the efficient N management in pig production. France reports both high N excretions and high  $\text{NH}_3$  emissions.

The German emission factors for  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  are within the range of the neighbouring countries, see Table 5.35

Vermutlich ist der Default-IEF von IPCC (1996, 2006) nicht geeignet, die mitteleuropäische Situation für Schweine adäquat zu beschreiben. Das IEF-Minimum wird dabei von Dänemark berichtet, dessen gleichzeitig sehr hohe GE-Aufnahme darauf schließen lässt, dass in Dänemark ein vergleichsweise niedriger Methan-Umwandlungsfaktor für die Verdauung bei Schweinen angesetzt wird. Die Schweiz rechnet dagegen mit dem gleichen Umwandlungsfaktor wie Deutschland, so dass die deutschen und schweizerischen Resultate direkt ineinander umgerechnet werden können. Weitere Vergleiche sind wegen der Datenlücken in Table 5.34 nicht möglich.

Bei den Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegt der deutsche Emissionsfaktor im Mittelfeld der Werte aus den Nachbarstaaten. Die hohen französischen Emissionsfaktoren beruhen auf gleichzeitig hohen VS-Ausscheidungen und MCF-Werten, deren Wirkung durch die etwas geringere Häufigkeit an Flüssigmistsystemen nicht kompensiert wird. Der niedrige österreichische IEF erklärt sich durch den sehr niedrigen österreichischen MCF-Wert.

Die für Deutschland berichtete N-Ausscheidung pro Tierplatz und Jahr liegt im oberen Bereich der Werte der Nachbarländer. Nur der polnische und der tschechische Wert liegen höher, wobei Tschechien den offenbar deutlich zu hohen IPCC (1996)-Defaultwert verwendet, der sich in einer entsprechend hohen tierplatzbezogenen  $\text{NH}_3$ -Emission widerspiegelt. Die deutsche  $\text{NH}_3$ -Emission von  $5.0 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  liegt im Mittelfeld eines Bereiches von 2,1 (Niederlande) bis  $7.8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (Frankreich). Die vergleichsweise geringen  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus den N-Ausscheidungen weisen auf ein besonders effizientes N-Management in der dänischen und niederländischen Schweinehaltung hin. Frankreich weist sowohl eine hohe N-Ausscheidung als auch eine hohe  $\text{NH}_3$ -Emission auf.

Die deutschen Emissionsfaktoren für  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  liegen im Bereich der Nachbarländer, siehe Table 5.35

Table 5.35: Pigs, 2009, intercomparison of PM implied emission factors

	$IEF_{\text{PM}_{10}, \text{ pigs}}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$	$IEF_{\text{PM}_{2.5}, \text{ pigs}}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$	$IEF_{\text{TSP}, \text{ pigs}}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TSP}^a$
Austria	IE	IE	IE
Belgium	0.21	0.047	0.47
Czech Republic	0.38	0.008	0.84
Denmark	0.32	0.052	0.71
France	0.35	0.076	0.77
Germany	<b>0.37</b>	<b>0.061</b>	0.37
Netherlands	0.11	0.005	0.11
Poland	0.27	0.006	0.60
Switzerland	0.73	0.109	0.73
United Kingdom	0.25	0.045	1.66
EMEP (2009)-4.B-62, 63	0.5 / 0.58	0.08 / 0.09	

Source: Germany: submission 2012; all other countries: EEA (2011), calculated from original data supplied

<sup>a</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to  $100 \mu\text{m}$  in  $d$  (EMEP(2007)-B1010-9).

<sup>b</sup> As Germany does not calculate TSP, TSP is approximated by  $\text{PM}_{10}$ .



5.7.3.1 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD  
zusammengestellten Informationen*

Table 5.36: Pigs, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.13	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.13	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.13	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.70	EM1009.72
		NO	EM1009.145	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.13	
		PM <sub>2,5</sub>	EM1010.37	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.14	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.13	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.13	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.12	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.64	IEF1009.66
		NO	IEF1009.110	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.12	
		PM <sub>2,5</sub>	IEF1010.34	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.86	AI1005PSH.107
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.37	EXCR.39

## 6 Small ruminants / Kleine Wiederkäuer

### 6.1 Small ruminants, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei kleinen Wiederkäuern

Sheep and goats are combined in the category „small ruminants“. The inventory reports about both species separately. However, calculation procedures are similar.

Sheep and goats do not form a key source for any of the greenhouse gases reported. However, sheep are a key source for ammonia.

The inventory goes along with the recommendation of IPCC(2006)-10.08 to form subcategories, wherever possible and useful. Thus, sheep are subdivided into lambs and sheep without lambs, which reflects different excretion rates and housing. This is of importance for the derivation of emissions of nitrogen species in particular. However, methane emissions are calculated for sheep as a whole.

For goats, the data availability in Germany allows only for the calculation of national total emissions.

Schafe und Ziegen bilden im Inventar die Gruppe der kleinen Wiederkäuer. In den Inventaren wird über beide Arten getrennt berichtet; die Rechenverfahren sind jedoch ähnlich.

Weder Schafe noch Ziegen sind Hauptquellgruppen für eines der zu berichtenden Treibhausgase. Schafe sind jedoch eine Hauptquellgruppe für Ammoniak.

Das Inventar folgt der Empfehlung, Subkategorien einzuführen, wenn dies möglich und dienlich ist (IPCC(2006)-10.08). Schafe werden deshalb wegen der unterschiedlichen Ausscheidungen und Haltungsverfahren bei der Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies nach Lämmern und anderen Schafen unterteilt. Die Berechnung der Methanemissionen erfolgt nur für Schafe insgesamt.

Die begrenzte Datenlage bei Ziegen lässt nur die Berechnung von nationalen Gesamtemissionen zu.

### 6.2 Sheep – all subcategories / Schafe insgesamt

For the assessment of methane emissions from sheep no subcategories are formed due to lack of information on emission explaining variables.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 6.1.

Für die Berechnung der Methanemissionen werden Schafe aus Mangel an der Verfügbarkeit emissions erklärender Variablen nicht in Unterkategorien unterteilt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.1 zusammengestellten Verfahren.

Table 6.1: Sheep, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management		see Chapters 6.3 and 6.4			
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management		see Chapters 6.3 and 6.4			
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

#### 6.2.1 Animal numbers and correction procedure / Tierzahlen und Korrekturverfahren

The German census differentiates between

- sheep younger than 1 year (including lambs)
- female sheep for reproduction (including yearlings)
- rams for reproduction
- wethers and other sheep

Animal numbers on district level are provided by the statistical offices of the Federal States (StatLA C III 1 – vj 4). Animal numbers on federal state level are provided by Statistisches Bundesamt (StatBA FS3 R4.1).

Prior to 1999, animals were counted in December. For sheep, this number is not representative of the animals in the production process. The animal numbers of the districts have to be corrected and adjusted to the

Die deutsche Tierzählung unterscheidet

- Schafe unter 1 Jahr (einschließlich Lämmern)
- weibliche Schafe zur Zucht (einschließlich Jährlinge)
- Schafböcke zur Zucht
- Hammel und übrige Schafe

Tierzahlen auf Landkreisebene werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4), Tierzahlen auf Länderebene vom Statistischen Bundesamt (StatBA FS3 R4.1).

Bis 1999 fanden Tierzählungen im Dezember statt. Sie ergaben für Schafe Tierzahlen, die für die gesamte Produktion nicht repräsentativ waren. Diese Tierzahlen mussten für die Landkreise so korrigiert werden, dass sie

practice after 1999 in order to establish a consistent set of activity data.

Since 1999, censuses have been performed in May and include the lambs. The information provided by the official statistics has been used since.

This inventory uses animal numbers of sheep, lambs and of all other sheep as corrected according to Dämmgen (2005).

Correction of activity data prior to 1999:

$$n_{sh} = n_{ew} \cdot f_{sh} \quad (6.1)$$

$$n_{la} = n_{ew} \cdot f_{la} \quad (6.2)$$

$$n_{os} = n_{sh} - n_{la} = n_{ew} \cdot (f_{sh} - f_{la}) \quad (6.3)$$

Where

$n_{sh}$	total number of sheep
$n_{la}$	number of lambs
$n_{os}$	number of sheep other than lambs
$n_{ew}$	number of ewes
$f_{la}$	factor to derive number of lambs (see Table 6.2)
$f_{sh}$	factor to derive total number of sheep (see Table 6.2)

The correction is performed only for the districts of each federal state, but not for the federal state itself. The respective correction factors are listed in Table 6.2.

dem Zählverfahren nach 1999 entsprachen und so die Erstellung konsistenter Zeitreihen ermöglichten.

Seit 1999 findet die Tierzählung im Mai statt. Die Anzahl der Lämmer geht seitdem aus der Statistik hervor.

Verwendet werden die nach Dämmgen (2005) korrigierten Tierzahlen für Schafe insgesamt, Lämmer und alle übrigen Schafe (other sheep).

Die Korrektur wird nur für die Landkreise eines jeden Bundeslandes, nicht aber für das Bundesland selbst durchgeführt. Die Korrekturfaktoren sind in Table 6.2 zusammengestellt.

Table 6.2: Sheep and lambs, correction of animal numbers  
 Conversion factors  $f_{sh}$  and  $f_{la}$  for numbers of sheep and lambs to be applied before 1999

	Sheep $f_{sh}$	Lambs $f_{la}$
Baden-Württemberg	1.51	0.46
Bayern	1.62	0.57
Brandenburg	1.46	0.44
Hessen	1.58	0.55
Mecklenburg-Vorpommern	1.58	0.54
Niedersachsen	1.75	0.68
Nordrhein-Westfalen	1.75	0.67
Rheinland-Pfalz	1.54	0.51
Saarland	1.58	0.51
Sachsen	1.55	0.52
Sachsen-Anhalt	1.48	0.45
Schleswig-Holstein	2.13	1.10
Thüringen	1.37	0.35
City States	1.78	0.74

On federal state level, data from june until 1998 is existent (StatBA FS3 R4.1), so that in this case the correction is not required. Exeptions are, for the year 1990, the federal states Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt and Thüringen, and for all years the city state Berlin. In these cases the correction is performed also on federal state level.

The numbers of sheep before 1999 are biased on district level. On German level this bias disappears by using

Für die Bundesländer selbst stehen Daten aus dem Juni der Jahre bis 1998 zur Verfügung (StatBA FS3 R4.1), so dass auf dieser Ebene keine Korrektur erforderlich ist. Ausnahmen sind für 1990 die Länder Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen und Berlin (alle Jahre). In diesen Fällen wird die Korrektur auch auf Länderebene durchgeführt.

Die Anzahl der Schafe weist vor 1999 einen systematischen Fehler auf Landkreisebene auf, der auf Bun-

unbiased data on federal state level.

The statistical uncertainty is probably in the order of magnitude of the uncertainty given for pigs (< 5 %).

For this inventory, an uncertainty (standard error) of 5 % is assumed. The distribution is likely to be normal.

## 6.2.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.2.2.2). The emission factor is  $EF_{CH_4, \text{ent, sh}} = 8 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30 \%$  and may be uncertain to  $\pm 50 \%$ .

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

desebene durch die Verwendung der Länderdaten verschwindet.

Die statistische Unsicherheit liegt wahrscheinlich in der Größenordnung der Unsicherheit der Schweinezahlen (< 5 %).

Für dieses Inventar wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von 5 % bei normaler Verteilung angenommen.

Es handelt sich um ein Stufe-1-Verfahren, s. Kapitel 3.2.2.2). Zur Berechnung wird der default-Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, \text{ent, sh}} = 8 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  verwendet (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

## 6.2.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.2.3.3.3.

The calculation procedure is based on default VS excretion:  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ VS}$  according to IPCC(1996)-3-4.47 und IPCC(2006)-10.82.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  for the relevant husbandry systems (see Chapters 6.3.1.2 and 6.4.1.2) are listed in Table 6.3.

Grazing data are derived from the official 2010 data (see Chapter 3.3.2). It is not possible to establish create a time series from 1990 onwards. Therefore the 2010 data are used for all years from 1990 onwards.

Only straw based housing occurs.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals that of IPCC (1996).

The methane conversion factor for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996), the MCF for pasture equals that of IPCC (1996).

Zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.2.3.3.3.

Das Rechenverfahren verwendet dazu default-VS-Ausscheidungen:  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ VS}$  nach IPCC(1996)-3-4.47 und IPCC(2006)-10.82.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  für die relevanten Haltungsverfahren (siehe Kapitel 6.3.1.2 und 6.4.1.2) sind in Table 6.3 aufgelistet.

Die Daten zum Weidegang wurden aus offiziellen Daten (siehe Kapitel 3.3.2) für 2010 abgeleitet. Eine Zeitreihe ab 1990 lässt sich nicht erstellen. Daher werden die Daten von 2010 für alle Jahre ab 1990 eingesetzt.

Die Haltung im Stall erfolgt ausschließlich auf Stroh.

Die maximalen Methan-Freisetzungskapazitäten in IPCC (2006) und IPCC (1996) sind gleich. Der Methan-Umwandlungsfaktor für Festmist in IPCC (2006) ist größer als der in IPCC (1996) angegebene, der Faktor für Weidegang ist in IPCC (1996) und IPCC (2006) gleich groß.

Table 6.3: Sheep, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

maximum methane producing capacity $B_0$	0.19	$\text{m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$
$MCF$ solid storage	0.02	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$
$MCF$ pasture/range	0.01	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$

Source: IPCC(2006)-10.82 f and 10.44 ff

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 ap-

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für

proach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 6.2.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The assessment is carried out separately for lambs and all sheep except lambs (see Chapters 6.3 and 6.4). The emission factors are:

**Housing and storage:** The  $\text{NH}_3$  emission factors are  $0.22 \text{ kg kg}^{-1}$  (housing) and  $0.28 \text{ kg kg}^{-1}$  (storage), related to TAN (EMEP (2009)-4.B-26). The  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for housing and storage is  $0.005 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC(2006)-10.62). According to Chapter 3.2.4.6.3, the emission factors for NO and  $\text{N}_2$  are calculated as 0.0005 and  $0.015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , respectively. The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  in the storage are described in Chapter 3.2.4.5.

**Spreading:** The  $\text{NH}_3$  emission factor is  $0.9 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

**Grazing:** The  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing is  $0.09 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN excreted (EMEP (2009)-4.B-26). The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are given in Chapter 11.2.2.2.

Irrespective of any animal category, EMEP (2007) - B1090-19 assumes an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  emission factors. Distribution normal.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$  and NO are likely to be in the correct order of magnitude. IPCC(2006)-10.66 give a range of uncertainty of -50 bis +100 %.

For  $\text{N}_2\text{O}$ , we assume an uncertainty of 30 %, for NO and  $\text{N}_2$  50 % seem adequate. The distribution is likely to be normal.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO, and  $\text{N}_2$  from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.5.

Die Berechnungen erfolgen für Lämmer und Schafe ohne Lämmer getrennt (siehe den Kapitel 6.3 und 6.4). Die Emissionsfaktoren sind:

**Stall und Lager:** Die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren betragen  $0.22 \text{ kg kg}^{-1}$  (Stall) bzw.  $0.28 \text{ kg kg}^{-1}$  (Lager), bezogen auf TAN (EMEP (2009)-4.B-26). Der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor für Stall und Lager beträgt  $0.005 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC(2006)-10.62). Nach Kapitel 3.2.4.6.3 berechnen sich die Emissionsfaktoren für NO und  $\text{N}_2$  zu 0,0005 bzw.  $0.015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

**Ausbringung:** Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor beträgt  $0.9 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

**Weide:** Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor beträgt  $0.09 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf TAN (EMEP (2009)-4.B-26). Für die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  wird auf Kapitel 11.2.2.2 verwiesen.

Unabhängig von der Tierkategorie nimmt EMEP (2007)-B1090-19 30 % Unsicherheit für die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren an. Verteilung normal.

Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$  und NO sind wahrscheinlich größenordnungsmäßig richtig. IPCC(2006)-10.66 gibt einen Fehlerbereich von -50 bis +100 % an.

Wir nehmen für  $\text{N}_2\text{O}$  eine Unsicherheit von 30 % und für NO und  $\text{N}_2$  eine solche von 50 % an, Verteilung normal.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.5 beschrieben.

#### 6.2.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

### 6.3 Lambs / Lämmer

All sheep younger than 1 a are considered to be lambs.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 6.4.

Lämmer sind dabei alle die Schafe, die jünger als 1 a sind.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.4 zusammengestellten Verfahren.

Table 6.4: Lambs, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		see Chapter 6.2			
CH <sub>4</sub>	manure management		see Chapter 6.2			
NH <sub>3</sub>	manure management	2		district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2		district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

#### 6.3.1 Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails

##### 6.3.1.1 Animal numbers and animal weight/ Tierzahlen und Tiergewicht

The number of lambs per ewe varies with races. At present, it seems impossible to construct a time series.

This inventory uses on district level animal numbers of lambs as corrected according to Dämmgen (2005) (see Chapter 6.2.1 for details).

The final weight of lambs after fattening is taken to 45 kg an<sup>-1</sup> (Jilg, 2009). If one assumes 50 % of this value to be the annual mean weight on each lamb rearing place counted by official census, one obtains an estimate of the mean lamb weight: 22.5 kg an<sup>-1</sup>. As Germany uses a Tier 1 approach at present, these data are not used for emission reporting.

Die Anzahl der pro Mutterschaf geborenen Lämmer variiert mit den Rassen. Die Formulierung von Zeitreihen erscheint derzeit unmöglich.

Auf Landkreisebene werden die nach Dämmgen (2005) korrigierten Tierzahlen für Lämmer verwendet (zu Einzelheiten vgl. Kapitel 6.2.1).

Das Endgewicht von Mastlämmern kann nach Jilg (2009) mit 45 kg an<sup>-1</sup> angesetzt werden. Nimmt man davon 50 % als Anhaltspunkt für das mittlere Jahresgewicht je gezählten Lämmerplatz, so ergibt sich ein mittleres Lammgewicht von 22,5 kg an<sup>-1</sup>. Dieser Wert geht wegen der derzeit verwendeten einfachen Methodik aber nicht in die Emissionsberechnung ein.

##### 6.3.1.2 Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten

In Germany, 71 % of the lambs produced for slaughter are fattened in the house all the time, 24 % for the final phase of fattening, and 5 % are fattened on pastures. (LKV, 2003; Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof).

In the official agricultural census (LZ2010, see Chapter 3.3.2.2.4) the grazing periods of sheep were surveyed for the first time. According to this census grazing time of lambs is about 41 % of the year. The previously used share of 10 % had been replaced by the share of 41 % for the complete time series.

In the house sheep are kept on bedding.

In Deutschland stammen 71 % der Schlachtlämmer aus Stallmast, 24 % aus Stallendmast und 5 % aus Weidemast (LKV, 2003; Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof).

In der Landwirtschaftszählung LZ2010 (siehe Kapitel 3.3.2.2.4) wurden erstmals die Weidezeiten von Schafen erhoben. Danach befinden sich Lämmer durchschnittlich 41 % der Zeit auf der Weide (bisher 10 %). Die Weidedaten wurden für die gesamte Zeitreihe übernommen.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden.

#### 6.3.2 Methane emissions / Methanemissionen

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation and manure management see Chapter 6.2.2 and 6.2.3.

Zur Berechnung der Methanemissionen aus der Verdauung und aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2 und 6.2.3.

### 6.3.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

Lambs fattened in the house excrete 3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (KTBL, 2004, pg. 227), while grazing lambs excrete 5 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. The inventory uses the mean of these data (4 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N).

50 % of the N excreted is assumed to be TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

N input with bedding (straw) is taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

For lambs, an amount of straw of 0.16 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> is used (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof).

For management details see Chapter 6.2.3.

For the emission factors see Chapter 6.2.4.

Lämmer in Intensivmast scheiden 3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N aus (KTBL, 2004, S. 427). Lämmer mit Weidemast scheiden 5 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N aus. Das Inventar rechnet mit einer mittleren Ausscheidungsrate von 4 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N.

50 % der N-Ausscheidungen werden als TAN angesehen (EMEP (2009)-4.B-26).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.2.4.4. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Einstreu wird für Lämmer mit 0,16 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh angesetzt (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof).

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 6.2.3.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 6.2.4.

### 6.3.4 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 6.5: Lambs, related tables provided with the data CD

			from	To
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation CH <sub>4</sub> manure management NH <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O NO PM <sub>10</sub> PM <sub>2.5</sub>	EM1009.15 EM1009.76 EM1009.147	EM1009.78
Activity data	Aktivitäten		AC1005.18	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation CH <sub>4</sub> manure management NH <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O NO PM <sub>10</sub> PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.118	AI1005PSH.138
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.43	EXCR.45

## 6.4 Adult sheep / Erwachsene Schafe

All sheep elder than 1 a are considered to be adult sheep.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 6.6.

Als erwachsene Schafe gelten die Tiere, die älter als 1 a sind.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.6 zusammengestellten Verfahren.

Table 6.6: Adult sheep, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		see Chapter 6.2			
CH <sub>4</sub>	manure management		see Chapter 6.2			
NH <sub>3</sub>	manure management	2		district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2		district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

## 6.4.1 *Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails*

### 6.4.1.1 *Animal numbers and animal weight / Tierzahlen und Tiergewicht*

This inventory uses on district level animal numbers of sheep without lambs as corrected according to Dämmgen (2005) (see Chapter 6.2.1 for details).

IPCC (2006) give contradictory values for sheep live weights. Whereas IPCC (2006)-10.28 mentions  $65 \text{ kg an}^{-1}$ , IPCC (2006)-10.82 states  $48.5 \text{ kg an}^{-1}$ . The value  $65 \text{ kg an}^{-1}$  is regarded applicable to the German situation (cf. KTBL, 2004, pp. 423 and 425). As Germany uses a Tier 1 approach at present, these data are not used for emission reporting.

Auf Landkreisebene werden die nach Dämmgen (2005) korrigierten Tierzahlen für Schafe ohne Lämmer verwendet (zu Einzelheiten vgl. Kapitel 6.2.1).

IPCC (2006)- gibt für Schafe unterschiedliche Gewichte an:  $65 \text{ kg an}^{-1}$  in IPCC (2006)-10.28,  $48,5 \text{ kg}$  in IPCC (2006)-10.82. Der Wert von  $65 \text{ kg an}^{-1}$  wird für Deutschland als zutreffend für erwachsene Schafe angesehen (vgl. KTBL, 2004, S. 423 und S. 425). Dieser Wert geht wegen der derzeit verwendeten einfachen Methodik aber nicht in die Emissionsberechnung ein.

### 6.4.1.2 *Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten*

In the official agricultural census (LZ2010, see Chapter 3.3.2.2.4) the grazing periods of sheep were surveyed for the first time. According to this census grazing time of adult sheep is about 54 % of the year. The previously used share of 82 % had been replaced by the share of 54 % for the complete time series.

In the house sheep are kept on bedding.

In der LZ2010 (siehe Kapitel 3.3.2.2.4) wurden erstmals die Weidezeiten von Schafen erhoben. Danach befinden sich erwachsene Tiere durchschnittlich 54% der Zeit auf der Weide (bisher 82%). Die Weidedaten wurden für die gesamte Zeitreihe übernommen.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden.

## 6.4.2 *Methane emissions / Methanemissionen*

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation and manure management see Chapter 6.2.2 and 6.2.3.

Zur Berechnung der Methanemissionen aus der Verdauung und aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2 und 6.2.3.

## 6.4.3 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

In Germany, an N excretion of  $10 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  is assumed for a ewe without lambs (KTBL, 2004, pg. 427). This value is also used for the other adult sheep.

A fraction of 50 % of the nitrogen excreted is assumed to be TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

N input with bedding (straw) is taken into account. For adult sheep, the amount of straw is assumed to be  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage. (The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4)

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  in the storage are described in Chapter 3.2.4.5.

For management details see Chapter 6.2.3.

For the emission factors see Chapter 6.2.4.

Für ein Mutterschaf ohne Lämmer wird in Deutschland eine N-Ausscheidung von  $10 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  angesetzt (KTBL, 2004, S. 427). Dieser Wert wird auch für alle anderen erwachsenen Schafe verwendet.

Der TAN-Gehalt beträgt 50 % (EMEP (2009)-4.B-26).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt:  $0,4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh für erwachsene Schafe. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren. (Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.2.4.4)

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 6.2.3.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 6.2.4.



#### 6.4.4 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 6.7: Sheep without lambs, related tables provided with the data CD

			from	To
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation CH <sub>4</sub> manure management NH <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O NO PM <sub>10</sub> PM <sub>2.5</sub>	EM1009.14 EM1009.73 EM1009.146	EM1009.75
Activity data	Aktivitäten		AC1005.17	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation CH <sub>4</sub> manure management NH <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O NO PM <sub>10</sub> PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.108	AI1005PSH.137
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.40	EXCR.42

### 6.5 Sheep – collective description / Schafe - zusammenfassende Daten

#### 6.5.1 Mean animal weight / Mittleres Tiergewicht

The mean weight of sheep in Germany can be estimated as follows: The mean weight for adult sheep (65 kg an<sup>-1</sup>, see Chapter 6.4.1.1) and the mean weight for lambs (22.5 kg an<sup>-1</sup>, see Chapter 6.3.1.1) are combined using a ratio of 2 to 1 between the numbers of adult sheep and lambs, resulting in a mean sheep weight of ca. 50 kg an<sup>-1</sup>. However, as Germany uses a Tier 1 approach at present, this value is not used for emission reporting.

Das mittlere Schafgewicht wird aus den mittleren Gewichten von 65 kg an<sup>-1</sup> für erwachsene Schafe (siehe Kapitel 6.4.1.1) und 22,5 kg an<sup>-1</sup> für Lämmer (siehe Kapitel 6.3.1.1) ermittelt, indem von einem Tierzahl-Verhältnis von ca. 2:1 von erwachsenen Tieren zu Lämmern ausgegangen wird. Daraus folgt ein mittleres Schafgewicht von ca. 50 kg an<sup>-1</sup>, das aber wegen der derzeit verwendeten einfachen Methodik nicht in die Emissionsberechnung eingeht.

#### 6.5.2 Mean N excretion rate / Mittlere N-Ausscheidungen

The total of N excretions of lambs and sheep without lambs is divided by the total number of sheep:

Die Summe der N-Ausscheidungen von Lämmern und Schafen ohne Lämmer wird durch die Gesamtzahl der Schafe dividiert:

$$m_{\text{excr, mean, sh}} = \frac{n_{\text{la}} \cdot m_{\text{excr, mean, la}} + n_{\text{ew}} \cdot m_{\text{excr, mean, ew}}}{n_{\text{la}} + n_{\text{ew}}} \quad (6.4)$$

where

$m_{\text{excr, mean, sh}}$  mean amount of N excreted by sheep (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N)  
 $n_{\text{la}}$  number of lambs (in pl)  
 $m_{\text{excr, mean, la}}$  mean amount of N excreted by lambs (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N)  
 $n_{\text{ew}}$  number of ewes and other adult sheep (in pl)

### 6.5.3 *Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten*

In Table 6.8 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions.

In Table 6.8 erfolgt eine Gegenüberstellung effektiver Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist.

Table 6.8: Sheep, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF				
				CH <sub>4</sub> , ent kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CH <sub>4</sub> , MM kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NO kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	43.00	0.40	13.10	8.00	0.19	0.46		
Belgium	50.00	0.46	7.52	8.00	0.62	0.98		
Czech Republic	NA	NA	20.00	8.00	0.19	0.93		
Denmark	67.03	1.04	15.32	13.23	1.61	0.71		
France	NA	0.40	18.34	9.85	0.28	0.89		
<b>Germany</b>	<b>50.00</b>	<b>0.40</b>	<b>7.80</b>	<b>8.00</b>	<b>0.27</b>	<b>1.61</b>	<b>0.03</b>	<b>0.004</b>
Netherlands	NE	NE	6.70	8.00	0.16	1.31		
Poland	63.00	0.37	6.78	8.16	0.17	1.46		
Switzerland	NA	0.40	8.47	10.70	1.20	1.63		
United Kingdom	NE	NE	5.23	4.65	0.11	0.09		
IPCC (1996)-3-4.10, 4.12, 4.47, 4.99, Western Europe, cool region, developed countries	43.00	0.40	20.00	8.00	0.19			
IPCC (2000)-4.45			mature: 20 0-1 year: 10					
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries	Tier 1: 65 Tier 2: 48.5	0.40	20.17 <sup>a</sup>	8.00	0.19			
EMEP (2009)-4.B-26, 61			15.5			1.4		0.005

Sources: Germany: submission 2012; UNFCCC (2011), Table 4.A, 4.B; EEA (2011)  
<sup>a</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

Germany uses IPCC default VS excretions, as most other countries do. The Danish VS excretions exceed the default value by far.

N excretions show a very wide variation which cannot be explained. Only the Czech Republic uses the IPCC default N excretion of 20 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (IPCC(1996)-3-4.99).

A number of countries use the IPCC default value for CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation. Except for the UK, this value is lower than the values calculated by the other countries.

For CH<sub>4</sub> from manure management, the emission factor derived is somewhat larger than the default value, but considerably smaller than that used in Denmark and Switzerland.

In comparison to the other nations the German as well as the Swiss NH<sub>3</sub> emission factor is ranked in the upper range.

Deutschland nutzt wie die meisten anderen Staaten den IPCC-Default-Wert für VS-Ausscheidungen. Der dänische VS-Wert liegt erheblich darüber.

Der Vergleich der N-Ausscheidungen zeigt deutliche und kaum erklärbare Unterschiede. Nur die Tschechische Republik verwendet den IPCC-default-Wert von 20 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (IPCC(1996)-3-4.99).

Der CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor für Verdauung ist in einer Reihe von Ländern der IPCC-Default-Faktor. Dieser ist (mit Ausnahme des UK-Wertes) niedriger als die berechneten Werte in den übrigen Ländern.

Für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management wurde ein Emissionsfaktor ermittelt, der etwas über dem default-Wert liegt, aber deutlich kleiner als der von Dänemark und der Schweiz ist.

Bei den NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren liegt der deutsche Wert zusammen mit dem Wert der Schweiz am oberen Ende der Skala.

**6.5.4 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen**

Table 6.9: Sheep, collective description, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.14	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.14	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.16	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.79	EM1009.81
		NO	EM1009.148	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.19	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.14	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.14	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.13	
		N <sub>2</sub> O	IEF.1009.67	IEF.1009.69
		NO	IEF1009.111	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.109	AI1005PSH.144
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.46	EXCR.48

## 6.6 Goats / Ziegen

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 6.10.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.10 zusammengestellten Verfahren.

Table 6.10: Goats, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				Activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC	national	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	1	IPCC	national	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	1	EMEP	national	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	1	IPCC	national	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

### 6.6.1 Animal number and animal performance / Tierzahlen und Leistungsdaten

#### 6.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers for goats were officially counted the first time in 2010. For the years before 2005 the data provided by BMELV (Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer protection) are used, the data for the years from 2005 onwards until 2010 were estimated by the Statistisches Bundesamt. For 2010 the animal numbers are used which were counted during the LZ 2010 (see Chapter 3.3.1). They are about one third lower than the animal numbers estimated for 2009 by the Statistisches Bundesamt. As communicated by the Statistisches Bundesamt (Maria Dieterle, 14 July 2011) the estimates for the years before 2010 will not be corrected in order to keep data consistency with the data by Eurostat.

The animal numbers are reported as ten thousands of animals, which in itself contains an uncertainty of about 7 %. For this inventory, an uncertainty (standard error) of 10 % is assumed, distribution normal.

Tierzahlen für Ziegen wurden erstmals 2010 offiziell erfasst. Für die Jahre vor 2005 wird die offizielle Schätzung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMELV), ab 2005 die des Statistischen Bundesamtes verwendet. Für 2010 stammt die Tierzahl aus der Landwirtschaftszählung 2010 (siehe Kapitel 3.3.1). Sie ist um etwa ein Drittel kleiner als die zuletzt für 2009 durch das Statistische Bundesamt geschätzte Zahl. Wie das Statistische Bundesamt mitteilte (Maria Dieterle, 14.07.2011) werden die Schätzungen für die Jahre vor 2010 zur Wahrung der Konsistenz u.a. mit den Daten von Eurostat nicht revidiert.

Die Angaben zu den Tierzahlen erfolgen in zehntausenden Tieren. Hierin begründet sich bereits eine Unsicherheit von etwa 7 %. Angenommen wird für dieses Inventar eine Unsicherheit (Standardfehler) von 10 % bei normaler Verteilung.

#### 6.6.1.2 Animal weights/ Tiergewicht

No performance data is available.

IPCC (2006) reports contradictory weights for goats, 40 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.28 and 38.5 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.82. The weight of 40 kg appears to be applicable to the German situation. However, due to the use of a Tier 1 approach, the animal weight is not used to perform emission calculations at present.

Leistungsdaten sind nicht verfügbar.

IPCC (2006) gibt für Ziegen unterschiedliche Gewichte an: 40 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.28, 38,5 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.82. Für deutsche Verhältnisse erscheinen 40 kg pro Tier angemessen. Das Ziegengewicht geht aber derzeit nicht in die deutschen Emissionsberechnungen ein, da ein Stufe-1-Verfahren verwendet wird.

#### 6.6.1.3 Management details / Haltungsdetails

As no data is available it is assumed that 50 % of the animals are housed permanently, whereas 50 % are grazing all day (grazing period: 250 d a<sup>-1</sup>). (Source: Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof).

In the house sheep are kept on bedding.

Da keine Daten verfügbar sind, wird angenommen, dass 50 % der Ziegen nur im Stall sind, 50 % ganztägig auf der Weide. Die Weideperiode beträgt 250 d a<sup>-1</sup>. (Quelle: Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof).

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden.

### 6.6.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.2.2.2). The emission factor is  $EF_{CH_4, \text{ent, go}} = 5 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30 \%$  and may be uncertain to  $\pm 50 \%$ .

The inventory assumes an uncertainty of  $30 \%$  which is interpreted as the standard error.

Es handelt sich um ein Stufe-1-Verfahren, s. Kapitel 3.2.2.2). Zur Berechnung wird der default-Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, \text{ent, go}} = 5 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  herangezogen (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als  $30 \%$ , wobei auch Werte bis  $50 \%$  für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von  $30 \%$  ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 6.6.3 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the equation of the Tier 2 methodology, see Chapter 3.2.3.3.3.

The calculation is based on default values of VS excretion rate and  $B_0$  given in IPCC (2006) and combines them with German manure management system frequency distributions in order to calculate the emission factor.

According to Table 10A-9 in IPCC (2006) the default VS excretion is taken to be  $0.30 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (which is higher than the default value of  $0.28 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  provided in IPCC (1996), Table B-7. Methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factors  $MCF$  for the relevant husbandry systems (see Chapter 6.6.4) are listed in Table 6.11.

Die Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management erfolgt mit der Gleichung des Stufe-2-Verfahrens (siehe Kapitel 3.2.3.3.3).

Dabei werden Standard-VS-Ausscheidung und Standard- $B_0$  nach IPCC (2006) mit nationalen Daten für das Wirtschaftsdünger-Management kombiniert, um den Emissionsfaktor zu berechnen.

Für die VS-Ausscheidung wird nach IPCC (2006), Table 10A-9, ein Wert von  $0,30 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  angesetzt, der höher als der Wert nach IPCC (1996), Table B-7, ist ( $0,28 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  für die relevanten Halungsverfahren (siehe Kapitel 6.6.4) sind in Table 6.11 aufgelistet.

Table 6.11: Goats, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

maximum methane producing capacity $B_0$	0.18	$\text{m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$
$MCF$ solid storage	0.02	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$
$MCF$ pasture/range	0.01	$\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$

Source: IPCC(2006)-10.82 f and 10.44 ff

$B_0$  according to IPCC (2006) exceeds the value suggested by IPCC (1996), pg. 4.47, which is  $0.17 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ .

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of  $30 \%$ . It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

$B_0$  nach IPCC (2006) ist größer als der von IPCC (1996), S. 4.4.7, vorgeschlagene Wert von  $0,17 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ .

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von  $30 \%$  an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 6.6.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The data on N excretion available for Germany is 11 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N for all goats (LfL, 2004a). All calculations are based on this figure. A fraction of 50 % of the nitrogen excreted is assumed to be TAN (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

N input with bedding (straw) is taken into account. Like for adult sheep, the amount of straw is assumed to be 0.4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage. (The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4).

The manure is stored in a heap. The inventory assumes that there is no incorporation after application.

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> in the storage are described in Chapter 3.2.4.5.

According to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, the NH<sub>3</sub> emission factors of sheep are adopted, see Chapter 6.2.4. For emission factors of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> see also Chapter 6.2.4.

Offiziell verfügbare deutsche Zahlen (LfL, 2004a) sehen für alle Ziegen eine einheitliche Ausscheidung von 11 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N vor. Dieser Wert wird in den Rechnungen verwendet. Der TAN-Gehalt wird mit 50 % angesetzt (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt: 0,4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh wie für erwachsene Schafe. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren. (Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.2.4.4)

Der Mist wird im Haufen gelagert. Das Inventar geht davon aus, dass keine Einarbeitung nach der Ausbringung erfolgt.

Die Umwandlungsprozesse und –raten im Lager werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

Entsprechend EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, werden die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren von Schafen übernommen, siehe Kapitel 6.2.4. Für die Emissionsfaktoren von N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe ebenfalls Kapitel 6.2.4.

#### 6.6.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

#### 6.6.6 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten

Table 6.12: Goats, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF				
				CH <sub>4</sub> , ent kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CH <sub>4</sub> , MM kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NO kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	30.00	0.28	12.30	5.00	0.12	0.46		
Belgium	50.00	0.55	8.43	5.00	0.76	1.45		
Czech Republic	NA	NA	25.00	5.00	0.12	1.18		
Denmark	60.00	1.07	16.37	13.06	2.45	1.28		
France	NA	0.28	25.00	11.81	0.18	0.84		
<b>Germany</b>	<b>40.00</b>	<b>0.30</b>	<b>11.00</b>	<b>5.00</b>	<b>0.22</b>	<b>2.13</b>	<b>0.04</b>	<b>0.0054</b>
Netherlands	NE	NE	9.94	5.00	0.36	NO		
Poland	30.00	0.28	6.70	5.00	0.12	1.46		
Switzerland	NA	0.28	10.21	9.04	1.09	2.17		
United Kingdom	NE	NE	20.60	5.00	0.12	IE		
IPCC (1996)-3-4.10, 4.12, 4.47, Western Europe, cool region, developed countries	30.00	0.28		5.00	0.12			
IPCC (2000)-B1090-9			20.00			1.34		
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries	40 (Tier 1) 38.50 (Tier 2)	0.30	18.69 <sup>a</sup>	5.00	0.13			
EMEP (2009)-4.B-26			15.5					

Sources: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC (2011), Table 4.A, 4.B; EEA (2011)

<sup>a</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

In Table 6.12 a comparison is made of implied emission factors (*IEF*) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions.

Almost without exception, the calculation of emissions rely on the use of default values.

In Table 6.12 erfolgt eine Gegenüberstellung effektiver Emissionsfaktoren (*IEF*) und emissionserklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist.

Die Berechnungen der Emissionen beruhen fast ausschließlich auf Default-Werten.

#### 6.6.7 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 6.13: Goats, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.15	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.15	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.17	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.82	EM1009.84
		NO	EM1009.149	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.20	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.15	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.15	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.14	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.70	IEF1009.72
		NO	IEF1009.112	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005GBU.01	AI1005GBU.04
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.49	EXCR.51

## 7 Horses, mules and asses / Pferde, Maultiere und Esel

### 7.1 Horses, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei Pferden

Horses, mules and asses are not a key source for any of the greenhouse gases to be reported.

However, horses are a key source for ammonia (CEIP/EEA, 2008).

Thus, the inventory goes along with the recommendation of IPCC(2006)-10.08 to form subcategories, wherever possible and useful.

The horses kept in Germany can be subdivided into heavy horses (see Chapter 7.2) and light horses (see Chapter 7.3). The latter subcategory includes ponies.

Pferde, Maultiere und Esel sind keine Hauptquellegruppe für eines der zu berichtenden Treibhausgase.

Pferde sind nach CEIP/EEA (2008) eine Hauptquellegruppe für Ammoniak.

Das Inventar folgt deshalb der Empfehlung, Subkategorien einzuführen, wenn dies möglich und dienlich ist (IPCC(2006)-10.08).

Die in Deutschland gehaltenen Pferde lassen sich sinnvoll in Großpferde einerseits (siehe Kapitel 7.2) und Kleinpferde und Ponys andererseits (siehe Kapitel 7.3) unterteilen.

#### 7.1.1 Animal numbers and husbandry details / Tierzahlen und Haltungsdetails

##### 7.1.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

For the inventory calculations only those horses are relevant that are reported in agricultural statistics (StatLA C III 1 – vj 4). From 2010 onwards horses are officially surveyed in one unit (equidae) along with asses and mules. It is not possible to separate the number of asses and mules from the number of equidae. This is due to the fact that the number of asses and mules is estimated on a national level (see Chapter 7.5.1.1) and cannot be subtracted from the number of equidae that are surveyed on the level of federal states. The error that arises from this fact is of minor importance due to the low number of asses and mules and is therefore negligible.

From 2007 onwards the distribution of horses in the categories “heavy horses” and “light horses” as required for the inventory is the same as in 2007 occurred. Similarly, separate numbers of ponies and heavy horses for 2005 were derived using the ratio of heavy to light horses given for 2003.

Data gaps are closed using interpolation respectively extrapolation.

The uncertainty of the animal numbers is assumed to be 5 % (standard error), with normal distribution.

Den Inventarberechnungen werden lediglich diejenigen Pferde zugrunde gelegt, die in den landwirtschaftlichen Statistiken (StatLA C III 1 – vj 4) ausgewiesen werden. Ab 2010 wird nur noch der Bestand der Equiden (Pferde, Esel und Maultiere) amtlich erfasst. Dieser wird im Inventar aber als Anzahl der Pferde interpretiert, da es nicht möglich ist, die nur auf Bundesebene geschätzte Anzahl der Esel und Maultiere (siehe Kapitel 7.5.1.1) von der Anzahl Equiden auf Bundeslandebene zu subtrahieren. Der damit verbundene Fehler (Überschätzung der Pferdezahlen) ist wegen der im Vergleich zur Equidengesamtzahl geringen Anzahl der Esel und Maultiere vernachlässigbar.

Die Aufteilung der Pferdegesamtzahl in die für die Inventarerstellung erforderlichen zwei Kategorien „Großpferde“ und „Kleinpferde/Ponys“ erfolgt ab 2007 anhand des Verhältnisses von 2007. Ähnliches gilt für das Jahr 2005, indem das Verhältnis von Pony- zu Großpferdezahl von 2003 zugrunde gelegt wurde.

Datenlücken werden durch Inter- bzw. Extrapolation gewonnen.

Die Unsicherheit der Tierzahlen wird mit 5 % (Standardfehler) bei normaler Verteilung geschätzt.

##### 7.1.1.2 Management details / Haltungsdetails

For all horses the duration of the grazing period is assumed to be 180 d a<sup>-1</sup>, with a daily grazing time of 10 h d<sup>-1</sup>.

In the house sheep are kept on bedding.

Für alle Pferde wird von einer Weideperiode von 180 d a<sup>-1</sup> mit einer täglichen Weidedauer von 10 h d<sup>-1</sup> ausgegangen.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden.

#### 7.1.2 Methane from manure management – characteristic values / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management - charakteristische Größen

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 equation, see Chapter 3.2.3.3.3.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird die Gleichung des



For the input data used for the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the  $MCF$  see the subsequent table. For the VS excretion used see the respective sub-chapters for heavy horses and light horses/Ponies.

For management details see Chapter 7.1.1.2.

Stufe-2-Verfahrens verwendet, s. Kapitel 3.2.3.3.3.

Zu den verwendeten Daten für die maximale Methan-Produktionskapazität  $B_0$  und den  $MCF$  siehe nachfolgende Tabelle. Zur VS-Ausscheidung siehe entsprechendes Unterkapitel bei den Großpferden sowie bei den Kleinpferden und Ponys.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 7.1.1.2.

Table 7.1: Horses, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ )

maximum methane producing capacity $B_0$	0.3	$\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$
$MCF$ solid storage	0.02	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
$MCF$ pasture/range	0.01	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$

Source: IPCC(2006)-10.82 f and 10.44 ff

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) falls slightly below that of IPCC (1996). The methane conversion factor  $MCF$  for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996), the  $MCF$  for pasture equals that of IPCC (1996). The resulting German  $\text{CH}_4$  emission exceeds that obtained from the application of IPCC 1996 parameters.

Die in IPCC (2006) angegeben maximale Methan-Freisetzungskapazität ist ein wenig geringer als die in IPCC (1996) vorgeschlagene. Der in IPCC (2006) angegebene Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für Festmist ist größer als der in IPCC (1996); für Weidegang geben beide Richtlinien den gleichen Wert. Die resultierenden deutschen  $\text{CH}_4$ -Emissionen sind größer, als wenn sie nach IPCC (1996) berechnet würde.

### 7.1.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The emission factors of N species do not depend on which horse category is considered.

The  $\text{NH}_3$  emission factors for grazing ( $0.35 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ) and housing ( $0.22 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ) are taken from EMEP(2009)-4B-26. They relate to TAN.

For storage, the data given for cattle (cf. Chapter 4.2)  $0.6 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (solid manure/heap) bzw.  $0.014 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (leachate/solid cover) are adopted. They relate to TAN.

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  in the storage are described in Chapter 3.2.4.5.

The  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is provided by IPCC(2006)-10.62ff:  $0.005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . For  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  the emission factors are derived from the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors, see Chapter 3.2.4.6.3. The derived emission factors for  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  are  $0.0005$  and  $0.015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , respectively. The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

For management details see Chapter 7.1.1.2.

For spreading it is assumed that solid manure is broadcast to bare arable land without incorporation, and that leachate is broadcast to grassland. It is assumed that the emission factors used for cattle can be adopted. This leads, according to Chapter 4.2, to  $\text{NH}_3$  emission factors of  $0.9 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (solid manure) and  $0.20 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (leachate), both related to TAN.

Irrespective of any animal category, EMEP (2007) - B1090-19 assumes an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  emission factors.

Bei den Emissionsfaktoren von N-Spezies wird nicht nach Groß- und Kleinpferden unterschieden.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Weide ( $0,35 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ) und Stall ( $0,22 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ), jeweils bezogen auf TAN, werden EMEP(2009)-4B-26 entnommen.

Für das Lager werden wie bei den Rindern (vergl. Kapitel 4.2)  $0,6 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (Misthaufen) bzw.  $0,014 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (abgedeckter Jauchehälter), bezogen auf TAN, angenommen.

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

Der Emissionsfaktor für  $\text{N}_2\text{O}$  sind IPCC(2006)-10.62ff entnommen ( $0,005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ), für  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  wird er aus dem  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor abgeleitet, siehe Kapitel 3.2.4.6.3. Entsprechend betragen die Emissionsfaktoren für  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$   $0,0005$  bzw.  $0,015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 7.1.1.2.

Für die Ausbringung wird angenommen, dass der Festmist mit dem Breitverteiler ohne Einarbeitung auf unbedeckte Ackerflächen und die Jauche mit dem Breitverteiler auf Grünland ausgebracht werden., und dass die Emissionsfaktoren von den Rindern übernommen werden können (Kapitel 4.2). Daraus ergeben sich für die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren  $0,9 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (Mist) und  $0,20 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (Jauche), jeweils bezogen auf TAN.

Unabhängig von der Tierkategorie nimmt EMEP (2007)-B1090-19 30 % Unsicherheit für die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren an.

If one considers N fluxes as in Chapter 13.3.1, a Gaussian error propagation calculation leads to an uncertainty of 16.5 %. A normal distribution is assumed.

The emission factors for N<sub>2</sub>O and NO are likely to be in the correct order of magnitude. IPCC(2006)-10.66 give a range of uncertainty of -50 bis +100 %.

Again, if one considers N fluxes as in Chapter 13.3.1, a Gaussian error propagation calculation leads to an uncertainty of 53 %. A normal distribution is assumed.

Unter Berücksichtigung des N-Fluss-Schemas (s. Kapitel 13.3.1) erhält man mit der Gaußschen Fehlerrechnung eine Unsicherheit von 16,5 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O und NO sind wahrscheinlich größenordnungsmäßig richtig. IPCC(2006)-10.66 gibt einen Fehlerbereich von -50 bis +100 % an.

Unter Berücksichtigung des N-Fluss-Schemas (s. Kapitel 13.3.1) lässt sich für N<sub>2</sub>O eine Unsicherheit von 53 % annehmen (Normalverteilung).

#### 7.1.4 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

For light horses and ponies, no specific emission factors are reported.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10). For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Es existieren keine separaten Emissionsfaktoren für Kleinpferde und Ponys.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt (EMEP(2009)-4B-27, Tabel 3-10). Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Table 7.2: Horses and mules/asses, emission factors for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Horses, mules, asses	solid	0.18	0.12

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 7.1.5 Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management / Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.5.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.5 beschrieben.

## 7.2 Heavy horses / Großpferde

All horses whose size as measured from the top of the withers to the ground exceeds 14 hands or 148 cm are called heavy horses.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 7.3.

Großpferde sind alle Pferde mit einem Stockmaß von 148 cm und mehr.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.3 zusammengestellten Verfahren.

Table 7.3: Heavy horses, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

### 7.2.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme

The mean weight is assumed to be 550 kg an<sup>-1</sup> (mean value for riding horses, see DLG, 2005, pg. 54).

Due to this mean weight, the animal category of German heavy horses corresponds to the category of horses described in IPCC (2006) with an gross energy intake (GE) of 110 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (IPCC(2006)-10.28, Table 10.10; Blum, 2002).

According to DLG (2005), pg. 54, the annual intake of metabolisable energy is 32.5 GJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. This value transforms into a daily intake of 89 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Animal weight and energy intake are, due to the simple calculation methods used, without influence on the emission results.

Als mittleres Gewicht werden 550 kg an<sup>-1</sup> angesetzt (Mittelwert für Reitpferde nach DLG, 2005, S. 54).

Mit diesem Gewicht entsprechen die deutschen Großpferde der in IPCC (2006) beschriebenen Kategorie „Pferde“ mit einer Gesamtenergieaufnahme (GE) von 110 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> angesetzt (IPCC(2006)-10.28, Table 10.10; Blum, 2002).

Die jährliche Aufnahme von umsetzbarer Energie wird nach DLG (2005) S. 54, mit 32,5 GJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (d. h. täglich 89 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) angenommen.

Gewicht und Energieaufnahme sind wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

### 7.2.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

According to IPCC(1996)-4.10 and IPCC(2006)-10.28, the default emission factor for enteric fermentation of horses is 18 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>, and is given for a mean weight of 550 kg an<sup>-1</sup>.

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than ± 30 % and may be uncertain to ± 50 %.

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Nach IPCC(1996)-4.10 und IPCC(2006)-10.28 beträgt der Default-Wert für die Emission aus der Verdauung 18 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> für Pferde, für die ein mittleres Gewicht von 550 kg an<sup>-1</sup> unterstellt wird.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 7.2.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.2.3.3.3.

The calculation procedure is based on default VS excretion: 2.13 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> according to IPCC(2006)-10.82.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.2.3.3.3) angewandt.

Das Rechenverfahren verwendet default-VS-Ausscheidungen: 2,13 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> nach IPCC(2006)-10.82.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  are listed in Table 7.1 (Chapter 7.1.2).

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

#### 7.2.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

According to DLG (2005), pg 55, saddle-horses with a weight of 500 to 600 kg  $\text{a}^{-1}$  with mixed stabling and grazing and occasional work excrete 53.6 kg  $\text{a}^{-1}$   $\text{a}^{-1}$  N. A fraction of 0.6 kg  $\text{kg}^{-1}$  is assumed to be TAN (EMEP(2009)- 4B-26).

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

In the Inventory, the amount of straw is 8 kg  $\text{pl}^{-1}$   $\text{d}^{-1}$  (KTBL, 2006b, pg. 640) or  $34.4 \cdot 10^{-3}$  kg  $\text{pl}^{-1}$   $\text{a}^{-1}$  N ( $17.2 \cdot 10^{-3}$  kg  $\text{pl}^{-1}$   $\text{a}^{-1}$  TAN, respectively). Immobilisation of TAN and mineralisation of  $N_{\text{org}}$  in the storage are described in Chapter 3.2.4.5.

For the emission factors see Chapter 7.1.3.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  sind in Table 7.1 (Kapitel 7.1.2) aufgelistet.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitpferden bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht 500 bis 600 kg  $\text{a}^{-1}$ ) und leichter Arbeit 53,6 kg  $\text{a}^{-1}$   $\text{a}^{-1}$  N ausgeschieden. Der TAN-Anteil beträgt 0,6 kg  $\text{kg}^{-1}$  (EMEP(2009)- 4B-26).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.2.4.4. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu beträgt im Inventar 8 kg  $\text{pl}^{-1}$   $\text{d}^{-1}$  Stroh (KTBL, 2006b, S. 640) bzw.  $34,4 \cdot 10^{-3}$  kg  $\text{pl}^{-1}$   $\text{a}^{-1}$  N (entsprechend  $17,2 \cdot 10^{-3}$  kg  $\text{pl}^{-1}$   $\text{a}^{-1}$  TAN).

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.1.3.

#### 7.2.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2007) B1100).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt.

#### 7.2.6 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 7.4: Heavy horses, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.16	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.16	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.18	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.85	EM1009.87
		NO	EM1009.150	
		PM <sub>10</sub> PM <sub>2,5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.21	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.16	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.16	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.15	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.73	IEF1009.75
		NO	IEF1009.113	
		PM <sub>10</sub> PM <sub>2,5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.145	AI1005PSH.153

### 7.3 Light horses and ponies / Kleinpferde und Ponys

All horses whose size measured from the top of the withers to the ground falls below 14 hands or 148 cm are called light horses.

IPCC (1996) and (2006) fail to provide an adequate description for light horses and ponies. The definition of horses given in IPCC (1996) and (2006) applies to heavy horses (weight, energy requirements). This inventory differentiates light horses and ponies with respect to their different properties.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 7.5.

Kleinpferde und Ponys sind alle Pferde mit einem Stockmaß von weniger als 148 cm.

Weder IPCC (1996) noch IPCC (2006) bieten eine adequate Beschreibung von Kleinpferden und Ponys an. Die in IPCC (1996) und (2006) verwendeten Definitionen (Gewicht, Energiebedarf) beziehen sich ausschließlich auf Großpferde. Das Inventar differenziert zwischen Groß- und Kleinpferden, um die Eigenschaftsunterschiede zu berücksichtigen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.5 zusammengestellten Verfahren.

Table 7.5: Light horses and ponies, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

#### 7.3.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme

The mean weight of light horses is assumed to be 300 kg an<sup>-1</sup> corresponding to the weight of German riding ponies given in DLG (2005), S. 54.

According to DLG (2005), pg. 54, the annual intake of metabolisable energy is 21.0 GJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. This value transforms into a daily intake of ca. 58 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

According to the difference of energy requirements of heavy and light horses (see Chapter 7.2.1) it is assumed that the gross energy (GE) intake of light horses is about one third lower than for heavy horses: ca. 73 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Animal weight and energy intake are, due to the simple calculation methods used, without influence on the emission results.

Als mittleres Gewicht für Kleinpferde wird das gewicht von deutschen Reitponys angesetzt (300 kg an<sup>-1</sup> nach DLG, 2005, S. 54).

Die jährliche Aufnahme von umsetzbarer Energie wird nach DLG (2005) S. 54, mit 21,0 GJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (d. h. täglich ca. 58 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) angenommen.

Entsprechend dem Unterschied im Bedarf an verdaulicher Energie wird für Kleinpferde und Ponys eine gegenüber Großpferden (siehe Kapitel 7.2.1) um ein Drittel geringere Aufnahme an Gesamtenergie (GE) angenommen: ca. 73 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Gewicht und Energieaufnahme sind wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

#### 7.3.2 Methane from enteric fermentation / Methane aus der Verdauung

According to the ratio of digestible energy requirements for light horses and ponies (see Chapter 7.3.1), a reduced energy intake (two thirds of heavy horses) is assumed and a reduced emission factor of 12 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> is used.

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than ± 30 % and may be uncertain to ± 50 %.

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Entsprechend dem Verhältnis im Bedarf an verdaulicher Energie (siehe Kapitel 7.3.1) wird für Kleinpferde und Ponys eine gegenüber Großpferden um ein Drittel geringere Energieaufnahme und entsprechend ein Emissionsfaktor von 12 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> angenommen.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 7.3.3 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.2.3.3.3.

The VS excretion rate is derived from that of heavy horses (see Chapter 7.2.3) according to the reduction of the energy input (see Chapter 7.3.1) and amounts to 1.38 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> VS.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  are listed in Table 7.1 (Chapter 7.1.2).

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.2.3.3.3) angewandt.

Die VS-Ausscheidungen werden analog zur Reduktion des Energiebedarfs (siehe Kapitel 7.3.1) aus den VS-Ausscheidungen der Großpferde (siehe Kapitel 7.2.3) abgeleitet und betragen 1,38 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> VS.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  sind in Table 7.1 (Kapitel 7.1.2) aufgelistet.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 7.3.4 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

According to DLG (2005), pg 55, light horses with a weight of 300 kg an<sup>-1</sup> with mixed stabling and grazing and occasional work excrete 33.4 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. 0.40 kg kg<sup>-1</sup> are assumed to be TAN. A fraction of 0.6 kg kg<sup>-1</sup> is assumed to be TAN (EMEP(2009)- 4B-26).

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Due to lack of data, assumptions have to be made for the amount of bedding material. In relation to the amount used with heavy horses (8 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> straw), 5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> straw containing 21.5·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N or 10.8·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN are used.

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> in the storage are described in Chapter 3.2.4.5.

For the emission factors see Chapter 7.1.3.

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitponys bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht 300 kg an<sup>-1</sup>) und leichter Arbeit 33,4 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N ausgeschieden. Der TAN-Anteil beträgt 0,6 kg kg<sup>-1</sup> (EMEP (2009)- 4B-26).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.2.4.4. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

In Ermangelung von Daten wird für die Menge der Einstreu (in Relation zu 8 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> bei Großpferden) 5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh bzw. 21,5·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N angenommen (entsprechend 10,8·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN).

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.1.3.

### 7.3.5 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2007) B1100).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt.

**7.3.6 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD  
 zusammengestellten Informationen**

Table 7.6: Light horses and ponies, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.17	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.17	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.19	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.88	EM1009.90
		NO	EM1009.151	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.22	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.17	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.17	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.16	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.76	IEF1009.78
		NO	IEF1009.114	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.154	AI1005PSH.162

## 7.4 Horses – collective description / Pferde - zusammenfassende Daten

### 7.4.1.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme

The mean weight of all horses is derived from the weights of heavy horses and light horses weighted with the respective animal numbers. The mean weight varies only very slightly from year to year. Averaging over the years from 1990 onwards yields  $490 \text{ kg a}^{-1}$ .

The mean gross energy (GE) intake of all horses is calculated in analogy to the above described approach. The result is a value of  $101 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

These mean value are, due to the simple calculation methods used, without influence on the emission results.

Das mittlere Gewicht aller Pferde ergibt sich aus der tierzahlgewichteten Mittelung über Großpferde sowie Kleinpferde und Ponys. Die Variation des mittleren Gewichtes von Jahr zu Jahr ist sehr gering. Der Mittelwert über den gesamten Berichtszeitraum beträgt  $490 \text{ kg a}^{-1}$ .

In analoger Weise erhält man als mittlere Aufnahme an Gesamtenergie (GE) aller Pferde von  $101 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

Diese Mittelwerte sind wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

### 7.4.1.2 Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen

The total of VS and N excretions is divided by the total number of horses:

$$VS_{\text{mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot VS_{\text{mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot VS_{\text{mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad (7.1)$$

$$m_{\text{excr, mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot m_{\text{excr, mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot m_{\text{excr, mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad (7.2)$$

where

$VS_{\text{mean, horses}}$	mean amount of VS excreted by horses (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ VS}$ )
$n_{\text{ho}}$	number of heavy horses (in pl)
$VS_{\text{mean, ho}}$	mean amount of V excreted by heavy horses (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$VS_{\text{mean, po}}$	mean amount of V excreted by light horses and ponies (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$n_{\text{po}}$	number of light horses and ponies (in pl)
$m_{\text{excr, mean, horses}}$	mean amount of N excreted by horses (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$m_{\text{excr, mean, ho}}$	mean amount of N excreted by heavy horses (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$m_{\text{excr, mean, po}}$	mean amount of N excreted by light horses and ponies (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )

### 7.4.1.3 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten

In Table 7.7 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions.

The German VS excretion lies in between the 1996 and the 2006 IPCC default value. Apart from Denmark and Belgium with their unreproducible high values all other countries use the 1996 IPCC default value of VS excretions.

The reported N excretions vary between 25 and  $50 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . The German value is one of the highest ( $49 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). The differences can not be explained.

The comparison of the IEF for  $\text{CH}_4$  from enteric fermentation reveals that German data fall below all other data. This results from the fact that a considerable num-

In Table 7.7 erfolgt eine Gegenüberstellung effektiver Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist.

Die deutsche VS-Ausscheidung liegt zwischen den Defaultwerten von IPCC (1996) und IPCC (2006). Abgesehen von den an dieser Stelle nicht nachvollziehbar hohen dänischen und belgischen Werten verwenden die übrigen Staaten, die die VS-Ausscheidungen angeben, den IPCC (1996)-Defaultwert.

Die N-Ausscheidungen variieren zwischen 25 und  $50 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , wobei Deutschland mit  $49 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  am oberen Ende der Skala liegt. Eine Erklärung dieser Unterschiede ist nicht möglich.

Der IEF für  $\text{CH}_4$  aus der Verdauung ist in Deutschland geringer als in benachbarten Länder. Dies ergibt sich daraus, dass in Deutschland eine erheblicher Anteil



ber of German horses is rated as light horses or ponies, while the data underlying the respective default emission factor value applies to heavy horses only.

CH<sub>4</sub> emission factors from manure management and NH<sub>3</sub> emission factors differ considerably between the various states.

der Pferde aus Kleinpferden und Ponys besteht, während die den default-Werten zu Grunde liegenden Leistungsdaten nur für Großpferde zutreffen.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren für Wirtschaftsdünger-Management und die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren der einzelnen Staaten unterscheiden sich erheblich.

Table 7.7: Horses, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF				
				CH <sub>4,ent</sub> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	CH <sub>4,MM</sub> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	NO kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
Austria	238	1.72	47.90	18.00	1.25	5.10		
Belgium	500	5.00	58.43	18.00	3.48	5.32		
Czech Republic	NA	NA	25.00	18.00	1.39	8.57		
Denmark	600	3.65	39.56	21.81	2.95	5.71		
France	NA	1.72	25.00	21.78	2.10	7.09		
<b>Germany</b>	<b>490</b>	<b>1.96</b>	<b>49.00</b>	<b>16.63</b>	<b>2.58</b>	<b>18.8</b>	<b>0.41</b>	<b>0.056</b>
Netherlands	NE	NE	49.23	18.00	2.85	8.24		
Poland	238	1.72	28.03	18.00	1.39	9.74		
Switzerland	NA	1.72	43.70	22.81	1.39	12.44		
United Kingdom	NE	NE	50.00	18.00	1.40	IE		
IPCC (1996)-3-4.10, 4.12, 4.47, Western Europe, cool region, developed countries	238	1.72		18.00	1.39			
IPCC (2000)-4.45			50.00			8.0		
IPCC (2006)-10.28, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed	550 (Tier 1) 377 (Tier 2)	2.13	52.2 <sup>a</sup>	18.00	1.56			
EMEP (2009)-4.B.-26, 62			47.5			14.8		0.131

Sources: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC (2011), Table 4.A, 4.B; EEA (2011)

<sup>a</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

#### 7.4.2 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 7.8: Horses, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.18	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.18	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.20	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.91	EM1009.93
		NO	EM1009.152	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.14	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.38	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.23	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.18	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.18	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.17	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.79	IEF1009.81
		NO	IEF1009.115	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.13	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.35	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.163	AI1005PSH.180
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.52	EXCR.54

## 7.5 Mules and asses / Maultiere und Esel

Due to their small populations and the lack of importance, mules and asses are not registered in the German official statistics. National animal numbers have to be obtained from the “Interessengemeinschaft Esel und Maultiere” (IGEM) <sup>16</sup>.

Information on management systems and animal performance data are not available also.

This inventory follows the recommendations of the Expert Review Team (Centralized Review 2008; UNFCCC, 2009) to treat mules and asses in the same way as light horses and ponys.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 7.5.

Maultiere und Esel werden wegen ihrer geringen Verbreitung und Bedeutung in Deutschland nicht durch die offiziellen Statistiken erfasst, so dass auf die nationalen Tierzahlen der Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere (IGEM) <sup>16</sup> zurückgegriffen werden muss.

Beschreibungen von Haltungsformen und Leistungsdaten sind ebenfalls nicht verfügbar.

Dem Vorschlag des Expert Review Teams im Centralized Review 2008 (UNFCCC, 2009) folgend werden Maultiere und Esel im Inventar wie Kleinpferde behandelt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.5 zusammengestellten Verfahren.

Table 7.9: Mules and asses, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	national	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	national	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	national	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	national	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

### 7.5.1 Activity and performance data, energy requirements /Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf

#### 7.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Due to lack of official data, it is not possible to establish a times series of animal numbers. According to the “Interessengemeinschaft Esel und Maultiere” (IGEM) as communicated by Deutsches Eselstammbuch (private communication, 2003) the number of asses were 6000 to 8000 and the number of mules about 500. More recent data (IGEM, B. Schmutz, private communication, September 2009) suggest remarkably lower animal numbers which, however, are highly uncertain. Hence, this inventory is based on the assumption of 8500 mules and asses. This number is assumed to be constant within in the period of reporting due to lack of information.

The uncertainty of the animal numbers used is unknown.

This inventory presupposes a lognormal distribution of animal numbers. The application of a factor of 2 to define the upper limit of the 95 % confidence interval means that the difference between upper limit and the animal number applied is 100 %. The difference between the lower limit and the animal number applied is taken to be 50 %.

According to the recommendation in IPCC (2000)-6.14 for the calculation of the overall uncertainties for greenhouse gas and ammonia inventories based on Tier 1 approaches (see Chapters 15.6 and 15.7) the larger num-

Tierzahlen für Esel und Maultiere werden in der deutschen Agrarstatistik nicht erfasst. Daher ist keine Zeitreihe verfügbar. Nach Angaben der Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere (IGEM) beläuft sich für 2003 die Zahl der in Deutschland gehaltenen Tiere auf etwa 6000 bis 8000 Esel und ca. 500 Maultiere und Maulesel (Deutsches Eselstammbuch, 2003, persönliche Mitteilung, September 2009). Neuere Zahlen aus dem Deutschen Eselstammbuch liegen deutlich niedriger, weisen aber große Unsicherheiten auf (IGEM, B. Schmutz, persönliche Mitteilung, September 2009). Daher wird vorerst zeitlich konstant die Anzahl der Esel und Maultiere mit 8500 angenommen.

Die Unsicherheit der verwendeten Tierzahl ist nicht bekannt. Für das Inventar wird von einer lognormalen Verteilung der Tierzahlen ausgegangen, mit der oberen Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles beim Zweifachen und der unteren Grenze bei der Hälfte der verwendeten Tierzahl. Somit liegt die Differenz zwischen oberer Grenze und verwendeter Tierzahl bei 100 % der verwendeten Tierzahl, die Differenz zwischen verwendeter Tierzahl und unterer Grenze bei 50 % der verwendeten Tierzahl.

Entsprechend der Empfehlung in IPCC (2000)- 6.14, wird im Zusammenhang mit dem Stufe-1-Verfahren zur Berechnung des Gesamtunsicherheit der Treibhausgas-

<sup>16</sup> Asses and Mules Society

ber is used to characterize the uncertainty. Hence, 100 % is used in this case.

und Ammoniakinventare (s. Kapitel 13.6 und 13.7) die größere Prozentzahl zur Charakterisierung der Unsicherheit verwendet, d. h. 100 %.

#### 7.5.1.2 *Animal performance and energy intake / Leistungsdaten und Energieaufnahme*

In Germany, no official data are available for the live weight of mules and asses.

IPCC (1996) does not provide relevant information. In IPCC (2006) two weights are mentioned: 245 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.28) und 130 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.82). The larger is assumed to be applicable to the German situation. However, for the time being, animal weights are not considered in emission calculations.

IPCC (1996)-4.35 quotes daily GE requirements of 60 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. This value is also not used in emission calculations (see Chapter 7.5.2).

As no descriptions of animal performance and manure management and their variation in time and space are available, the data describing horses are used instead: It is assumed that mules and asses graze 180 days per year and 10 hours per day.

With respect to the share of pregnant animals, no information is available (NE).

Für das mittlere Gewicht von Maultieren und Eseln in Deutschland gibt es keine offizielle Angabe.

IPCC(1996) macht dazu ebenfalls keine Angabe. In IPCC(2006) finden sich zwei verschiedene Werte: 245 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.28) und 130 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.82). Der höhere dieser beiden Werte wird als der plausible eingeschätzt. Eine genauere Bestimmung erübrigt sich zurzeit, da das Gewicht nicht in die Emissionsberechnung eingeht.

IPCC (1996)-4.35 gibt für den täglichen GE-Bedarf 60 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> an. Mit diesem Wert wird ebenfalls nicht gerechnet, s. Kapitel 7.5.2.

Mangels Daten zu Haltungsformen und Leistung, werden die Daten für Pferde übernommen: Es werden 180 Tage Weidegang im Jahr mit 10 Stunden pro Tag angenommen.

Angaben zum Anteil trächtiger Tiere liegen nicht vor (NE).

#### 7.5.2 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

A Tier 1 approach is used as described in Chapter 3.2.2.2. IPCC (1996) fails to give an emission factor. IPCC (2006)-10.28 recommends an emission factor of 10 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>. This factor is used in the inventory.

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30\%$  and may be uncertain to  $\pm 50\%$ .

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Es wird ein Stufe-1-Verfahren verwendet, s. Kapitel 3.2.2.2. IPCC (1996) gibt keinen Emissionsfaktor an. Daher wird nach IPCC (2006)-10.28 ein Emissionsfaktor von 10 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> angenommen.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

#### 7.5.3 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.2.3.3.3. The input data set is described in the following.

The calculation procedure is based on default VS excretion: 0.94 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> according to IPCC(2006)-10.82.

The amounts of daily excreted volatile solids (VS) are taken from IPCC (2006)-10.82:  $B_0 = 0.33 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ .

In agreement with the treatment of other herbivores, a methane conversion factor (MCF) of 0.02 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> is assumed. For grazing, the value of 0.01 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> for grazing as proposed in IPCC (2006)-10.82 is used.

For management details see Chapter 7.5.1.2.

The calculations yield a German emission factor that

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.2.3.3.3) angewandt. Die Eingangsgrößen werden nachstehend beschrieben.

Das Rechenverfahren verwendet default-VS-Ausscheidungen: 0,94 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> nach IPCC(2006)-10.82.

Die maximale Methan-Freisetzungs-kapazität ( $B_0$ ) wird aus IPCC(2006)-10.82 entnommen:  $B_0 = 0,33 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ .

Konsistent mit den anderen Pflanzenfressern wird für Festmistsysteme ein Methan-Umwandlungsfaktor von  $MCF = 0,02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  angenommen. Der in IPCC (2006)-10.82 angegebene Wert von  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  wird für Weidegang verwendet.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 7.5.1.2.

Der damit für Deutschland berechnete Emissionsfak-

exceeds that given by IPCC.

As the calculation procedure for CH<sub>4</sub> emissions relies on default VS excretion, it is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error.

#### 7.5.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

For mules and asses, no data is available for N excretion rates. Hence, the data used for light horses and ponys are used instead (see Chapter 7.3.4): N excretion is 33.4 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, the share of TAN is 0.6 kg kg<sup>-1</sup>.

The N intake with bedding (straw) is taken into account. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4. Straw N is considered as organic N, 50 % of which can be mineralized during storage.

The amount of straw is the same as for light horses and ponys (see Chapter 7.3.4), i.e. 5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> straw with 21.5·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N or 10.8·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN.

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> in the storage are described in Chapter 3.2.4.5.

For management details see Chapter 7.5.1.2.

Due to the fact that no specific information is available for the application of manure, the assumptions for horses are applied (see Chapter 7.1.3).

The emission factors are adopted from horses, see Chapter 7.1.3.

tor ist größer als der von IPCC angegebene.

Das Rechenverfahren für CH<sub>4</sub>-Emissionen verwendet default-VS-Ausscheidungen. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Hierfür gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert.

Für Maultiere und Esel sind keine Angaben zur N-Ausscheidung verfügbar. Daher werden die für Kleinpferde und Ponys angesetzten Werte (Kapitel 7.3.4) übernommen: N-Ausscheidung 33,4 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N, TAN-Anteil 0,6 kg kg<sup>-1</sup>.

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.2.4.4. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu wird wie für Kleinpferde und Ponys (s. Kapitel 7.3.4) mit 5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh bzw. 21,5·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N angenommen (entsprechend 10,8·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN).

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 7.5.1.2.

Da keine Angaben zu Art und Weise der Ausbringung verfügbar sind, werden die für Pferde getroffenen Annahmen übernommen, siehe Kapitel 7.1.3.

Die Emissionsfaktoren werden von den Pferden übernommen, siehe Kapitel 7.1.3.

#### 7.5.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2007) B1100).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt.

#### 7.5.6 Compilation of emission results, activity data, and implied emission factors / Zusammenstellung von Emissionsergebnissen, Aktivität und effektiven Emissionsfaktoren,

Table 7.10: Mules and asses, compilation of input data and national emission results (constant in time)

Emissions	Emissionen			
		CH <sub>4</sub> enteric fermentation	0.085	Gg a <sup>-1</sup>
		CH <sub>4</sub> manure management	0.012	Gg a <sup>-1</sup>
		NH <sub>3</sub>	0.080	Gg a <sup>-1</sup>
		N <sub>2</sub> O	0.0021	Gg a <sup>-1</sup>
		NO	0.00028	Gg a <sup>-1</sup>
		PM <sub>10</sub>	0.0012	Gg a <sup>-1</sup>
		PM <sub>2,5</sub>	0.00081	Gg a <sup>-1</sup>
Activity data	Aktivitäten		8500	heads
Implied Emission factors	Effektive Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	10	kg a <sup>-1</sup>
		CH <sub>4</sub> manure management	1.36	kg a <sup>-1</sup>
		NH <sub>3</sub>	9.43	kg a <sup>-1</sup>
		N <sub>2</sub> O	0.241	kg a <sup>-1</sup>
		NO	0.033	kg a <sup>-1</sup>
		PM <sub>10</sub>	0.14	kg a <sup>-1</sup>
		PM <sub>2,5</sub>	0.10	kg a <sup>-1</sup>

Due to lack of information on the variation in time and space, emissions can only be calculated on the national scale. Emission factors are assumed to be constant with time. Table 7.10 compiles the data used in this inventory, i.e. emissions, activities and implied emission factors (IEF).

In Ermangelung von räumlich und zeitlich aufgelösten Eingabedaten können jährliche Emissionsergebnisse nur auf nationaler Ebene und konstant für den gesamten Berichtszeitraum berechnet werden. Table 7.10 zeigt die Zusammenstellung von Emissionsergebnissen, Aktivität und effektiven Emissionsfaktoren (Implied Emission Factors, IEF).

#### 7.5.7 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 7.11: Mules and asses, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.19	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.19	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.21	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.94	EM1009.96
		NO	EM1009.153	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.15	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.39	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.24	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.19	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.19	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.18	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.82	IEF1009.84
		NO	IEF1009.116	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.14	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.36	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.181	AI1005PSH.185
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.55	EXCR.56

## 8 Buffalo / Büffel

Buffalo are no key source. However, the number of buffalo kept in Germany has been increasing steadily (although on a low level). In 2009, the total buffalo numbers in Germany exceeded for the first time the threshold of 2000 animals.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 8.1.

Büffel sind keine Hauptquellgruppe. Die Zahl der in Deutschland gehaltenen Büffel nimmt allerdings auf niedrigem Niveau stetig zu. Die Büffelnzahlen überstiegen erstmals 2009 die Schwelle von 2000 Tieren in ganz Deutschland.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.1 zusammengestellten Verfahren.

Table 8.1: Buffalo, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				Activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC	state	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	1	IPCC	state	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	1	EMEP	state	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	1	IPCC	state	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

### 8.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 8.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are supplied by German Buffalo Society (M. Thiele, personal communication) as no data are reported by the the Federal Statistical Office.

The data is known from the year 2000 onwards for each federal state. On the recommendation of the final report of the „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention“ and in agreement with German Statistics, department VII A, the animal numbers were extrapolated on a national base to yield the respective data for the years previous to the year 2000. The process produced negative animal numbers for the years from 1990 to 1995 which were replaced by zero.

The animal numbers after 2000 are likely to be exact numbers. The uncertainty of the animal numbers obtained by extrapolation for the years before 2000 is unknown.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 13.6 and 13.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 10 % of the mean (standard error).

Die Tierzahlen wurden vom Deutschen Büffelverband bereitgestellt (M. Thiele, pers. Mitteilung), da das Statistische Bundesamt keine Büffelnzahlen berichtet.

Die Daten liegen für einzelne Bundesländer und seit dem Jahr 2000 vor. Aufgrund der Empfehlung im Abschlussbericht zum „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention“ wurden für die Jahre vor 2000 die nationalen Büffelnzahlen in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt, Referat VII A, durch lineare Extrapolation vervollständigt. Für die Jahre 1990 bis 1995 ergaben sich dabei rechnerisch negative Tierzahlen, die durch Nullen ersetzt wurden.

Die Angaben für die Tierzahlen ab 2000 sind wahrscheinlich exakt. Die Unsicherheit der durch Extrapolation für die Zeit vor 2000 gewonnenen Tierzahlen ist unbekannt.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 13.6 und 13.7) wird eine für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 10 % vom Mittelwert angenommen (Standardfehler).

#### 8.1.2 Animal performance / Leistungsdaten

The live weight of adult buffalo cows is 600 to 800 kg an<sup>-1</sup>, that of adult bulls up to 1100 kg an<sup>-1</sup>. In Germany, suckler buffalo herds predominate. Hence, a mean animal weight of 700 kg an<sup>-1</sup> is assumed for Germany. However, due to the simplicity of the emission calculation methodology used for buffalo, this mean animal weight does not affect the amount of the emissions obtained.

Die Lebendmasse ausgewachsener Kühe beträgt 600 bis 800 kg an<sup>-1</sup>, die ausgewachsener Bullen 800 bis 1100 kg an<sup>-1</sup>. In Deutschland überwiegt die Mutterkuhhaltung. Für Deutschland wird daher ein mittleres Büffelngeicht von 700 kg an<sup>-1</sup> angenommen. Dieser Wert ist wegen der Einfachheit der Emissionsberechnungen bei Büffeln ohne Einfluss auf die Emissionshöhe im Inventar.

Detailed information on performance data is not available.

Es stehen keine detaillierten Leistungsdaten zur Verfügung.

### 8.1.3 Management details / Haltungsdetails

The majority of the animals is kept outdoors throughout the year. For the time being, it is assumed that all buffalo graze about 140 days per year and 10 hours per day.

The inventory assumes the animals to be in the dairy parlour for 3.5 h d<sup>-1</sup>.

As no data on the frequency distributions of housing and storage systems is available, it is assumed that 50 % of the buffalo population is kept in in slurry based systems and 50 % in straw based systems. The straw amount supplied in straw based systems is assumed to be 5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

The inventory is based on storage of slurry in open tanks with natural crust.

Slurry and manure are broadcast on grassland and arable land without incorporation.

Ein großer Teil der Tiere wird ganzjährig im Freien gehalten. Für alle Tiere wird vorläufig angenommen, dass sie 140 Tage im Jahr 10 Stunden pro Tag auf der Weide sind.

Im Inventar wird davon ausgegangen, dass die Tiere sich effektiv 3,5 h d<sup>-1</sup> im Melkstall aufhalten.

In Ermangelung von Daten wird für die Häufigkeitsverteilungen von Stall- und Lagersystemen angenommen, dass 50 % der Tiere in güllebasierten und 50 % in strohbasierten Systemen gehalten werden. Die Einstreumenge in den in strohbasierten Systemen wird mit 5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> angenommen.

Gülle wird im Inventar im offenen Tank mit natürlicher Schwimmdecke gelagert.

Die Ausbringung erfolgt mit Breitverteiler auf Grünland und Ackerland ohne Einarbeitung.

## 8.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.2.2.2). The emission factor is  $EF_{CH_4, \text{ent, bu}} = 55 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30 \%$  and may be uncertain to  $\pm 50 \%$ .

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Es handelt sich um ein Stufe-1-Verfahren, s. Kapitel 3.2.2.2). Zur Berechnung wird der default-Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, \text{ent, bu}} = 55 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  herangezogen (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

## 8.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 equation, see Chapter 3.2.3.3.3.

Both IPCC (1996), Table B5, and IPCC(2006)-10.79, propose for Western European buffalo a default VS excretion of 3.9 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

The maximum methane producing capacity  $B_0$  is 0.1 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (kg VS)<sup>-1</sup> according to both IPCC (1996), Table B5, and IPCC (2006), Table 10A-6. The methane conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are adopted from dairy cows (see Table 4.2). The methane conversion factor for slurry equals that given in IPCC (1996). The methane conversion factor for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996). The value given by IPCC (2006) is used. The MCF for pasture equals that of IPCC (1996).

For management details see Chapter 8.1.3.

The resulting German emission factor (IEF) exceeds

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit der Gleichung des Stufe-2-Verfahrens berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.3.3.

Sowohl IPCC (1996), Table B5, als auch IPCC(2006)-10.79 geben für Büffel in Westeuropa eine default-VS-Ausscheidung von 3,9 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> an.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  wird von IPCC (1996), Table B5, und IPCC (2006), Table 10A-6 mit 0,1 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (kg VS)<sup>-1</sup> angegeben. Die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) werden von den Milchkühen übernommen (siehe Table 4.2). Für Gülle ist der in IPCC (2006) vorgeschlagene Methan-Umwandlungsfaktor (MCF) gleich dem Wert in IPCC (1996), während er für Festmist größer als der in IPCC (1996) vorgeschlagene Wert ist. Der MCF für Weide ist dergleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 8.1.3.

Der resultierende deutsche Emissionsfaktor (IEF) ist

the value calculated from IPCC 1996 input data which is  $2.67 \text{ kg place}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ .

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

größer als der Wert  $2,67 \text{ kg place}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ , den man nach IPCC (1996) erhält.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

## 8.4 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

### 8.4.1 *N excretion and N input with bedding / N-Ausscheidung und N aus der Einstreu*

As no detailed information on animal performance is available, the N excretion is estimated using the simple procedure supplied in IPCC(2006)-10.59:

Da keine detaillierten Leistungsdaten zur Verfügung stehen, werden die Ausscheidungen vereinfacht nach IPCC(2006)-10.59 geschätzt:

$$m_{\text{excreted, bu}} = w_{\text{bu}} \cdot x_{\text{N, bu}} \cdot \alpha \cdot \beta \quad (8.1)$$

where

$m_{\text{excreted, bu}}$	amount of nitrogen excreted (buffalo) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$w_{\text{bu}}$	animal weight (buffalo) ( $w_{\text{bu}} = 700 \text{ kg an}^{-1}$ , see Chapter 8.1.2)
$x_{\text{N, bu}}$	default value for the N excretion rate (buffalo) ( $x_{\text{N, bu}} = 0.32 \text{ kg Mg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-3} \text{ Mg kg}^{-1}$ )

Using the mean weight given in Chapter 8.1.2 one obtains  $m_{\text{excr}} = 82 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ .

In reference to dairy cow data, the TAN content is assumed to be  $0.6 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ .

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.2.4.4. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (see Chapter 8.3) or  $21.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  ( $10.8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

Mit dem in Kapitel 8.1.2 angegebenen mittleren Gewicht ergibt sich  $m_{\text{excr}} = 82 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ .

Der TAN-Gehalt wird in Anlehnung an Milchkühe mit  $0,6 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angenommen.

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.2.4.4. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu beträgt  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh (s. Kapitel 8.3) bzw.  $21,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (entsprechend  $10,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ ).

### 8.4.2 *Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung*

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  in the storage are described in Chapter 3.2.4.5.

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.2.4.5 beschrieben.

### 8.4.3 *Emissions factors / Emissionsfaktoren*

By analogy to dairy cow husbandry (cf. Chapters 4.2.2 and 4.3.7.6.3), the following partial emission factors for housing and storage are applied:

In Anlehnung an die Milchkuh-Haltung (Kapitel 4.2.2 und 4.3.7.6.3) werden die folgenden partiellen Emissionsfaktoren für Stall und Lager angesetzt:



Table 8.2: Buffalo, partial emission factors used in the inventory

				EF (in kg kg <sup>-1</sup> N)	related to
housing	NH <sub>3</sub>	slurry based		0.197	TAN
	NH <sub>3</sub>	straw based		0.197	TAN
storage	NH <sub>3</sub>	slurry	natural crust	0.045	TAN
	NH <sub>3</sub>	leachate	solid cover	0.014	TAN
	NH <sub>3</sub>	solid storage	heap	0.60	TAN
	N <sub>2</sub> O	slurry	natural crust	0.005	N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub>
	N <sub>2</sub> O	solid storage	heap	0.005	N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub>
	NO	slurry	natural crust	0.0005	N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub>
	NO	solid storage	heap	0.0005	N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub>
	N <sub>2</sub>	slurry	natural crust	0.015	N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub>
	N <sub>2</sub>	solid storage	heap	0.015	N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub>

The emission factors for spreading are adopted from dairy cow husbandry, see Chapter 4.2.3.

According to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, the NH<sub>3</sub> emission factor for grazing is 0.13 kg kg<sup>-1</sup>, related to TAN excreted.

For management details see Chapter 8.1.3.

An overall uncertainty of 30 % is assumed for NH<sub>3</sub> emission factors with a normal distribution.

For N<sub>2</sub>O, IPCC(2006)-10.63 propose a factor of 2. Thus, in this inventory, an uncertainty of 100 % is assumed with a lognormal distribution. This applies also to NO and N<sub>2</sub>.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.5.

Die Emissionsfaktoren für Ausbringung werden von den Milchkühen übernommen (Kapitel 4.2.3).

Für Weidegang beträgt der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor 0,13 kg kg<sup>-1</sup> bezogen auf ausgeschiedenes TAN (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 8.1.3.

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

IPCC(2006)-10.63 gibt für N<sub>2</sub>O einen Faktor 2 an. Angenommen wird deshalb eine Unsicherheit von 100 % bei lognormaler Verteilung. Dies wird auch für NO und N<sub>2</sub> angenommen.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.5 beschrieben.

## 8.5 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

## 8.6 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 8.3: Buffalo, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.20	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.30	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.32	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.127	EM1009.129
		NO	EM1009.164	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2,5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.38	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.20	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.30	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.30	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.96	IEF1009.98
		NO	IEF1009.128	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2,5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005GBU.05	AI1005GBU.08
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.60	EXCR.62

## 9 Poultry / Geflügel

### 9.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

For CH<sub>4</sub>, poultry is not a key source. However, as poultry is a key source for NH<sub>3</sub>, a detailed description of the mass flows of N and VS is desirable.

For inventory calculations, animals are to be categorized homogeneously with respect to husbandry and feeding conditions, as well as animal performance and excretions. Accordingly, the animal place numbers of the official census are modified for pullets and laying hens, while turkeys are subdivided into males and females. Table 9.1 displays the categorisation used in the inventory including weight data.

Für CH<sub>4</sub> ist Geflügel keine Hauptquellgruppe. Da aber Geflügel für NH<sub>3</sub> eine Hauptquellgruppe ist, ist eine detaillierte Beschreibung der N- und VS-Ströme wünschenswert.

Für die Inventarberechnung ist es erforderlich, hinsichtlich Haltung, Fütterung, Leistung und Ausscheidung homogene Tierkategorien zu bilden. Daher werden offiziell erhobene Tierplatzzahlen von Junghühnern und Legehennen modifiziert und bei den Puten nach männlichen und weiblichen Tieren unterschieden. Table 9.1 zeigt die im Inventar verwendete Kategorisierung mit ergänzenden Gewichtsangaben.

Table 9.1: Poultry, categorisation and characterisation

Animal category according to German census			Animal categories used in this inventory			
type		category	type	category	weight 1	weight 2
AA	Legehennen (6 Monate und älter)	laying hens $\geq$ 6 months	lh	laying hens	$w_{\text{start, lh}}$	$w_{\text{fin, lh}}$
AB	Junghennen (Jung- und Legehennen bis 6 Monate)	pullets (pullets and laying hens $<$ 6 months)	pu	pullets	45 g an <sup>-1</sup>	$w_{\text{start, lh}}$
AC	Schlacht- und Masthähne und -hühner sowie sonstige Hähne einschl. der hierfür bestimmten Küken	hens and cocks produced for slaughtering	br	broilers	42 g an <sup>-1</sup>	$w_{\text{fin, br}}$
AD	Gänse	geese	ge	geese	7 kg an <sup>-1</sup>	
AE	Enten	ducks	du	ducks (Peking ducks)	3 kg an <sup>-1</sup>	
AF	Truthühner	turkeys	tm	turkeys, males	60 g an <sup>-1</sup>	$w_{\text{fin, tm}}$
			tf	turkeys, females		$w_{\text{fin, tf}}$

weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period;  $w_{\text{start}}$ : variable start weight, weight  $w_{\text{fin}}$ : variable final weight

### 9.2 Emission factors used for all poultry subcategories / Für alle Geflügel-Unterkategorien gültige Emissionsfaktoren

#### 9.2.1 Partial emission factors “storage” and “spreading” for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub>

The partial NH<sub>3</sub> emission factors for storage are different for each of the various poultry categories. Therefore they are specified in the accordingly chapters.

The partial NH<sub>3</sub> emission factors for spreading are similar for each of the various poultry categories (see Table 9.2). They refer to UAN which is in the inventory equated with TAN (see Chapter 3.2.4.3).

The partial emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage, which are used for all poultry categories in the inventory, are listed in Table 9.3. Note that the emission factors for NO and N<sub>2</sub> are derived from the N<sub>2</sub>O emission factors, see Chapter 3.2.4.6.3.

Die partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für die Lagerung sind für die verschiedenen Geflügelkategorien unterschiedlich und werden daher in den entsprechenden nachfolgenden Kapiteln angegeben.

Die partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für die Ausbringung sind für die verschiedenen Geflügelkategorien gleich, siehe Table 9.2. Sie beziehen sich auf UAN, welches im Inventar mit TAN gleich gesetzt wird, siehe Kapitel 3.2.4.3.

Die im Inventar für alle Geflügelkategorien einheitlichen partiellen Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus der Lagerung sind in Table 9.3 angegeben. Die Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> werden dabei aus den N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren abgeleitet, siehe Kapitel 3.2.4.6.3.

Table 9.2: Poultry, emission factors for  $\text{NH}_3$  from application of poultry manure (related to UAN)

		reduction of losses compared to reference (%)	mean losses in % of UAN
broadcast	without incorporation	reference	90
broadcast	incorporation within 1 h	100	0
broadcast	incorporation within 4 h	80	18
broadcast	incorporation within 6 h	61	35
broadcast	incorporation within 12 h	56	40
broadcast	incorporation within 24 h	50	45
broadcast	incorporation within 48 h	0	90

Source: Döhler et al. (2002), S. 78, completed (expert judgment KTBL)

The  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is a combined factor for house and storage. The data used are taken from IPCC(2006)-10.63, because IPCC(1996) does not provide specific emission factors for poultry, but extrapolates inappropriately from dry lot conditions for cattle. Results from storage systems of poultry manure in the United Kingdom confirm that using the IPCC (2006) default value does not lead to a underestimation of emissions (see Table 1 in Freibauer, 2003).

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

Der Emissionsfaktor für  $\text{N}_2\text{O}$  fasst die Emissionen aus Stall und Lager zusammen. Die Daten sind IPCC(2006)-10.63 entnommen, da IPCC(1996) keine spezifischen Emissionsfaktoren für Geflügel kennt und statt dessen unangemessen dry-lot-Emissionsfaktoren (für Rinder) übernimmt. Ergebnisse aus Geflügelkot-Lagerungssystemen im Vereinigten Königreich bestätigen, dass die Verwendung des Default-Emissionsfaktors von IPCC (2006) nicht zu einer Unterschätzung der Emissionen führt (see Table 1 in Freibauer, 2003).

Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Table 9.3: Poultry, partial emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ , and  $\text{N}_2$  from storage of poultry excreta (related to  $\text{N}_{\text{excr}} + \text{N}_{\text{straw}}$ )

$\text{N}_2\text{O}$ emissions	solid storage	0.001	$\text{kg kg}^{-1} \text{N}$
$\text{NO}$ emissions	solid storage	0.0001	$\text{kg kg}^{-1} \text{N}$
$\text{N}_2$ emissions	solid storage	0.003	$\text{kg kg}^{-1} \text{N}$

Source: see text

For the uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor, the uncertainties given in EMEP(2007)-B-1090.19, i.e. 30 %, are assumed.

For the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor, IPCC(2006)-10.63 propose a factor of 2. Thus, in this inventory, an uncertainty of 100 % is assumed with a lognormal distribution. This applies also to the emission factors of  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ .

Für die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors wird der in EMEP(2003)-B-1090.19 angegebene Wert von 30 % angenommen.

IPCC(2006)-10.63 beschreibt den Unsicherheitsbereich des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors mit einem Faktor 2. Angenommen wird deshalb eine Unsicherheit von 100 % bei lognormaler Verteilung. Dies wird auch für die Emissionsfaktoren von  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  angenommen.

### 9.2.2 *Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for $\text{NH}_3$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ , and $\text{N}_2$ from manure management / Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für $\text{NH}_3$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ und $\text{N}_2$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ , and  $\text{N}_2$  from manure management are described in Chapters 13.3 to 13.5.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 13.3 bis 13.5 beschrieben.

### 9.3 Laying hens / Legehennen

Female chickens in their reproductive phase are called laying hens.

The laying period of hens begins when they are about 18 weeks old. The lifespan before is dealt with in Chapter 9.5 (pullets).

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.4.

Weibliche Hühner in der reproduktiven Phase werden als Legehennen bezeichnet.

Die Legeperiode von Hennen beginnt, wenn sie etwa 18 Wochen alt sind. Zuvor werden die Tiere als Jung-hennen bezeichnet (siehe Kapitel 9.5)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.4 zusammengestellten Verfahren.

Table 9.4: Laying hens, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		no method			
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

#### 9.3.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers are surveyed in 2010 by the Agricultural Census 2010 (Landwirtschaftszählung 2010).

Missing data are replaced by those of the respective preceeding year.

The German census differentiates hen places according to animal age; differentiating between those younger than 0.5 a and those older than 0.5 a. (See Table 9.1 for details.) Thus class AB in this table comprises those hens which are not yet in production. However, emission calculations presuppose animal categories which are homogeneous with respect to feeding and excretion. Therefore, a correction of the respective numbers is needed. This correction assumes that the number of pullets produced equals the number of hens slaughtered. In addition, the sum of categories AA and AB in Table 9.1 is to equal the sum of pullets and hens. This leads to the following equation for laying hen places  $n_{lh}$ :

Tierplatzzahlen werden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgt eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010.

Datenlücken innerhalb der Zeitreihe werden durch Fortschreibung geschlossen.

Die Anzahl der besetzten Legehennenplätze wird in Deutschland danach erhoben, ob die Tiere jünger oder älter als ein halbes Jahr sind (vgl. Table 9.1). Die jüngere Altersklasse AB umfasst dabei auch die noch nicht im Legeprozess befindlichen Junghennen. Für eine an der Leistung orientierte Emissionsberechnung ist daher eine Modifizierung der gegebenen Tierzahlen erforderlich. Sie beruht auf der Annahme, dass genau so viele Junghennen aufgezogen werden, dass frei werdende Legehennenplätze wieder besetzt werden können. Außerdem sollen die modifizierten Zahlen von Jung- und Legehennen in der Summe den Tierzahlen der Kategorien AA und AB in Table 9.1 entsprechen. Daraus resultiert für die Legehennenanzahl  $n_{lh}$ :

$$n_{lh} = (n_{AA} + n_{AB}) \cdot \frac{\tau_{round, lh}}{\tau_{round, lh} + \tau_{round, pu}} \quad (9.1)$$

where

$n_{lh}$	number of laying hen places considered
$n_{AA}$	animal place numbers of type AA in the German census (see Table 9.1)
$n_{AB}$	animal place numbers of type AB in the German census (see Table 9.1)
$\tau_{round, pu}$	duration of round for pullets ( $\tau_{round, pu} = 142 \text{ d ro}^{-1}$ )
$\tau_{round, lh}$	duration of round for laying hens ( $\tau_{round, lh} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ )

The majority of poultry is kept in large units. Changes in the marginal conditions of the censuses did not affect the overall to a large extent. With a systematic uncertainty of about 5 % and a random uncertainty of about 5 % (Dämmgen, 2005), the overall uncertainty is estimated to be in the order of magnitude of 10 %. It is interpreted as standard error.

Geflügel wird überwiegend in großen Einheiten gehalten. Eine Änderung der Randbedingungen der Tierzählungen hat deshalb nur wenig Einfluss auf die Ergebnisse. Bei einem systematischen Fehler von etwa 5 % (Dämmgen, 2005) und einem statistischen Fehler von etwa 5 % erscheint es angemessen, einen Gesamtfehler von größenordnungsmäßig 10 % anzunehmen. Dieser wird als Standardfehler interpretiert.

### 9.3.2 Data on laying hen husbandry and egg production / Haltungs- und Legeleistungsdaten

KTBL (2004, pg. 481) quantifies  $\tau_{\text{round}}$  ( $\tau_{\text{round}} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ ). In this inventory this value is assumed to be constant as no variation of this value has been documented.  $\tau_{\text{round}}$  comprises the duration of the egg production period ( $434 \text{ d ro}^{-1}$ ) and the service time  $\tau_{\text{service}}$ , which – according to KTBL (2004, pg. 481) – is normally  $7 \text{ d ro}^{-1}$ .

Table 9.5 shows the data available on starting weight and final live weight as well as on egg production rates and egg weights. A spatial differentiation is not possible. Hence, the data set is used as constant on the national level.

KTBL (2004, S. 481) gibt die Durchgangsdauer mit  $\tau_{\text{round}} = 441 \text{ d ro}^{-1}$  an, was im vorliegenden Inventar als Konstante angenommen wird, da Abweichungen nicht im erforderlichen Umfang dokumentiert sind.  $\tau_{\text{round}}$  setzt sich zusammen aus der reinen Lebensdauer ( $\tau_{\text{lifespan}}$ ) mit  $434 \text{ d ro}^{-1}$  und der Reinigungszeit  $\tau_{\text{service}}$  mit  $7 \text{ d ro}^{-1}$  (KTBL, 2004, S. 481).

Table 9.5 zeigt die verfügbaren Daten zu Anfangs- und Endgewicht sowie zu Legeleistung und Eigewicht. Eine räumliche Differenzierung ist nicht möglich, weshalb die Daten im Inventar bundesweit verwendet werden.

Table 9.5: Laying hens, performance data  
(live weights in  $\text{kg an}^{-1}$ ; average number of eggs produced per hen in  $\text{eg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ; mean egg weight, in  $\text{g eg}^{-1}$ )

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
$w_{\text{start}}$	1.550	1.560	1.520	1.440	1.370	1.400	1.360	1.390			1.276		1.245		1.303					1.323
$w_{\text{fin}}$	2.070	2.120	2.070	2.000	1.960	2.030	1.860	1.920			1.799		1.733		2.026	1.945	1.927	1.933	1.887	1.903
eggs produced	269.9	269.3	273.9	278.2	275.9	276.9	282.5	284.6	286.2	289.2	289.4	288.4	288.1	289.4	291.4	289.0	291.6	296.0	298.7	293.1
egg weight	64.6	66.2	65.4	65.1	64.4	64.1	63.1	63.1			62.6		63.8		65.3	66.0	64.0	63.4	62.8	64.4

Sources: Egg production rates are primary statistical data (for 1990, 1991, and 1992 from the old Länder only), taken from annual reports (StatBA FS 3, R 4). All other data are taken from official laying hens performance contests or similar publications: Hartmann and Heil (1992), Heil and Hartmann (1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000), Anonymus (2001a, 2003, 2005, 2007a, 2007b, 2007c), Wiedmann and Damme (2008), Damme (2009)

Final live weight data gaps are closed by interpolation. Missing start weight data are reconstructed by use of the linear regression displayed in Figure 9.1, while the gaps in the time series of mean egg weights are closed by the linear regression derived in Figure 9.2.

Data gaps due to missing data in 2010 were closed by using the 2009 values.

Die Lücken der Endgewichte werden durch Interpolation gefüllt. Der Ersatz der fehlenden Angaben bei den Anfangsgewichten beruht auf der in Figure 9.1 gezeigten Regression. Lücken in der Zeitreihe der mittleren Eigewichte werden mit Hilfe der Regression aus Figure 9.2 geschlossen.

Für die in 2010 fehlenden Daten wurden die Werte von 2009 übernommen.

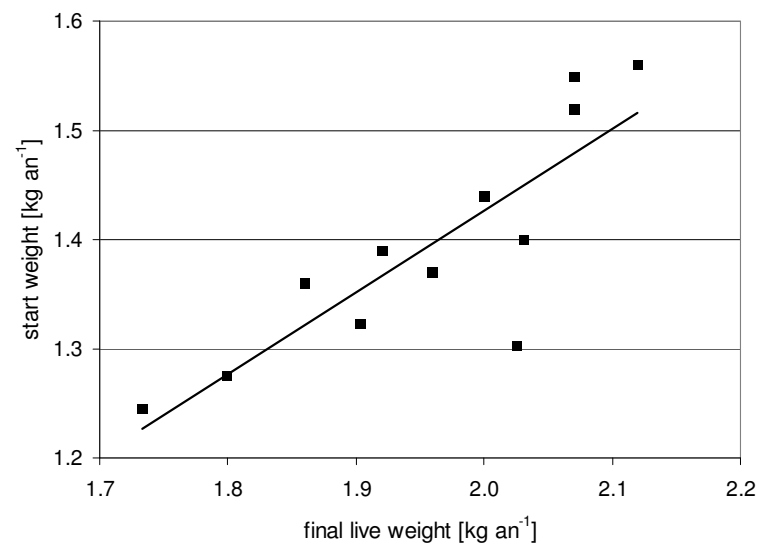


Figure 9.1: Laying hens, relation between weight at the beginning of egg production period and final live weight (data taken from Table 9.5; linear regression: slope  $0.7487 \text{ kg kg}^{-1}$ , intercept =  $-0.071 \text{ kg}$ ,  $R^2 = 0.707$ )

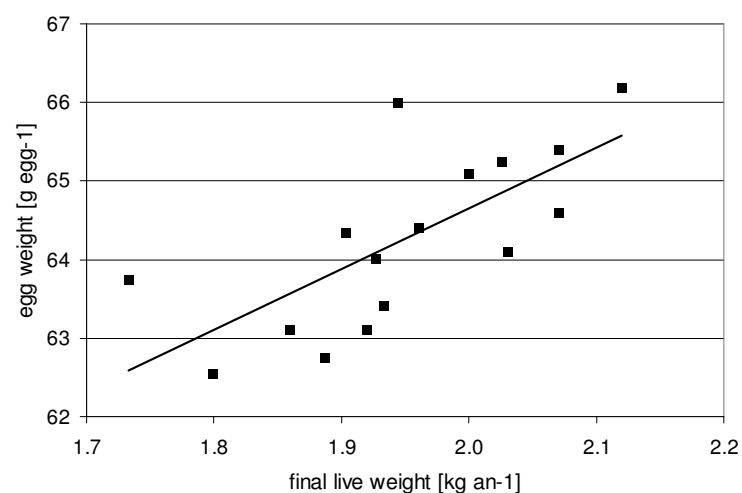


Figure 9.2: Laying hens, relation between mean egg weight and final live weight (data taken from Table 9.5; linear regression: slope  $7.7205 \text{ g kg}^{-1}$ , intercept =  $49.209 \text{ kg}$ ,  $R^2 = 0.50$ )

### 9.3.3 Energy requirements / Energiebedarf

#### 9.3.3.1 Metabolisable energy / Umsetzbare Energie

The overall requirements of daily metabolisable energy requirements per place (averaged over all days of one round) are given by the following relation:

Für den über alle Tage eines Durchganges (einschließlich der Reinigungszeit) gemittelte Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz gilt:

$$ME_{lh} = ME_m + ME_f + ME_{egg} + ME_g \quad (9.2)$$

where

$ME_{lh}$	daily requirements of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_m$	daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_f$	daily metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{egg}$	daily metabolisable energy for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_g$	daily metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)

The subsequent detailed calculations of  $ME_m$ ,  $ME_f$ ,  $ME_{egg}$ , and  $ME_g$  are based on information provided in GfE (2000, in particular equation 1.2.4.1 and context).

Die nachstehend beschriebene Berechnung der Teilenergien  $ME_m$ ,  $ME_f$ ,  $ME_{egg}$  und  $ME_g$  beruht auf Angaben in GfE (2000, s. Gl. 1.2.4.1 und Kontext).

### 9.3.3.2 Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie

The calculation of  $ME_m$  takes ambient temperatures into account.  $ME_m$  is calculated as follows:

Die Berechnung von  $ME_m$  erfolgt in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur gemäß

$$ME_m = (\eta_{ME, m} + \eta_{ME, mt}) \cdot \frac{1}{\tau_{round}} \cdot \Sigma W \quad (9.3)$$

where

$ME_m$	daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, m}$	specific metabolisable energy required for daily maintenance ( $\eta_{ME, m} = 0,48 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ , cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1)
$\eta_{ME, mt}$	specific metabolisable energy required for daily maintenance under low temperature conditions (in MJ kg d <sup>-1</sup> ME), see below
$\tau_{round}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.3.2
$\Sigma W$	cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )

With  $\eta_{ME, mt} > 0$  it is possible to account for an increased energy requirement due to low ambient temperatures (GfE, 2000, p. 28; Haenel et al., 2010, p. 275). However, as laying hens in Germany are predominantly kept in insulated houses with forced ventilation, the inventory uses  $\eta_{ME, mt} = 0$ .

Mit  $\eta_{ME, mt} > 0$  kann ein Mehrbedarf an Energie bei niedrigen Umgebungstemperaturen berücksichtigt werden (GfE, 2000, p. 28; Haenel et al., 2010, p. 275). Da der bei weitem überwiegende Teil der Legehennen in Deutschland in wärmeisolierten und zwangsbelüfteten Ställen lebt, wird im Inventar mit  $\eta_{ME, mt} = 0$  gerechnet.

According to Haenel and Dämmgen (2007 b),  $\Sigma W$  is a function of  $w_{start, lh}$  and  $w_{fin, lh}$ , combined with a characteristic time parameter  $\tau_{char, g, lh}$  ( $\tau_{char, g, lh} = 56 \text{ d ro}^{-1}$ ).  $\tau_{char, g, lh}$  is based on a duration of a round  $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ .

Nach Haenel und Dämmgen (2007 b) wird  $\Sigma W$  als Funktion von Start- und Endgewicht mit Hilfe eines charakteristischen Zeitparameters ( $\tau_{char, g, lh} = 56 \text{ d ro}^{-1}$ ) berechnet, der sich auf die Durchgangsdauer  $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$  bezieht.

$$\Sigma W = w_{m, ref} \cdot \left[ \tau_{char, g, lh} \cdot \left( \frac{w_{start}}{w_{ref}} \right)^{0.75} + (\tau_{lifespan} - \tau_{char, g, lh}) \cdot \left( \frac{w_{fin}}{w_{ref}} \right)^{0.75} \right] \quad (9.4)$$

where

$\Sigma W$	cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$w_{m, ref}$	reference weight ( $w_{m, ref} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )
$\tau_{char, g, lh}$	characteristic time scale of growth (d ro <sup>-1</sup> )
$w_{start}$	animal weight at the beginning of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{lifespan}$	lifespan of laying hens (d ro <sup>-1</sup> )
$w_{fin}$	animal weight at the end of the round (in kg an <sup>-1</sup> )



The recommended temperatures for laying hen houses are between 16 and 18 °C. Predominantly, laying hens in Germany are kept in insulated houses with forced ventilation. Consequently, a temperature dependent calculation on  $ME_m$  seems to be unnecessary at present.

Die Richttemperaturen für Hühnerställe liegen bei 16 bis 18 °C. Da der bei weitem überwiegende Teil der Legehennen in Deutschland in wärmeisolierten und zwangsbelüfteten Ställen lebt, wird auf eine temperaturabhängige Berechnung von  $ME_m$  vorerst verzichtet.

### 9.3.3.3 Metabolisable energy needed to obtain food / Energiebedarf für Nahrungsaufnahme

Net energy requirements for obtaining food  $ME_f$  are a function of the mobility of the animals in the respective house. It is reflected by a factor  $c_{house}$  which expresses the surplus in comparison to cages or small group housing systems.

Bei Legehennen wird der Energiebedarf  $ME_f$  für die Nahrungsaufnahme mit der Bewegungsmöglichkeit in dem jeweiligen Haltungssystem verbunden und als Mehrbedarf gegenüber einer Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung ausgedrückt:

$$ME_f = c_{system} \cdot (ME_m + ME_{egg} + ME_g) \quad (9.5)$$

where

$ME_f$	metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$c_{system}$	correction factor for different housing systems (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_m$	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{egg}$	metabolisable energy for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)

According to GfE (2000, pg. 29),  $c_{system} = 1.00$  MJ MJ<sup>-1</sup> for tempered cages or small group housing systems, 1.10 MJ MJ<sup>-1</sup> for a deep litter house, and 1.15 MJ MJ<sup>-1</sup> for free range hens. For aviaries no values are known. Any correction should be similar to the one used for deep litter houses. Thus, a factor  $c_{system} = 1.10$  MJ MJ<sup>-1</sup> is used for aviaries.

Der Faktor  $c_{system}$  beträgt nach GfE (2000, S. 29) 1,00 MJ MJ<sup>-1</sup> für temperierte Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung, 1,10 MJ MJ<sup>-1</sup> für Bodenhaltung und 1,15 MJ MJ<sup>-1</sup> für Freilandhaltung. Für Volierenhaltung ist kein Wert bekannt. Er dürfte dem der Bodenhaltung am nächsten kommen und wird deshalb mit 1,10 MJ MJ<sup>-1</sup> angesetzt.

### 9.3.3.4 Metabolisable energy needed for egg production / Energiebedarf für Eiproduktion

The calculation is based on the mean weight per egg, the number of eggs laid and the specific energy requirement per egg  $\eta_{egg}$ :

Der Bedarf berechnet sich aus der mittleren Masse eines Eies, der Eizahl und einem spezifischen Energiebedarf  $\eta_{egg}$  nach:

$$ME_{egg} = \eta_{ME, egg} \cdot n_{eggs} \cdot m_{egg} \quad (9.6)$$

where

$ME_{egg}$	metabolisable energy required for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, egg}$	specific metabolisable energy required for egg production ( $\eta_{ME, egg} = 9.6$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1)
$n_{eggs}$	number of eggs per place and day (in eg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$m_{egg}$	average mass of one egg (in kg eg <sup>-1</sup> )

9.3.3.5 *Metabolisable energy for growth / Energiebedarf für Wachstum*

The requirements result from a mean weight gain and a specific energy consumption for growth:

Der Bedarf ergibt sich aus der mittleren Gewichtszunahme und einem spezifischen Energiebedarf nach:

$$ME_g = \eta_{ME,g} \cdot (\Delta w_d)_{ave} = \eta_{ME,g} \cdot \frac{\Delta w_{round}}{\tau_{round}} \quad (9.7)$$

where

$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME,g}$	specific metabolisable energy required for growth ( $\eta_{ME,g} = 23$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1)
$(\Delta w_d)_{ave}$	average animal weight gain per place and day (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{round}$	animal weight gain per place and round according to Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )

9.3.4 *Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme*

Feed requirements are derived from the postulation that the energy intake with feed meet the energy requirements of the animal. The feed characteristics used in this inventory are collated in Table 9.6 (adopted from Haenel and Dämmgen, 2007b). These data represent a typical single-phase diet composition (except for NP reduced feed). Due to the lack of frequency distribution data, multi-phase feeding cannot be accounted for in the inventory. The same holds for the use of NP reduced feed.

Der Futterbedarf berechnet sich aus der Forderung, dass die mit dem Futter aufgenommenen Energie dem tierischen Energiebedarf entsprechen soll. Zu den im Inventar verwendeten Futterkennwerte siehe Table 9.6 (entnommen aus Haenel und Dämmgen, 2007b). Es handelt sich, mit Ausnahme des Rohproteingehaltes bei NP-reduzierter Fütterung, um Kennwerte eines typischen Einphasen-Futters. Mehrphasenfütterung kann im Inventar mangels Daten zur Verbreitung nicht berücksichtigt werden. Das Gleiche gilt für die NP-reduzierte Fütterung.

Table 9.6: Laying hens, diets used in laying hen feeding, related energies and crude protein content

The specific energies  $\eta_{GE}$  (gross energy),  $\eta_{DE}$  (digestible energy) and  $\eta_{ME}$  (metabolizable energy) as well as the contents of crude protein ( $X_{XP}$ ) and ash ( $x_{ash}$ ) are related to dry matter.  $X_{DOM}$  is the digestibility of organic matter.

Major components	$\eta_{GE}$ in MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{DE}$ in MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}$ in MJ kg <sup>-1</sup>	$X_{XP}$ , normal feed in kg kg <sup>-1</sup>	$X_{XP}$ , N reduced feed in kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM}$ in kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash}$ in kg kg <sup>-1</sup>
wheat, soybean meal, maize, wheat bran, vegetable fat	15.37	12.15	11.26	0.172	0.165	0.713	0.145

Sources:

- Feed composition and overall ash content: deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG (Kleine-Klausing, private communication)
- Energy content, XP content, ash content and digestibility of organic matter in normal feed components: Beyer et al. (2004)
- XP content of N reduced feed: KTBL (2004), cf. discussion in Haenel and Dämmgen (2007b)

Due to lack of information, the values presented in Table 9.6 are assumed to be constant with time and space.

From the data in Table 9.6 follows a digestibility of energy  $X_{DE, lh} = 0.791$  MJ MJ<sup>-1</sup> and a metabolisability of energy  $X_{ME, lh} = 0.733$  MJ MJ<sup>-1</sup>.

The specific N content of the feed is obtained by dividing the XP content by 6.25.

Due to the lack of temporal and spatial distribution data the use of adequate N feeding ("N reduced feed") can not be accounted for in the inventory.

The daily feed intake (dry matter) as a mean over all days in one round is calculated as follows:

Mangels detaillierterer Informationen werden die in Table 9.6 angegebenen Werte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Mit den Daten in Table 9.6 ergibt sich für die Energie-Verdaulichkeit  $X_{DE, lh} = 0.791$  MJ MJ<sup>-1</sup> und die Energie-Umsetzbarkeit  $X_{ME, lh} = 0.733$  MJ MJ<sup>-1</sup>.

Der spezifische N-Gehalt des Futters ergibt sich aus dem XP-Gehalt (Division durch 6.25).

Zur zeitlichen und räumlichen Verbreitung der N-angepassten Fütterung („N reduced feed“) liegen keine Daten vor, so dass sie im Inventar nicht berücksichtigt werden kann.

Die über alle Tage eines Durchganges gemittelte tägliche Futteraufnahme (Trockenmasse) pro Tierplatz wird wie folgt berechnet:

$$m_{F, DM} = \frac{ME_{lh}}{\eta_{ME, feed}} \quad (9.8)$$

where

$m_{F, DM}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$ME_{lh}$	daily requirements of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, feed}$	content of metabolisable energy in feed, related to dry matter (MJ kg <sup>-1</sup> ME), see Table 9.6

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

### 9.3.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.3.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.2.3.3.3.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

For the required data see Chapter 9.3.4.

The manure of laying hens is stored as solid.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are 0,39 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (kg VS)<sup>-1</sup> and 0.015 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Für die dafür erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.3.4.

Legehennen-Mist wird trocken gelagert.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  0,39 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (kg VS)<sup>-1</sup> und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen 0,015 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.3.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions is based on the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of N<sub>org</sub> in UAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N<sub>org</sub> in UAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 9.3.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as a function of performance and feed properties.

Die Ausscheidungen werden in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung berechnet.

Mass conservation allows the determination of the amount of N excreted annually as the difference between N intakes with feed, N used for egg production and for growth, the calculation of which is described in the subsequent chapters.

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{eggs}} - m_{\text{g}} \quad (9.9)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{eggs}}$	amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

The contents of uric acid and ammonium N (UAN) are calculated. The results are close to the standard value of 70 % (EMEP, 2009, S. 26).

Unter Berücksichtigung der Massenerhaltung lässt sich die Menge der jährlichen N-Ausscheidungen pro Tierplatz als Differenz von N-Aufnahme durch Nahrung und N-Verbrauch für Eiproduktion und Zuwachs berechnen (siehe hierzu die nachfolgenden Kapitel):

Der Gehalt an Harnsäure- und Ammonium-N (UAN) wird berechnet und liegt dicht bei den als Standardwert angenommenen 70 % (EMEP, 2009, S. 26).

#### 9.3.7.1.1 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter

The annual amount of N intake with feed is a function of the amount of feed and the crude protein (XP) content of the feed:

Die Menge des jährlich mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs ist eine Funktion von Futteraufnahme und Rohprotein-(XP-)Gehalt im Futter:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot m_{\text{F, DM}} \quad (9.10)$$

where

$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N, XP}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in feed, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> XP), see Table 9.6
$m_{\text{F, DM}}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM), see Chapter 9.3.4

For the XP content of N reduced feed Table 9.6. However, no information is available on the frequencies of N reduced feed usage. Hence, the N excretion calculations for the inventory are based on the assumption of a nationwide used “normal” feed composition.

Table 9.6 gibt auch den XP-Gehalt von N-reduziertem Futter an. Informationen zur Verbreitung von N-angepasster Fütterung sind allerdings nicht verfügbar. Daher erfolgen die Ausscheidungsberechnungen für das Inventar durchgängig mit nicht N-reduziertem Futter.

#### 9.3.7.1.2 N excretion with eggs / N-Ausscheidung mit Eiern

The amount of N excreted with eggs is assessed from the number of eggs laid per place, the mean egg mass and the mean protein content of the eggs:

Die mit Eiern ausgeschiedenen N-Mengen berechnen sich aus der Zahl der gelegten Eier pro Platz und Jahr, der durchschnittlichen Ei-Masse und dem mittleren Protein-Gehalt der Eier:

$$m_{\text{eggs}} = n_{\text{egg}} \cdot x_{\text{XP, eggs}} \cdot x_{\text{N}} \cdot \mu_{\text{egg}} \quad (9.11)$$

where

$m_{\text{eggs}}$	amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{egg}}$	number of eggs considered (in pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see below
$x_{\text{XP, eggs}}$	crude protein content of eggs (in kg kg <sup>-1</sup> XP), see below
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$\mu_{\text{egg}}$	average egg mass (in kg eg <sup>-1</sup> ), see below

The information on  $x_{\text{XP, eggs}}$  provided by the literature varies, e.g. 0.112 kg kg<sup>-1</sup> XP in GfE (2000, pg. 58) and 0.121 kg kg<sup>-1</sup> XP in Geflügeljahrbuch (2005, pg. 212). The value used in this inventory (0.119 kg kg<sup>-1</sup> XP) is based on the N content of eggs provided in LfL (2006a), Table 8.

For the number of eggs ( $n_{\text{egg}}$ ) and the egg weight ( $\mu_{\text{egg}}$ ) see table references in Chapter 9.3.9 („Additional information“).

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zu  $x_{\text{XP, eggs}}$ , z. B. 0,112 kg kg<sup>-1</sup> XP in GfE (2000, S. 58) und 0,121 kg kg<sup>-1</sup> XP im Geflügeljahrbuch (2005, S. 212). Der für das Inventar verwendete Wert 0,119 kg kg<sup>-1</sup> XP beruht auf Angaben in LfL (2006a), Tabelle 8, zum N-Gehalt von Eiern.

Zur Anzahl der Eier ( $n_{\text{egg}}$ ) und zum Eigewicht ( $\mu_{\text{egg}}$ ) siehe Tabellenverweise in Kapitel 9.3.9 („Additional information“).

#### 9.3.7.1.3 N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper

The N retention is obtained from the weight gain, the duration of the production cycle and the mean XP content of the animals:

Aus der Gewichtszunahme, der Dauer des Produktionszyklus und dem mittleren N-Gehalt der Tiere folgt für die N-Retention:

$$m_g = x_{\text{N, ret, lh}} \cdot \alpha \cdot \frac{w_{\text{fin}} - w_{\text{start}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.12)$$

where

$m_g$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{N, ret, lh}}$	N retained by laying hens ( $x_{\text{N, ret, lh}} = 0.035 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , see LfL, 2006a)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$w_{\text{fin}}$	animal weight at the end of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{\text{start}}$	animal weight at the begin of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{round}}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )

#### 9.3.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For all housing systems except cages or small group housing systems, N inputs with straw (bedding material) are taken into account. Based on the data provided in KTBL (2006), pg. 544, 546 and 548, an amount of straw input of 0.5 kg per place and year is assumed to be a representative estimate. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

An immobilisation of UAN is unlikely, as the dry conditions impede the process. Hence, the inventory does not take into account any TAN immobilisation.

Für alle Haltungssysteme außer Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung wird ein N-Eintrag mit dem als Einstreu eingebrachten Stroh berücksichtigt. Unter Berücksichtigung der Angaben in KTBL (2006), S. 544, 546 und 548 wird eine Einstreumenge von 0,5 kg Stroh pro Platz und Jahr als angemessen angesehen. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.2.4.4.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Eine Immobilisierung von UAN in der Einstreu findet wahrscheinlich nicht statt und wird daher im Inventar nicht berücksichtigt (fehlende Feuchtigkeit verhindert Immobilisierung).

#### 9.3.7.3 Partial NH<sub>3</sub> emission factors / Partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren

The various housing systems for laying hens are associated with different emission potentials (Döhler et al., 2002, S. 60).

Since submission 2011 the inventory takes into account only three housing system categories: cages/small group housing systems, aviary/floor management, and free range. The differentiation between cages/small group housing systems with dung pit, dung belt without drying and dung belt with drying which is relevant for emission calculations is implicitly accounted for by

Die verschiedenen Legehennen-Haltungsformen sind mit unterschiedlichen Emissionspotentialen verbunden (Döhler et al., 2002, S. 60).

Seit der Submission 2011 beschränkt sich die Emissionsberichterstattung auf die Berücksichtigung dreier Haltungsformen: Käfig/Kleingruppenhaltung, Voliere/Bodenhaltung sowie Freiland. Die emissionsrelevante Differenzierung zwischen Käfigen/Kleingruppenhaltung mit Kotgrube, belüftetem oder unbelüftetem Kotband geschieht implizit durch einen gewichteten mittleren

using a weighted mean emission factor (Rösemann et al., 2011, pp 263/264). Due to the abolishment of traditional “cages” from 2010 onwards, modified cage types are now used. These new housing systems are called “small group housing systems” in order to facilitate the differentiation between the former cages and the new housing systems (Eurich-Menden et al., 2011). The emission factors of cages and small group housing systems are different. As described above, from 2012 onwards housing systems and manure management techniques are not considered in the inventory; instead a weighted mean emission factor is used. Emission factors incorporated in the weighted mean are based on a national consensus (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe Eurich-Menden et al., 2011). The weighting reflects the frequencies of housing systems as derived from the agricultural census 2010 (LZ2010) by Statistisches Bundesamt.

The emission factors provided by Döhler et al. (2002) as well as by Eurich-Menden et al. (2011) refer to calculations of emissions per animal place. Therefore they had to be adjusted to the requirements of the inventory by converting them into emission factors related to N excretions. In the case of the emission factors provided by Döhler et al. (2002) this was done with the N excretion of  $0,74 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  according to Döhler et al., 2002, pg. 14A. The emission factors provided by Eurich-Menden et al. (2011) were converted on the basis of the DLG default N excretion of  $0,786 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  referring to a housing utilization of 94 % (see DLG, 2005, pg. 47). This is equivalent to  $0,836 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  for a housing utilization of 100 % as used in the inventory.

The housing systems “aviary” and “floor management with a one-time removal of manure per round” are differentiated in Döhler et al. (2002). For the submission 2011 both housing systems were combined to the housing system “aviary/floor management” (Rösemann et al., 2011, pp 263/264). The emission factor of “floor management with a one-time removal of manure per round” is used in the inventory due to the fact that this housing system was considerable more common in the 1990s than the “aviary”. This turned into the opposite from 2010 onwards (B. Eurich-Menden/KTBL, und Th. Heidenreich/Sächsische Landesanstalt Kollitsch, personal communication). Therefore the emission factor for „aviary“ is to be used for 2010 and subsequent years (KTBL-working group „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, see Eurich-Menden et al., 2011). As described for the housing system “aviary/floor management” the emission factors had to be converted by analogy.

On the basis of a national consensus 1,1 times the emission factor for “aviary/floor management” is applied in the inventory for “free range” (KTBL-working group „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, see Eurich-Menden et al., 2011)

Table 9.7 provides an overview of the emission factors used for the submission 2012.

Emissionsfaktor (Rösemann et al., 2011, S. 263/264). Aufgrund des Verbotes der herkömmlichen Käfige werden ab 2010 andersartig gestaltete Käfigformen eingesetzt, die zur Abgrenzung gegenüber den früher üblichen Käfigen als „Kleingruppenhaltung“ bezeichnet werden (Eurich-Menden et al., 2011). Die Kleingruppenhaltung weist von der früheren Käfighaltung abweichende Emissionsfaktoren auf. Allerdings wird für die Emissionsberichterstattung ab 2012 auch hier nicht zwischen den verschiedenen Käfigformen und ihren Kotentsorgungsvarianten unterschieden, sondern ein gewichteter Emissionsfaktor verwendet. Die in die Wichtung eingehenden Emissionsfaktoren beruhen auf nationalem Konsens (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe Eurich-Menden et al., 2011). Die Gewichte entsprechen den Haltungsform-Anteilen, wie sie aus der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ2010) des Statistischen Bundesamtes hervorgegangen sind.

Sowohl die in Döhler et al. (2002) als auch die in Eurich-Menden et al. (2011) angegebenen Emissionsfaktoren sind auf den Tierplatz bezogen und waren deshalb für die Inventarberechnungen auf einen Bezug auf die N-Ausscheidung umzurechnen. Dies geschah für die Emissionsfaktoren aus Döhler et al. (2002) mit dem dort angegebenen N-Ausscheidungswert von  $0,74 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (Döhler et al., 2002, S. 14A), während für die Umrechnung der Emissionsfaktoren aus Eurich-Menden et al. (2011) das DLG-Standardniveau der N-Ausscheidung zugrunde gelegt wurde. Dieser beläuft sich auf  $0,836 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (abgeleitet aus  $0,786 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  bei 94 % Stallauslastung, siehe DLG, 2005, S. 47).

Die bei Döhler et al. (2002) getrennt aufgelisteten Haltungsformen „Voliere“ und „Bodenhaltung mit einmaliger Entmistung pro Durchgang“ wurden für die Submission 2011 (Rösemann et al., 2011), S. 263/264) zu „Bodenhaltung/Voliere“ zusammengefasst. Als Emissionsfaktor wurde der für Bodenhaltung mit einmaliger Entmistung pro Durchgang gewählt, da diese Haltungsform in den 1990er Jahren deutlich häufiger vorkam als die Volierenhaltung. Dieses Verhältnis hat sich bis 2010 ins Gegenteil verkehrt (B. Eurich-Menden/KTBL, und Th. Heidenreich/Sächsische Landesanstalt Kollitsch, persönl. Mitteilung), so dass in der Submission 2012 ab dem Bezugsjahr 2010 der Emissionsfaktor für Volieren verwendet wird (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe Eurich-Menden et al., 2011). Auch hier war eine Umrechnung der Emissionsfaktoren auf die N-Ausscheidung erforderlich, die analog zum oben beschriebenen Vorgehen für die Käfighaltung/Kleingruppenhaltung erfolgte.

Für die Freilandhaltung wird dem nationalen Konsens entsprechend das 1,1-Fache des Emissionsfaktors für Bodenhaltung/Voliere verwendet (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe Eurich-Menden et al., 2011).

Table 9.7 gibt einen Überblick über die ab der Submission 2012 eingesetzten Emissionsfaktoren.

Table 9.7: Laying hens, partial emission factors for NH<sub>3</sub> losses from housing (in kg NH<sub>3</sub>-N per kg N excreted)

years		≤ 2000	2001 - 2009	≥ 2010
cages; from 2010 onwards: small group housing systems	Käfighaltung; ab 2010: Kleingruppenhaltung		0.164	0.066
floor management, aviary	Bodenhaltung, Voliere	0.351	linear interpolation	0.090
free range, organic farming	Intensive Auslaufhaltung, Freiland- haltung, ökologische Erzeugung		0.099	

Sources: see text.

For the partial NH<sub>3</sub> emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.14 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.2.4.2). Due to lack of more detailed informations, this emission factor is used for all the husbandry systems listed in Table 9.7.

An overall uncertainty of 30 % is assumed for NH<sub>3</sub> emission factors with a normal distribution.

Der partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,14 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.2.4.2). Der Emissionsfaktor wird mangels besserer Kenntnis für alle in Table 9.7 genannten Haltungsverfahren gleichermaßen angewendet.

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

#### 9.3.7.4 Partial emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> / Partielle Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub>

The factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for housing and storage. They are given in Table 9.3 (Chapter ).

Die für Stall und Lager zusammen geltenden Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> sind Table 9.3 (Kapitel 9.2.1 ) zu entnehmen.

#### 9.3.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

The emission factors used are listed in Table 9.8, which is based on data given in EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

The frequency distributions of housing systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 9.3.7.3.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 9.8 zusammengestellt. Sie basieren auf Angaben in EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für die Haltungssysteme werden den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 9.3.7.3 entnommen.

Table 9.8: Laying hens, emission factors for particle emissions from housing

animal category	housing type	emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
laying hens	cages	0.017	0.002
	all other systems	0.084	0.016

Source: see text

**9.3.9**      *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD  
zusammengestellten Informationen*

Table 9.9:    Laying hens, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.20	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.22	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.97	EM1009.99
		NO	EM1009.154	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.16	
		PM <sub>2,5</sub>	EM1010.40	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.26	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.20	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.19	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.85	
		NO	IEF1009.117	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.15	
		PM <sub>2,5</sub>	IEF1010.37	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.01	AI1005POU.14



#### 9.4 Broilers / Masthähnchen und –hühnchen

Broilers are special chicken lines reared for meat production.

The assessment of emissions from broiler production using a mass flow approach relies on German national animal performance and feeding data.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.10.

Masthähnchen und –hühnchen sind auf Fleischproduktion spezialisierte Hühnerrassen.

Die Berechnung der Emissionen aus der Haltung von Masthähnchen und –hühnchen nach dem Massenfluss-Verfahren beruht auf nationalen Daten für Leistungsdaten und Fütterung.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.10 genannten Verfahren.

Table 9.10: Broilers, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		no method			
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

##### 9.4.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers are surveyed in 2010 by the Agricultural Census (Landwirtschaftszählung) in 2010.

Data gaps within the times series are closed by interpolation. Missing data for 1990 and 1991 are replaced by data from 1992. For the years 2008 and 2009 the national data of 2007 und 2010 are interpolated.

As for laying hens, changes in the marginal conditions of the censuses do not affect the overall numbers to a large extent. With a systematic uncertainty of about 5 % and a random uncertainty of about 5 % (Dämmgen, 2005), the overall uncertainty is estimated to be in the order of magnitude of 10 %. It is interpreted as standard error.

Tierplatzzahlen werden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgt eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010.

Datenlücken innerhalb der Zeitreihe werden durch Interpolation geschlossen. Die Lückenjahre 1990 und 1991 werden mit Daten von 1992 gefüllt. Für die Jahre 2008 und 2009 erfolgt eine Interpolation der Daten von 2007 und 2010.

Wie bei Legehennen hat eine Änderung der Randbedingungen der Tierzählungen nur wenig Einfluss auf die Ergebnisse. Bei einem systematischen Fehler von etwa 5 % (Dämmgen, 2005) und einem statistischen Fehler von etwa 5 % erscheint es angemessen, einen Gesamtfehler von größenordnungsmäßig 10 % anzunehmen. Dieser wird als Standardfehler interpretiert.

##### 9.4.2 Husbandry systems and animal performance / Haltungsverfahren und tierische Leistung

###### 9.4.2.1 Husbandry systems / Haltungsverfahren

In Germany, short-term fattening of broilers (duration: 32 to 35 days per round) and the so-called splitting method are preferred. In the splitting method, 20 to 30 % of the animals are removed from the house between days 30 and 33 of the fattening period and slaughtered. The remaining population is fattened further till day 38 to 42. Extended fattening, in general, takes 50 to 60 days. (All data according to: KTBL 2006b; LWK-NW 2006).

Because of limited contribution to national broiler meat production, extended fattening in organic farming (fattening periods up to 80 days) is not considered.

The predominant share in German broiler production originates from few producers running big units. There-

In Deutschland werden die Kurzmast (Dauer 32 bis 35 Tage) und das Splitting-Verfahren bevorzugt. Bei Letzterem werden zwischen dem 30. und 33. Masttag 20 bis 30 % der Tiere zur Schlachtung aus dem Bestand gefangen und die übrigen Tiere weiter bis zum 38. bis 42. Tag gemästet. In der Langmast beträgt die Mastdauer i. d. R. 50 bis 60 Tage. (Alle Angaben aus KTBL 2006b und LWK-NW 2006.)

Die ökologische Langmast mit Mastdauern mit bis zu 80 Tagen wird im Folgenden wegen des noch geringen Anteils an der Fleischproduktion nicht berücksichtigt.

Der überwiegende Anteil der deutschen Masthähnchen und –hühnchen-Bestände stammt von wenigen

fore, a differentiation in space of performance and feed properties is thought to be unnecessary.

Produzenten und wird in großen Einheiten gehalten. Eine räumliche Differenzierung der Leistungs- und Futtereigenschaften ist daher nicht erforderlich.

#### 9.4.2.2 Animal weights / Tiergewichte

Official statistics do not report broiler weight data

Independent of sex, a typical value of 42 g an<sup>-1</sup> is assumed for the inventory. Observed scatter in the order of about 10 % (cf. Haenel und Dämmgen, 2009a) can be neglected with respect to emission estimates.

According to Haenel and Dämmgen (2009a), the year-dependent and gender-specific final weight can be calculated from the subsequent equation. Note that the start weight is assumed to be constant.

Die Officialstatistik berichtet keine Tiergewichte. Im Inventar wird das Anfangsgewicht einheitlich mit 42 g an<sup>-1</sup> angesetzt (GfE, 2000, Tabelle 2.3.1). Die Auswirkung der in der Praxis zu beobachtenden Schwankungen (ca. ± 10 %, vgl. Haenel und Dämmgen (2009a) auf die Emissionen ist vernachlässigbar.

Das geschlechtsabhängige Endgewicht wird nach Haenel und Dämmgen (2009a) wie folgt für jedes Jahr berechnet, wo bei das Anfangsgewicht als konstant angenommen wird.

$$w_{\text{fin}, i, j} = w_{\text{start}} + r_{g, j} \cdot (a_{g, i} + b_{g, i} \cdot k_{\text{fin}, j}) \quad (9.13)$$

where

$w_{\text{fin}, i, j}$	gender dependent animal weight at the end of the round in year j (in kg an <sup>-1</sup> )
$i$	gender index (i = male, female)
$j$	year (j = 1990, 1991, ...)
$w_{\text{start}}$	animal weight at the beginning of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$r_{g, j}$	growth relative to reference (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{g, i}$	constant ( $a_{g, \text{male}} = -1010.7 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> , $a_{g, \text{female}} = -645.3 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
$b_{g, i}$	constant ( $b_{g, \text{male}} = 78.343 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> , $b_{g, \text{female}} = 61.586 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
$k_{\text{fin}, j}$	dimension-less mean duration of fattening period (number of days) in year j, see Chapter 9.4.2.4

The term in brackets describes the (gender-dependent) weight gain of a reference broiler according to GfE (2000, Table 2.3.1). The variable  $r_g$  describes for the deviation of the true final weight from a reference weight. It accounts for the fact that progress in broiler breeding leads to permanently increasing rates of daily weight gain. The method to derive  $r_g$  is described in Haenel and Dämmgen (2009a) and is illustrated in Figure 9.3, using data from Anonymus (1997), Anonymus (2001b), Anonymus (2007d), Anonymus (2009), Damme (1994, 1995, 1996), Damme and Rychlik (2001), Klein (1991a, 1991b), Poteracki (1991, 1994, 1995, 1996), Poteracki and Adam (1993a, 1993b), Poteracki et al. (1994), Simon (2001), Simon and Stegemann (2005), Simon and Stegemann (2007), Simon and Stegemann (2009), as well as Halle und Tzschentke (2009). Table 9.11 shows  $r_g$  for 1990 to 2009.

Der Klammerausdruck beschreibt den geschlechtsabhängigen Zuwachs eines Referenztieres nach GfE (2000, Tabelle 2.3.1), während der Faktor  $r_g$  die Abweichung des Endgewichtes von einem Referenz-Endgewicht beschreibt (siehe Haenel und Dämmgen, 2009a). Damit wird der züchterische Fortschritt berücksichtigt, der ständig steigende tägliche Gewichtszunahmen mit sich bringt. Figure 9.3 illustriert die Ableitung von  $r_g$ . Sie beruht auf Daten von Anonymus (1997), Anonymus (2001b), Anonymus (2007d), Anonymus (2009), Damme (1994, 1995, 1996), Damme und Rychlik (2001), Klein (1991a, 1991b), Poteracki (1991, 1994, 1995, 1996), Poteracki und Adam (1993a, 1993b), Poteracki et al. (1994), Simon (2001), Simon und Stegemann (2005), Simon und Stegemann (2007), Simon und Stegemann (2009), und Halle und Tzschentke (2009). Table 9.11 zeigt  $r_g$  für die Jahre 1990 bis 2007.



## 9.4.2.4 Duration of fattening period / Mastdauer

Official statistics do not report durations of broiler fattening periods.

Hence, Haenel and Dämmgen (2009b) developed a modelling approach to derive a national mean of fattening period duration. The only model input required is the carcass weight per place and year. This approach incorporates a parameterization of the service period which is based on the duration of the fattening period (using data provided by KTBL, 2004) and allows for service periods of up to two weeks and longer. In contrast to that, expert judgement says that nowadays service periods are only 1 day up to a maximum of 5 days (personal communication Dr. Ralf Kosch, Big Dutchman/Vechta, 10 February 2010). Hence, the model of Haenel und Dämmgen (2009b) was reconstructed to use an externally prescribed service period instead of an internally calculated value. For the new model version the fattening period parameter annually  $k_{fin}$  which is to be calculated annually is given by (index of the year is skipped for sake of clarity):

$$k_{fin} = -\left(\frac{p}{2q}\right) + \sqrt{\frac{s}{q} + \left(\frac{p}{2q}\right)^2} \quad (9.14)$$

where  $k_{fin}$  dimension-less mean duration of fattening period (number of days)

and

$$p = a_c \cdot r_g \cdot b_g + 2 \cdot b_c \cdot r_g \cdot b_g \cdot w_{start} + 2 \cdot b_c \cdot r_g^2 \cdot a_g \cdot b_g - \gamma \cdot \tau_{day} \quad (9.15)$$

$$q = b_c \cdot r_g^2 \cdot b_g^2 \quad (9.16)$$

$$s = \gamma \cdot \tau_s - a_c \cdot w_{start} - a_c \cdot r_g \cdot a_g - b_c \cdot w_{start}^2 - 2 \cdot b_c \cdot r_g \cdot a_g \cdot w_{start} - b_c \cdot r_g^2 \cdot a_g^2 \quad (9.17)$$

$$a_g = 0.5 \cdot (a_{g, male} + a_{g, female}) \quad (9.18)$$

$$b_g = 0.5 \cdot (b_{g, male} + b_{g, female}) \quad (9.19)$$

$$\gamma = \frac{\beta \cdot \Sigma w_{carcass}}{\alpha \cdot n_{br}} \quad (9.20)$$

with	$r_g$	growth relative to reference (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
	$a_c$	constant ( $a_c = 0.617494$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
	$b_c$	constant ( $b_c = 0.039585$ kg kg <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
	$w_{start}$	animal start weight (in kg animal <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
	$\tau_{day}$	unit time period (in d ro <sup>-1</sup> )
	$\tau_s$	mean duration of service period (cleansing time) (in d ro <sup>-1</sup> )
	$a_{g, male}$	constant ( $a_{g, male} = -1010.7 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
	$a_{g, female}$	constant ( $a_{g, female} = -645.3 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
	$b_{g, male}$	constant ( $b_{g, male} = 78.343 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
	$b_{g, female}$	constant ( $b_{g, female} = 61.586 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
	$\beta$	mass conversion factor ( $\beta = 10^3$ kg Mg <sup>-1</sup> )
	$\Sigma w_{carcass}$	overall mass of broilers slaughtered (carcass weights) (in Mg a <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.3
	$\alpha$	time unit conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
	$n_{br}$	total number of German broiler breeding places (for breeding place numbers see Chapter 9.4.1)

Die Officialstatistik berichtet nicht über Hähnchenmastdauern.

Haenel und Dämmgen (2009b) entwickelten daher einen Modellansatz zur Ableitung eines nationalen Mastdauerwertes als Funktion des Gewichtes nach Schlachtung. Dieser Ansatz beinhaltet eine von der Mastdauer abhängige Parameterisierung der Reinigungsdauer, die – aufbauend u. a. auf Daten von KTBL (2004) Werte von bis zu zwei Wochen und länger ermöglicht. Im Gegensatz dazu liegen nach Experteneinschätzung (persönliche Mitteilung Dr. Ralf Kosch, Big Dutchman/Vechta, 10.02.2010) die Reinigungsdauern heutzutage bei 1 bis maximal 5 Tagen. Daher wurde für das vorliegende Inventar das Modell von Haenel und Dämmgen (2009b) unter Verzicht auf die o. g. Parameterisierung der Reinigungsdauer neu abgeleitet. Es ergibt sich daraus für den jährlich zu berechnenden Mastdauer-Parameter  $k_{fin}$  (Jahresindex der Übersichtlichkeit halber weggelassen):



From 2010 onwards the mean duration of the service period is assumed to be 2.3 days per production cycle.

Ab 2010 wird die mittlere Reinigungsdauer konstant mit 2,3 Tagen pro Mastdurchgang angesetzt.

#### 9.4.2.6 *Number of production cycles per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr*

The number of animal rounds  $n_{\text{round}}$  per year is a result of the fattening and cleansing period:

Die Anzahl der Mastdurchgänge  $n_{\text{round}}$  pro Jahr ergibt sich aus der Mastdauer und der Reinigungszeit:

$$n_{\text{round}} = \frac{\alpha}{k_{\text{fin}} \cdot \tau_{\text{day}} + \tau_{\text{s}}} \quad (9.23)$$

where

$n_{\text{round}}$	number of animal rounds (in cy = an $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$k_{\text{fin}}$	dimension-less mean duration of fattening period (number of days), see Chapter 9.4.2.4
$\tau_{\text{day}}$	unit time period (in $\text{d ro}^{-1}$ )
$\tau_{\text{s}}$	duration of cleansing period (in $\text{d ro}^{-1}$ ), see Chapter 9.4.2.5

### 9.4.3 *Energy requirements / Energiebedarf*

#### 9.4.3.1 *Metabolisable energy / Umsetzbare Energie*

The overall requirements of daily metabolisable energy requirements per place (averaged over all days of one round) are given by the following relation:

Für den über alle Tage eines Durchganges (einschließlich der Reinigungszeit) gemittelte Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz gilt:

$$ME_{\text{br}} = ME_{\text{m}} + ME_{\text{g}} \quad (9.24)$$

where

$ME_{\text{br}}$	daily requirements of metabolisable energy (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{d}^{-1} \text{ME}$ )
$ME_{\text{m}}$	daily metabolisable energy required for maintenance (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{d}^{-1} \text{ME}$ )
$ME_{\text{g}}$	daily metabolisable energy consumed for growth (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{d}^{-1} \text{ME}$ )

In contrast to the treatment of laying hens, the equation to describe ME does not contain a term to describe the energy required to obtain food. Such a share is not mentioned explicitly in the literature. It is assumed that the amount is part of the reported  $ME_{\text{m}}$  data.

Anders als bei Legehennen enthält die ME-Gleichung keinen Energieaufwand zur Futtersuche. Ein solcher Anteil wird in der verfügbaren Literatur nicht gesondert ausgewiesen. Es wird angenommen, dass er in den berichteten  $ME_{\text{m}}$ -Daten enthalten ist.

#### 9.4.3.2 *Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie*

The energy balances of male and female broilers differ from one another. This is accounted by using the share of males,  $x_{\text{male}}$ , in the overall population. Official data for this share are missing. A ratio  $x_{\text{male}}$  of 0.5 is used in accordance with animal performance and feed composition contests (Haenel and Dämmgen, 2009a).

Masthähnchen und –hühnchen weichen in ihrem Energiehaushalt voneinander ab. Mit Hilfe des relativen Anteils der männlichen Broiler an der Gesamtpopulation,  $x_{\text{male}}$ , werden die beiden Geschlechter formal getrennt berücksichtigt. Mangels offizieller Daten wird  $x_{\text{male}}$  unter Bezug auf Zuchttier- und Futtermittelprüfungen mit 0,5 angesetzt (Haenel und Dämmgen, 2009a).

$$ME_{\text{m}} = x_{\text{male}} \cdot ME_{\text{m, male}} + (1 - x_{\text{male}}) \cdot ME_{\text{m, female}} \quad (9.25)$$

where

$ME_{\text{m}}$	daily metabolisable energy required for maintenance (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{d}^{-1} \text{ME}$ )
$x_{\text{male}}$	fraction of males with respect to total broiler population (in $\text{pl pl}^{-1}$ )
$ME_{\text{m, male}}$	daily metabolisable energy required for maintenance by males (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{d}^{-1} \text{ME}$ )
$ME_{\text{m, female}}$	daily metabolisable energy required for maintenance by females (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{d}^{-1} \text{ME}$ )

with

$$ME_{m,i} = \eta_{ME,m} \cdot \frac{\Sigma W_i}{\tau_{round}} \quad (9.26)$$

where

$i$	$i = \text{male, female}$
$ME_{m,i}$	daily metabolisable energy required for maintenance by gender I (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME,m}$	specific metabolisable energy required for daily maintenance (see below)
$\Sigma W_i$	cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{round}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )

In accordance with GfE (2000, equation 1.3.11), the specific metabolisable energy required for daily maintenance for laying hens is used by analogy ( $\eta_{ME,m} = 0.48 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ ).

The gender-dependent cumulative metabolic weight  $\Sigma W_i$  ( $i = \text{male, female}$ ) is defined by Equation (9.26). The calculation is performed according to the approach used for layers (see Chapter 9.3.3.2):

Die spezifische metabolisierbare Energie  $\eta_{ME,m}$  wird nach GfE (2000, Gleichung 1.3.11) in Analogie zu Legehennen mit  $0,48 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$  angesetzt.

Das geschlechtsabhängige kumulative metabolische Gewicht  $\Sigma W_i$  ( $i = \text{männlich, weiblich}$ ) ist definiert nach Gleichung (9.26). Die Berechnung entspricht formal der für Legehennen, siehe Kapitel 9.3.3.2:

$$\Sigma W_i = w_{m,ref} \cdot \left[ \tau_{char,br,i} \cdot \left( \frac{w_{start}}{w_{ref}} \right)^{0.75} + (\tau_{lifespan} - \tau_{char,br,i}) \cdot \left( \frac{w_{fin,i}}{w_{ref}} \right)^{0.75} \right] \quad (9.27)$$

where

$\Sigma W_i$	cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$w_{m,ref}$	reference weight ( $w_{m,ref} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )
$\tau_{char,br,i}$	characteristic time scale of growth for $i = \text{male, female}$ (d ro <sup>-1</sup> )
$w_{start}$	animal weight at the beginning of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{lifespan}$	lifespan of laying hens (in d ro <sup>-1</sup> )
$w_{fin,i}$	animal weight at the end of the round for $i = \text{male, female}$ (in kg an <sup>-1</sup> )

The characteristic time parameter  $\tau_{char,br,i}$  is calculated as function of lifespan (cf. Haenel and Dämmgen, 2009a):

Der charakteristische Zeitparameter  $\tau_{char,br,i}$  ist nach Haenel und Dämmgen (2009a) als Funktion der Mastdauer zu berechnen:

$$\tau_{char,br,i} = a_{\tau,i} + b_{\tau,i} \cdot k_{fin} + c_{\tau,i} \cdot k_{fin}^2 \quad (9.28)$$

where

$i$	gender index ( $i = \text{male, female}$ )
$k_{fin}$	number of final day of fattening period
$a_{\tau,i}$	constant ( $a_{\tau,male} = -1.419952 \text{ d ro}^{-1}$ , $a_{\tau,female} = -1.502001 \text{ d ro}^{-1}$ )
$b_{\tau,i}$	constant ( $b_{\tau,male} = 0.689000 \text{ d ro}^{-1}$ , $b_{\tau,female} = 0.713653 \text{ d ro}^{-1}$ )
$c_{\tau,i}$	constant ( $c_{\tau,male} = -0.002281 \text{ d ro}^{-1}$ , $c_{\tau,female} = -0.003068 \text{ d ro}^{-1}$ )

#### 9.4.3.3 Metabolisable energy required for growth / Energiebedarf für Wachstum

The mean requirements can be derived from the respective gender-specific metabolisable energies:

Der mittlere ME-Bedarf ergibt sich aus den geschlechtsabhängigen Anteilen:

$$ME_g = x_{male} \cdot ME_{g,male} + (1 - x_{male}) \cdot ME_{g,female} \quad (9.29)$$

where

$ME_g$	daily metabolisable energy required for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$x_{male}$	fraction of males with respect to total broiler population (in pl pl <sup>-1</sup> )
$ME_{g, male}$	daily metabolisable energy required for growth by males (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{g, female}$	daily metabolisable energy required for growth by females (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)

with

$$ME_{g, i} = \eta_{ME, g, i} \cdot \frac{\Delta w_{round, i}}{\tau_{round}} \quad (9.30)$$

where

$ME_{g, i}$	daily metabolisable energy required for growth, i = male, female (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, g, i}$	specific metabolisable energy required for growth, i = male, female (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$\Delta w_{round, i}$	animal weight gain per place and round, i = male, female (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{round}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )

The specific energy requirements  $\eta_{ME, g, i}$  depend on the duration of the fattening period (Haenel and Dämmgen, 2009a):

$$\eta_{ME, g, i} = a_{\eta, i} + b_{\eta, i} \cdot k_{fin} + c_{\eta, i} \cdot k_{fin}^2 \quad (9.31)$$

where

$\eta_{ME, g, i}$	specific metabolisable energy required for growth, i = male, female (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$k_{fin}$	number of final day of fattening period
$a_{\eta, i}$	constant ( $a_{\eta, male} = 11.253984$ MJ kg <sup>-1</sup> , $a_{\eta, female} = 11.2224501$ MJ kg <sup>-1</sup> )
$b_{\eta, i}$	constant ( $b_{\eta, male} = 0.204377$ MJ kg <sup>-1</sup> , $b_{\eta, female} = 0.214422$ MJ kg <sup>-1</sup> )
$c_{\eta, i}$	constant ( $c_{\eta, male} = -0.001865$ MJ kg <sup>-1</sup> , $c_{\eta, female} = -0.001704$ MJ kg <sup>-1</sup> )

The analysis of various time series of contests (breeding animal performance contests, feed conversion contests, see Haenel and Dämmgen 2009a) showed deviations of -15.8 to +7.4 % from metabolisable energy requirements calculated according to the GfE (2000) equations given above. New broiler lines with improved feed exploitation (Simon and Stegemann, 2007) will have energy requirements consistently lower than those given by the GfE (2000) approach. At the time being, lack of data inhibits adequate modelling of this effect.

Der spezifische Energiebedarf  $\eta_{ME, g, i}$  kann als Funktion der Mastdauer berechnet werden (Haenel und Dämmgen, 2009a):

Die Auswertung einer Reihe von Zucht- und Futterwertleistungsprüfungen (Haenel und Dämmgen, 2009a) erbrachte Abweichungen der aufgenommenen metabolisierbaren Energie vom oben beschriebenen GfE (2000)-Ansatz zwischen -15,8 % und +7,4 %. Für neue Hähnchenlinien mit verbesserter Futterverwertung (Simon und Stegemann, 2007) wird mit einer dauerhaften Unterschreitung des durch GfE (2000) gegebenen Energiebedarfs zu rechnen sein. Eine Modellierung ist mangels geeigneter Daten bisher nicht möglich.

#### 9.4.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

In general, broiler feeding is split up in three phases. A special feed for chicks is given normally until day 11, followed by the fattening feed, which is replaced by a special feed about four to five days before slaughtering. The first-phase feed has a lesser ME content and a higher content of crude protein (XP) than the feed within the subsequent two phases. The latter differ only slightly from each other with respect to ME and XP contents.

As the duration of the fattening period and the animal performances have been varying and the feed composition has varied to some extent, it has been impossible to establish national and representative time series of mean feed properties. Data originating from breeding performance and feed quality contests offered some guidance (cf. Haenel und Dämmgen, 2009a) which resulted in the data

Die Fütterung ist im Allgemeinen dreiphasig. Das Kükenfutter wird meist bis zum 11. Tag verabreicht, danach folgt das Mastfutter, und ca. vier bis fünf Tage vor dem Schlachtermin wird die Fütterung auf Absetzfutter umgestellt. Die Fütterung in der Anfangsphase weist einen geringeren Gehalt an ME und einen höheren Gehalt an Rohprotein (XP) auf als die nachfolgenden beiden Phasen, die sich bzgl. ME- und XP-Gehalt i. d. R. kaum voneinander unterscheiden.

Wegen variierender Mastdauer, unterschiedlichem Leistungsverhalten der Tiere und gewisser Toleranzen in der Futtermittelproduktion ist es prinzipiell unmöglich, bundesweit repräsentative Jahresmittelwerte für Futtereigenschaften zu ermitteln. Zucht- und Futtermittelprüfungen erlauben jedoch die Ableitung von Richtwer-



for the raw protein content in fresh matter  $x_{XP}$  (see Table 9.14). Dividing the raw protein content by 6.25 yields the N content.

Haenel and Dämmgen (2009a) give also a short discussion of the raw protein content of N reduced feed. However, no information is available on the frequencies of N reduced feed usage. Hence, the N excretion calculations for the inventory are based on the assumption of a nationwide used “normal” feed composition.

ten (Haenel und Dämmgen, 2009a). Table 9.14 zeigt die resultierende Zeitreihe der Rohproteingehalte  $x_{XP}$  in der Frischmasse. Aus ihnen folgt durch Division durch 6,25 der N-gehalt des uttrs.

In Haenel und Dämmgen (2009a) findet sich auch eine kurze Diskussion des Rohproteingehaltes von N-reduziertem Futter. Informationen zur Verbreitung von N-angepasster Fütterung sind allerdings nicht verfügbar. Daher erfolgen die Ausscheidungsberechnungen für das Inventar durchgängig mit nicht N-reduziertem Futter.

Table 9.14: Broilers, time series of raw protein content in feed  $x_{XP}$  (kg kg<sup>-1</sup>), related to fresh matter

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.220
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0.220	0.220	0.220	0.210	0.210	0.210	0.205	0.205	0.205	0.205
2010									
0.205									

Source: Haenel and Dämmgen (2009a) except for the years after 2008, where the 2008 is used due to lack of data.

According to Haenel and Dämmgen (2009a) a ME content  $\eta_{ME, feed} = 13$  MJ (kg fresh matter)<sup>-1</sup> is used for the entire time series from 1990 onwards.

No data are available for the digestibility of energy  $X_{DE, br}$ . Hence, the value used for pullets is used instead ( $X_{DE, br} = 0.779$  MJ MJ<sup>-1</sup>).

The digestibility of organic matter  $X_{DOM, br}$  is likewise not known. It is replaced by  $X_{DE, br}$ . Due to the fact that the digestibility of energy is somewhat lower than of organic matter this assumption leads to a slight overestimation of CH<sub>4</sub> emissions from manure management.

The ash content of feed amounts 6,5 % related to fresh matter (RHG, 2006). On the basis of the typical dry matter content  $x_{DM}$  of 88 % the ash content of feed is 7,4 % related to dry matter.

Due to lack of information, feed properties are assumed to be constant with time and space.

No data are required for the metabolizability as for poultry there is no need to calculate the gross energy intake GE. (There is no calculation of CH<sub>4</sub> from enteric fermentation, and CH<sub>4</sub> from manure management is calculated from the amount of feed intake, see Chapter 3.2.3.2)

The daily feed intake (fresh matter) per place is calculated as follows (average over all days of a production cycle):

$$m_{F, FM} = \frac{ME_{br}}{\eta_{ME, feed}} \quad (9.32)$$

where

$m_{F, FM}$  daily feed intake, fresh matter (in kg d<sup>-1</sup> pl<sup>-1</sup> FM)  
 $ME_{br}$  requirements of metabolisable energy (in MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), see Chapter 9.4.3.1  
 $\eta_{ME, feed}$  content of metabolisable energy in feed, related to fresh matter (MJ kg<sup>-1</sup> ME), see above

Der ME-Gehalt  $\eta_{ME, feed}$  wird nach Haenel und Dämmgen (2009a) konstant für alle Jahre ab 1990 mit 13 MJ (kg Frischmasse)<sup>-1</sup> angesetzt.

Für die Verdaulichkeit von Energie  $X_{DE, br}$  konnten keine Daten ermittelt werden, weshalb der Junghennen-Wert 0,779 MJ MJ<sup>-1</sup> verwendet wird.

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM, br}$  ist ebenfalls nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{DE, br}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der Aschegehalt des Futters beträgt nach RHG (2006) 6,5 % bezogen auf Frischmasse. Bezogen auf einen typischen Trockenmassegehalt  $x_{DM}$  von 88 % entspricht dies 7,4 %.

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Die Umsetzbarkeit wird nicht benötigt, da bei Geflügel die Notwendigkeit zur Berechnung der Gesamtenergieaufnahme GE entfällt. (Es wird kein CH<sub>4</sub> aus der Verdauung berechnet, und CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdüngermanagement wird mit Hilfe der aufgenommenen Futtermenge berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.)

Die tägliche Futteraufnahme (Frischmasse) pro Tierplatz berechnet sich wie folgt (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

This leads to the daily intake of dry matter (average over all days of a production cycle):

$$m_{F, DM} = x_{DM} \cdot m_{F, FM} \quad (9.33)$$

where

$m_{F, DM}$	daily feed intake, dry matter (in kg d <sup>-1</sup> pl <sup>-1</sup> DM)
$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in kg d <sup>-1</sup> pl <sup>-1</sup> FM)
$x_{DM}$	dry matter content of feed (kg kg <sup>-1</sup> ), see above

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

#### 9.4.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

#### 9.4.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.2.3.3.3.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

For the required data see Chapter 9.3.4.

The manure of broilers is stored as solid.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are 0,36 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> and 0.015 kg kg<sup>-1</sup> C respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Für die dafür erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.4.4.

Der Mist von Masthähnchen und –hühnchen wird trocken gelagert.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  0,36 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen 0,015 kg kg<sup>-1</sup> C. (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 9.4.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

##### 9.4.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as a function of performance and feed properties.

Mass conservation allows the determination of the amount of N excreted annually as the difference between N intakes with feed and N used for growth:

Die Ausscheidungen werden in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung berechnet.

Unter Berücksichtigung der Massenerhaltung ergibt sich die Menge der jährlichen N-Ausscheidungen pro Tierplatz als Differenz von N-Aufnahme durch Nahrung und N-Verbrauch für Zuwachs:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.34)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

The calculation of the amount of UAN excreted (which is a share of the amount of N excreted) is based on the digestibility of raw protein  $X_{\text{XP}}$ :

Die ausgeschiedene UAN-Menge, die eine Teilmenge der ausgeschiedenen N-Menge darstellt, wird wie folgt mit der Rohprotein-Verdaulichkeit  $X_{\text{XP}}$  berechnet:

$$UAN_{\text{excr}} = X_{\text{XP}} \cdot m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.35)$$

where

$UAN_{\text{excr}}$	amount of UAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$X_{\text{XP}}$	crude protein digestibility $X_{\text{XP}}$ (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

As  $X_{\text{XP}}$  is not available, the digestibility of energy  $X_{\text{DE}}$  is used. It is assumed that it can be adopted from pullets (see Chapter 9.5.7.1) as, at the time being, no data is available for broilers.

In Ermangelung von  $X_{\text{XP}}$  wird ersatzweise mit der Verdaulichkeit von Energie  $X_{\text{DE}}$  gerechnet. Der Wert hierfür wird von den Junghennen (siehe Kapitel 9.5.7.1) übernommen, da für Masthähnchen und -hühnchen derzeit kein  $X_{\text{DE}}$ -Wert verfügbar ist.

#### 9.4.7.2 *N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter*

The annual amount of N taken in with feed can be calculated from the amount of feed and the crude protein (XP) content of the feed:

Die Menge des jährlich mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs berechnet sich mit Hilfe von Futtermenge und Rohprotein-(XP-)Gehalt:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot m_{\text{F, FM}} \quad (9.36)$$

where

$m_{\text{feed}}$	nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N, XP}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$x_{\text{XP, feed}}$	crude protein content of feed, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> XP), see Table 9.14
$m_{\text{F, FM}}$	daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.4

No information is available on the frequencies of N reduced feed usage. Hence, the N excretion calculations for the inventory are based on the assumption of a nationwide used "normal" feed composition, see Table 9.14.

Mangels Informationen zur Verbreitung von N-angepasster Fütterung erfolgen die Ausscheidungsrechnungen für das Inventar durchgängig mit nicht N-reduziertem Futter (siehe Table 9.14).

#### 9.4.7.3 *N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper*

LfL (2006a), Table 8, quantify the specific retention with 0.035 kg kg<sup>-1</sup> N. The description of broilers by GfE (2000, Table 2.3.1) suggests a smaller N retention, which is depending on the age of the animal and to some extent on its gender. If one disregards the influence of genders,

LfL (2006a), Tabelle 8, gibt die spezifische N-Retention mit 0,035 kg kg<sup>-1</sup> N an. Der Broiler-Datensatz in GfE (2000, Tabelle 2.3.1) deutet eher auf eine niedrigere N-Retention hin, die überdies alters- und in geringem Maße geschlechtsabhängig ist. Unter Vernachlässi-

the N retention of broilers  $x_{N, \text{ret}, \text{br}}$  can be described for animals between 21 und 56 days of life (Haenel and Dämmgen, 2009a):

$$x_{N, \text{ret}} = a_{\text{ret}} + b_{\text{ret}} \cdot k_{\text{fin}} + c_{\text{ret}} \cdot k_{\text{fin}}^2 \quad (9.37)$$

where

$x_{N, \text{ret}}$	gender-averaged specific N retention as function of lifespan (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$k_{\text{fin}}$	number of final day of fattening period
$a_{\text{ret}}$	constant ( $a_{\text{ret}} = 2.3806 \cdot 10^{-2}$ kg kg <sup>-1</sup> N)
$b_{\text{ret}}$	constant ( $b_{\text{ret}} = 2.5244 \cdot 10^{-4}$ kg kg <sup>-1</sup> N)
$c_{\text{ret}}$	constant ( $c_{\text{ret}} = -1.9964 \cdot 10^{-6}$ kg kg <sup>-1</sup> N)

N retention  $m_g$  is then obtained from:

Die N-Retention  $m_g$  folgt dann aus:

$$m_g = x_{N, \text{ret}} \cdot \alpha \cdot \frac{[x_{\text{male}} \cdot w_{\text{fin}, \text{male}} + (1 - x_{\text{male}}) \cdot w_{\text{fin}, \text{female}}] - w_{\text{start}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.38)$$

where

$m_g$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{N, \text{ret}}$	gender-averaged specific N retention as function of lifespan (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{male}}$	male broiler fraction of total population (in pl pl <sup>-1</sup> )
$w_{\text{fin}, \text{male}}$	weight of male broiler at the end of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{\text{fin}, \text{female}}$	weight of female broiler at the end of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{\text{start}}$	animal weight at the beginning of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{round}}$	duration of round (in d ro <sup>-1</sup> )

#### 9.4.7.4 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

Bedding is considered to be straw. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of bedding material to be applied per animal place and year is given in the following table.

Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.2.4.4 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Nachfolgende Tabelle gibt die jährlich pro Tierplatz zu berücksichtigende Einstreumenge an.

Table 9.15: Broilers, amounts of N inputs with straw in German broiler houses

Animal house type	straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
mean of all housing systems	1.4	1.20	6.0·10 <sup>-3</sup>	3.0·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006) Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07, pg. 586

#### 9.4.7.5 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

The partial NH<sub>3</sub> emission factor is based on emission factors collated by the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, Eurich-Menden et al., 2011). However, as these emission factors are defined per place and year and depend on the duration of the fattening period (see Table 9.16) they had to be recalculated in order to obtain a partial emission factor related

Der partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für den Stall basiert auf den Ergebnissen der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (Eurich-Menden et al., 2011), die die NH<sub>3</sub>-Emission pro Tierplatz und Jahr in Abhängigkeit von der Mastdauer angibt, siehe Table 9.16. Für das Inventar ist eine Umrechnung auf NH<sub>3</sub>-N sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge erforderlich. Diese ist anhand von Table 9.16 nachzuvollzie-

to N excreted. The recalculation is demonstrated in Table 9.16. The resulting two emission factors only slightly differ with the duration of the fattening period. Hence it is assumed that for the inventory the partial  $\text{NH}_3$  emission factor can be taken as a constant which is set to the higher value listed in Table 9.16.

hen. Die beiden resultierenden Emissionsfaktoren unterscheiden sich so wenig, dass davon auszugehen ist, dass der auf die N-Ausscheidung bezogene Emissionsfaktor *keine* Funktion der Mastdauer ist. Für das Inventar wird daher in konservativer Wahl der höhere der beiden in Table 9.16 berechneten Emissionsfaktoren verwendet.

Table 9.16: Broilers, derivation of partial emission factors for  $\text{NH}_3$  losses from housing

fattening period d	EF <sup>a</sup> kg $\text{NH}_3$ (pl · a) <sup>-1</sup>	EF <sup>b</sup> kg $\text{NH}_3\text{-N}$ (pl · a) <sup>-1</sup>	standard N excretion <sup>c</sup> kg N (pl · a) <sup>-1</sup>	EF related to standard N excretion kg $\text{NH}_3\text{-N}$ (kg $\text{N}_{\text{excr}}$ ) <sup>-1</sup>	EF used in the inventory kg $\text{NH}_3\text{-N}$ (kg $\text{N}_{\text{excr}}$ ) <sup>-1</sup>
33	0.035	0.029	0.319	0.090	0.090
42	0.0486	0.040	0.469	0.085	

<sup>a</sup> Source: Eurich-Menden et al. (2011)

<sup>b</sup> Source: Eurich-Menden et al. (2011), data multiplied by 14/17 to transform from  $\text{NH}_3$  to  $\text{NH}_3\text{-N}$  units

<sup>c</sup> Source: DLG (2005), pg. 49/50

For the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.17 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.2.4.2).

For spreading a factor of 0.45 kg kg<sup>-1</sup>  $\text{NH}_3\text{-N}$  related to UAN is chosen, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.2).

Immobilisation of UAN is not considered. It is assumed that the dry conditions impede the immobilisation process.

An overall uncertainty of 30 % is assumed for  $\text{NH}_3$  emission factors with a normal distribution.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.1, Table 9.3.

Der partielle  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,17 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.2.4.2).

Für die Ausbringung wird ein partieller Emissionsfaktor von 0,45 kg kg<sup>-1</sup>  $\text{NH}_3\text{-N}$  in Bezug auf vorhandenes UAN angesetzt (vgl. Table 9.2, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Immobilisierung von UAN in der Einstreu wird nicht berücksichtigt, da von mangelnder Feuchtigkeit ausgegangen wird.

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 9.2.1, Table 9.3.

#### 9.4.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, list the following particle emission factors for broilers: 0.052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>  $\text{PM}_{10}$ , 0.007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>  $\text{PM}_{2.5}$ . For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, lauten PM-Emissionsfaktoren für Masthähnchen und -hühnchen: 0,052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>  $\text{PM}_{10}$ , 0,007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>  $\text{PM}_{2.5}$ . Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

**9.4.9**      *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD  
zusammengestellten Informationen*

Table 9.17: Broilers, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.21	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.23	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.100	EM1009.102
		NO	EM1009.155	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.17	
		PM <sub>2,5</sub>	EM1010.41	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.27	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.21	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.20	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.86	
		NO	IEF1009.118	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.16	
		PM <sub>2,5</sub>	IEF1010.38	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.15	AI1005POU.29

## 9.5 Pullets / Junghennen

Pullets are young hens between hatching and the beginning of egg production (18<sup>th</sup> week). They do not yet produce eggs.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.18.

Zukünftige Legehennen werden in der Zeit vom Schlüpfen bis zu Ihrer Einstellung nach der 18. Lebenswoche als Junghennen bezeichnet. Junghennen legen noch keine Eier.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.18 zusammengestellten Verfahren.

Table 9.18: Pullets, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation					
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 9.5.1 Animal numbers / Tierzahlen

In StatLA C III 1 – vj 4, the Statistical Offices of the federal states provide numbers for laying hens and pullets. These numbers cannot be used, as they do not differentiate between the two subcategories adequately: the 6 months used as criterion do not reflect the present agricultural practice (see Chapter 9.3.1).

The numbers of pullets  $n_{pu}$  relevant for the inventory are derived using the procedure described in Chapter 9.3.1.

Die Statistischen Landesämter stellen in StatLA C III 1 – vj 4 Tierzahlen für Legehennen und Jung-hennen bereit. Die dort genannten Tierzahlen können allerdings nicht verwendet werden, weil die Trennung der beiden Tierkategorien bei einem Alter von 6 Monate erfolgt und damit nicht der praxisübliche Vorgehensweise entspricht (s. Kapitel 9.3.1).

Die für das Inventar relevanten Tierzahlen  $n_{pu}$  werden nach den Überlegungen in Kapitel 9.3.1 abgeleitet.

$$n_{pu} = (n_{AA} + n_{AB}) \cdot \frac{\tau_{round, pu}}{\tau_{round, lh} + \tau_{round, pu}} \quad (9.39)$$

where

$n_{pu}$	number of pullet places considered
$n_{AA}$	animal place numbers of type AA in the German census (see Table 9.1)
$n_{AB}$	animal place numbers of type AB in the German census (see Table 9.1)
$\tau_{round, lh}$	duration of round for laying hens ( $\tau_{round, lh} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ )
$\tau_{round, pu}$	duration of round for pullets ( $\tau_{round, pu} = 142 \text{ d ro}^{-1}$ )

The overall uncertainty is assumed to be < 10 %. The inventory assumes an uncertainty of 10 % which is interpreted as the standard error.

From 2005 on, the animal numbers are available in hundreds only. This does not lead to any significant changes of the uncertainty.

Die Unsicherheit der Tierzahlen wird auf < 10 % geschätzt. Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 10 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

Von 2005 an werden die Tierzahlen nur noch mit einer Auflösung von hundert Stück angegeben. Dies ist ohne nennenswerten Einfluss auf die Unsicherheit.

### 9.5.2 Animal weights and husbandry details / Tiergewichte und Haltungsdetails

The relevant performance criterion of pullets is their weight gain  $\Delta w_{round}$  (cf. Chapter 2.1.4.2) from chick (starting weight fixed to 45 g an<sup>-1</sup>, see Daenischsen, 2006) to the final weight of about 1.3 kg an<sup>-1</sup> (mean for 2005 and various breeds, equal to  $w_{start, lh}$ ). In 1990, the

Der Leistungsparameter für Junghühner ist ihr Gewichtszuwachs  $\Delta w_{round}$  von 45 g an<sup>-1</sup> als Küken (einheitlich angenommenes Anfangsgewicht nach Daenischsen, 2006) bis zu ca. 1,3 kg an<sup>-1</sup> (Mittelwert 2005 für verschiedene Rassen) am Ende der

final weight was  $1.55 \text{ kg an}^{-1}$  (for sources of information see Table 9.18), and the life period between hatching and egg production was slightly longer than nowadays. However, this cannot be reflected in the subsequent calculation procedure, as reliable and representative data are still missing. The final weight equals the start weight of laying hens (see Chapter 9.3.2).

For data on weights and weight gains see tabel references in Chapter 9.5.9 („Additional information“).

The animal round  $\tau_{\text{round}}$  of  $142 \text{ d ro}^{-1}$  comprises the period of raising,  $\tau_{\text{lifespan, pu}} = 128 \text{ d ro}^{-1}$  (KTBL, 2004, pg. 480) and the service time  $\tau_{\text{service, pu}}$  which is  $14 \text{ d ro}^{-1}$  (Geflügeljahrbuch 2005, pg. 79).

Aufzuchtphase (siehe dazu auch Kapitel 2.1.4.2). 1990 betrug das mittlere Endgewicht noch ca.  $1,55 \text{ kg an}^{-1}$  (siehe Quellenangaben Table 9.18). Die Aufzuchtdauer war etwas länger als heutzutage, was mangels verlässlicher und repräsentativer Daten im nachfolgenden Berechnungsverfahren nicht berücksichtigt wird. Das Endgewicht entspricht dem Anfangsgewicht in der Legehennenhaltung (s. Kapitel 9.3.2).

Zu den Gewichts- und Zuwachsdaten siehe Tabellenverweise in Kapitel 9.5.9 („Additional information“).

Die Durchgangsdauer  $\tau_{\text{round}}$  von  $142 \text{ d ro}^{-1}$  umfasst die Aufzuchtdauer  $\tau_{\text{lifespan, pu}}$  von  $128 \text{ d ro}^{-1}$  (KTBL, 2004, S. 480) und die Reinigungszeit  $\tau_{\text{service, pu}}$  ( $14 \text{ d ro}^{-1}$ ) (nach Geflügeljahrbuch 2005, S. 79).

### 9.5.3 Energy requirements /Energiebedarf

The overall requirements of daily metabolisable energy requirements per place (averaged over all days of one round) are given by the following relation:

$$ME_{\text{pu}} = ME_{\text{m}} + ME_{\text{f}} + ME_{\text{g}} \quad (9.40)$$

where

$ME_{\text{pu}}$	daily requirements of metabolisable energy (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$ME_{\text{m}}$	daily metabolisable energy required for maintenance (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$ME_{\text{f}}$	daily metabolisable energy needed to obtain food (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$ME_{\text{g}}$	daily metabolisable energy consumed for growth (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )

Methods to calculate  $ME_{\text{m}}$ ,  $ME_{\text{f}}$  and  $ME_{\text{g}}$  are not available at present. The total intake of gross energy can be calculated from feed intake and ME content of the feed.

Methoden zur Berechnung von  $ME_{\text{m}}$ ,  $ME_{\text{f}}$  und  $ME_{\text{g}}$  sind derzeit nicht verfügbar. Der Gesamtenergiebedarf kann aber anhand von Futteraufnahme und ME-Gehalt des Futters berechnet werden:

$$ME_{\text{pu}} = \eta_{\text{ME, feed}} \cdot m_{\text{F, FM}} \quad (9.41)$$

where

$ME_{\text{pu}}$	daily requirements of metabolisable energy (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$\eta_{\text{ME, feed}}$	content of metabolisable energy in pullet diet, related to fresh matter (in $\text{MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ ), see Chapter 9.5.4
$m_{\text{F, FM}}$	daily feed intake, fresh matter (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ FM}$ ), see Chapter 9.5.4

### 9.5.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Pullets are normally fed in four to five phases, at least in two phases.

KTBL (2006), pg. 576, provides the amount of feed required for 4 phases, see Table 9.19. As no data on the intake of metabolizable energy (ME) is mentioned by KTBL, Table 9.19 was complemented with data on the content of metabolizable energy provided by Halle (2002), Table 1. This leads to a weighted mean ME content of the feed of  $\eta_{\text{ME, feed}} = 11.22 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ .

Die Junghennen-Fütterung erfolgt in der Regel in vier bis fünf Phasen, mindestens aber in zwei Phasen.

KTBL (2006), S. 576, gibt den Futterbedarf für 4 Phasen an, siehe Table 9.19. Da KTBL keine entsprechenden Angaben zur Aufnahme an umsetzbarer Energie (ME) macht, wurde Table 9.19 mit Daten zum Gehalt an umsetzbarer Energie nach Halle (2002), Tabelle 1, ergänzt. Daraus folgt als gewichtetes Mittel des ME-Gehaltes im Futter  $\eta_{\text{ME, feed}} = 11,22 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ .



Table 9.19: Pullets, phase-related diet mass intake (fresh matter) and ME contents of feed

phase	Lifetime period (weeks)	phase total of diet intake (fresh matter) <sup>a</sup> (in kg)	ME content <sup>b</sup> (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
1	1 to 3	0.350	11.29
2	4 to 8	1.302	11.29
3	9 to 15	2.933	11.20
4	16 to 18	1.596	11.20

Sources: <sup>a</sup> KTBL (2006), pg. 576; <sup>b</sup> Halle (2002), Table 1

The daily feed intake (fresh matter) per place is calculated as follows (average over all days of a production cycle):

Die tägliche Futteraufnahme (Frischmasse) pro Tierplatz berechnet sich wie folgt (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

$$m_{F, FM} = x_{\text{feed, pu}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.42)$$

where

$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM)
$x_{\text{feed, pu}}$	pullet diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.2
$\tau_{\text{round}}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.2

For the feed conversion ratio, i. e. the wight gain-related amount of feed intake (fresh matter) the inventory uses  $x_{\text{feed, pu}} = 5.12 \text{ kg kg}^{-1}$  (see Haenel and Dämmgen, 2007a).

Für die auf den Gewichtszuwachs bezogene Futteraufnahme (Frischmasse) rechnet das Inventar mit  $x_{\text{feed, pu}} = 5,12 \text{ kg kg}^{-1}$ , siehe Haenel und Dämmgen (2007a).

This leads to the daily intake of dry matter (average over all days of a production cycle):

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

$$m_{F, DM} = x_{DM} \cdot m_{F, FM} \quad (9.43)$$

where

$m_{F, DM}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM)
$x_{DM}$	dry matter content of feed (kg kg <sup>-1</sup> ), see below

The inventory assumes a dry matter content of pullet feed of  $0.88 \text{ kg kg}^{-1}$  and a nitrogen content of  $0.0247 \text{ kg kg}^{-1}$  (related to dry matter). Both values are based on the feed compositions described in (2002), Table 1, and the dry matter and raw protein contents of the various feed components as given in Beyer et al. (2004). By analogy, the GE and DE values provided by Beyer et al. (2004) lead to a mean specific GE content of  $15.77 \text{ MJ kg}^{-1}$  and a mean specific DE content of  $12.28 \text{ MJ kg}^{-1}$  which results in a digestibility of energy  $X_{DE} = 0.779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  (Haenel und Dämmgen, 2007a).

Das Inventar rechnet mit einem Trockenmassegehalt des Junghennenfutters von  $0,88 \text{ kg kg}^{-1}$  und einem auf die Trockenmasse bezogenen N-Gehalt von  $0,0247 \text{ kg kg}^{-1}$ . Beide Werte ergeben sich aus den den in Halle (2002), Tabelle 1 angegebenen Futtermischungen und entsprechenden, aus Beyer et al. (2004) entnommenen Trockenmasse- und Rohproteingehalten der einzelnen Futterkomponenten. Analog ergibt sich anhand der Daten Beyer (2004) aus einem mittleren spezifischen GE-Gehalt von  $15,77 \text{ MJ kg}^{-1}$  und einem mittleren spezifischen DE-Gehalt von  $12,28 \text{ MJ kg}^{-1}$   $X_{DE} = 0,779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  (Haenel und Dämmgen, 2007a).

The digestibility of organic matter  $X_{DOM}$  is unknown. It is replced with  $X_{DE}$ . As the digestibility of energy is somewhat lower than that of organic matter, the assumption  $X_{DOM} \approx X_{DE}$  leads to a slight overestimation of CH<sub>4</sub> emissions from manure management.

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM, br}$  ist nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{DE, br}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

The ash content of feed is 6.5 % according to RHG

Der Aschegehalt des Futters beträgt nach RHG

(2006), related to fresh matter. Related to a typical dry matter content of 88 % the ash content is 7.4 %.

Due to lack of information, the feeding-related data are assumed to be constant with time and space.

Feeding data provided in DLG (2005), pg. 46, for N reduced feeding allow for the derivation of a fresh matter raw protein content of  $0.146 \text{ kg kg}^{-1}$  (averaged over all feeding phases). This corresponds to a fresh matter N content of  $0.0234 \text{ kg kg}^{-1}$ . Related to dry matter (using a dry matter content of  $88 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above), this leads to a N content of  $0.0206 \text{ kg kg}^{-1}$ . However, due to lack of data on the temporal and spatial distribution, the N reduced feeding cannot be account for in the inventory.

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

#### 9.5.5 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

(2006) 6,5 % bezogen auf Frischmasse. Bezogen auf einen typischen Trockenmassegehalt von 88 % entspricht dies 7,4 %.

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Aus Fütterungsdaten in DLG (2005), S. 46, lässt sich für die N-reduzierte Fütterung ein über alle Phasen gemittelter Frischmasse-Rohproteingehalt von  $0,146 \text{ kg kg}^{-1}$ , entsprechend einem N-Gehalt in der Futterfrischmasse von  $0,0234 \text{ kg kg}^{-1}$ , ableiten. Bezogen auf Trockenmasse (bei einem Trockenmassegehalt von  $0,88 \text{ kg kg}^{-1}$ , s. o) ist das ein N-Gehalt von  $0,0206 \text{ kg kg}^{-1}$ . Eine N-reduzierte Fütterung kann im Inventar aber mangels Informationen zur räumlichen und zeitlichen Verteilung nicht berücksichtigt werden.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

#### 9.5.6 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.2.3.3.3.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2..

For the required data see Chapter 9.5.4.

The manure of pullets is stored as solid.

IPCC (1996) does not differentiate between various species among poultry. IPCC (2006) does not provide data for pullets. Hence, Germany uses for pullets the maximum  $B_0$  value provided by IPCC (2006), Table 10A-9, for poultry (laying hens,  $0.39 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ ). For the MCF the value is used which is provided by IPCC (2006) for all poultry ( $0.015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Für die dafür erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.5.4.

Junghennen-Mist wird trocken gelagert.

IPCC (1996) unterscheidet nicht zwischen den verschiedenen Geflügelarten. IPCC (2006) gibt für Junghennen keine Daten an. Deutschland verwendet für Junghennen daher den höchsten  $B_0$ -Wert, der aus IPCC (2006), Table 10A-9, für Geflügel zu entnehmen ist (Legehennen):  $0,39 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ . Für den MCF wird der Geflügel-Wert aus IPCC (2006) für angesetzt ( $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.5.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 9.5.7.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

The N excretion of pullets is quantified using the mass balance approach:

Die N-Ausscheidung von Junghennen wird über die Stoffbilanz errechnet:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.44)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

The contents of uric acid and ammonium N (UAN) are calculated. The results are close to the standard value of 70 % given in EMEP (2009), pg. 26, for various poultry categories (where, however, pullets are not mentioned explicitly).

Der Gehalt an Harnsäure- und Ammonium-N (UAN) wird berechnet und liegt dicht beim Standardwert von 70 %, wie er von EMEP (2009), S. 26 für verschiedene Geflügelkategorien angegeben wird (wobei Junghennen allerdings nicht explizit erwähnt werden).

##### 9.5.7.1.1 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter

Feeding according to requirements yields:

Bei bedarfsgerechter Fütterung gilt:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N}} \cdot m_{\text{F, DM}} \quad (9.45)$$

where

$m_{\text{feed}}$	annual nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of feed, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> N), see Chapter 9.5.4
$m_{\text{F, DM}}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.4

##### 9.5.7.1.2 N retention / N-Retention

LfL (2006a), Table 8, report a specific N retention of 0.035 kg kg<sup>-1</sup> N. Thus, N retained amounts to

Die spezifische Retention beträgt nach LfL (2006a), Tabelle 8, 0,035 kg kg<sup>-1</sup> N. Daraus folgt:

$$m_{\text{g}} = \alpha \cdot x_{\text{N, ret, pu}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.46)$$

where

$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N, ret, pu}}$	N retained by pullets (in kg kg <sup>-1</sup> N), see above
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.2
$\tau_{\text{round}}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.5.2

##### 9.5.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

Bedding is considered to be straw. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.2.4.4 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

An immobilisation of UAN is unlikely, as the dry conditions impede the process.

The amount of bedding material to be applied per animal place and year is given in the following table.

Eine Immobilisierung von UAN in der Einstreu findet wahrscheinlich nicht statt (fehlende Feuchtigkeit verhindert Immobilisierung).

Nachfolgende Tabelle gibt die jährlich pro Tierplatz zu berücksichtigende Einstreumenge an.

Table 9.20: Pullets, amounts of N inputs with straw in German pullet houses

Animal house type	straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
all systems	0.75	0.65	3.22·10 <sup>-3</sup>	1.61·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 568 and pg. 570

#### 9.5.7.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

Based on the results of the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, Eurich-Menden et al., 2011), the partial NH<sub>3</sub> emission factor for housing is assumed to be one third of the emission factor provided for laying hens in floor management/aviaries. This leads to a partial NH<sub>3</sub>-N emission factor for pullet housing of 0,03 kg kg<sup>-1</sup> N. This emissionfactor is related to the amount of N excreted.

For storage no partial NH<sub>3</sub>emission factor is known. Hence, in the inventory the value given by EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, for broilers is adopted for pullets: 0.17 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.2.4.2).

It is assumed that manure is broadcast with incorporation within 24 hours. The respective emission factor is 0.45 kg kg<sup>-1</sup> N related to UAN (see Table 9.2).

An overall uncertainty of 30 % is assumed for NH<sub>3</sub> emission factors with a normal distribution.

The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.1, Table 9.3.

Der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für den Stall basiert auf der Einschätzung der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (Eurich-Menden et al., 2011), die ihn mit einem Drittel des Wertes für Legehennen ansetzt. Hierfür wird im Inventar der aktuelle Legehennen-Emissionsfaktor für Bodenhaltung angesetzt (siehe Tabelle 9.7). Daraus resultiert für den Junghennen-Stallplatz ein NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor von 0,03 kg kg<sup>-1</sup> N, der sich auf die ausgeschiedene N-Menge bezieht.

Für das Lager ist kein partieller NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor bekannt. Es wird der für Masthähnchen in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, angegebene Wert übernommen: 0,17 kg kg<sup>-1</sup> N. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.2.4.2).

Es wird von einer Ausbringung mit Breitverteiler und einer Einarbeitung innerhalb von 24 h ausgegangen. Hierfür beträgt nach Table 9.2 der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor 0,45 kg kg<sup>-1</sup> N in Bezug auf vorhandenes UAN.

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe Kapitel 9.2.1, Table 9.3.

#### 9.5.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, do not provide PM emission factors for pullets. Based on the assumption that conditions in pullet and broiler husbandry are comparable, the emission factors for broilers are adopted: 0.052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2,5</sub>.

For the uncertainty see in Chapter 3.2.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, gibt für Junghennen keine PM-Emissionsfaktoren an. Unter der Annahme vergleichbarer Verhältnisse bei der Junghennen- und Masthähnchen-Haltung werden die Emissionsfaktoren von Masthähnchen übernommen: 0,052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2,5</sub>.

Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

**9.5.9**      *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD  
zusammengestellten Informationen*

Table 9.21: Pullets, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.22	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.24	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.103	EM1009.105
		NO	EM1009.156	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.18	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.42	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.29	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.22	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.21	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.87	
		NO	IEF1009.119	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.17	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.39	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.30	AI1005POU.41

## 9.6 Geese / Gänse

In Germany, the production of geese is of minor importance only. Data are sparse.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.22.

Geese are kept in in stables with an adjacent free-range area. However, due to the simple description of geese, this cannot be accounted for in the inventory.

Gänse-Haltung ist in Deutschland von untergeordneter Bedeutung. Die Verfügbarkeit von Daten ist eingeschränkt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.22 zusammengestellten Verfahren.

Gänse werden im Stall mit Freilandhaltung gehalten. Dies findet wegen der einfachen Behandlung der Gänse im Inventar aber keine Berücksichtigung.

Table 9.22: Geese, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space activities	Resolution in time EF	Resolution in time EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation					
CH <sub>4</sub>	manure management	1	IPCC	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	1	IPCC	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 9.6.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are available for all census years. The data are given in StatLA C III 1 – vj 4.

The uncertainty (standard error) is assumed to be < 10 %, distributed normal.

From 2005 onwards, the animal numbers are available in hundreds only. This does not lead to any significant changes of the uncertainty.

Tierzahlen liegen für alle Jahre mit Tierzählungen vor. Die Daten sind in StatLA C III 1 – vj 4 angegeben.

Die Unsicherheit (Standardfehler) der Tierzahlen wird auf < 10 % (normal verteilt) geschätzt.

Ab 2005 werden die Tierzahlen nur noch mit einer Auflösung von hundert Stück angegeben. Dies hat keinen nennenswerten Einfluss auf die Unsicherheit.

### 9.6.2 Animal weights / Tiergewichte

In Germany, geese are – almost without exception – produced in a way that they are slaughtered in November/December with a weight of 7 kg an<sup>-1</sup>. Predominant is a mean weight gain ("Mittelmast") (KTBL, 2005a, pg. 719).

Gänse werden in Deutschland praktisch ausschließlich so produziert, dass sie im November/Dezember mit einem Gewicht von ca. 7 kg an<sup>-1</sup> geschlachtet werden. Regelform der Mast ist die Mittelmast (KTBL, 2005a, S. 719).

### 9.6.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.6.4 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

Due to the lack of a description of feed and energy intake by geese, VS excretions cannot be calculated. No default value is available, cf. IPCC (2006), Table 10A-9. Hence, CH<sub>4</sub> emissions from manure management can be quantified only by using the Tier 1 methodology, see Chapter 3.2.3.3.2. However, neither IPCC (1996) nor IPCC (2006) provide an emission factor for geese. As an

VS-Ausscheidungen können mangels einer Beschreibung der Futter- und Energieaufnahme der Gänse nicht berechnet werden. Ein VS-Defaultwert existiert ebenfalls nicht, vgl. IPCC(2006), Table 10A-9. Daher kann zur Berechnung von CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management nur das Stufe-1-Verfahren (Kapitel 3.2.3.3.2) verwendet werden. Allerdings geben weder

auxiliary emission factor, the inventory uses the emission factor given in IPCC (1006)-3-4.47 for poultry ( $0,078 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ .)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-1 approaches to be about 30 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

In the inventory, there is no calculation of  $\text{CH}_4$  from bedding material.

IPCC (1996) noch IPCC (2006) einen Emissionsfaktor für Gänse an. Daher wird der in IPCC(1996)-3-4.47 für Geflügel angegebene Wert von  $0,078 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  für Gänse übernommen.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-1-Verfahren auf 30 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Eine  $\text{CH}_4$ -Berechnung aus Einstreu findet im Inventar nicht statt.

#### 9.6.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

No national value is available for the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for housing. Hence, according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, a  $\text{NH}_3$  emission factor of  $0.57 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  (related to UAN excretion; for UAN see Chapter 3.2.4.2) is used in the inventory. According to DLG (2005), pg. 53, geese excrete  $554 \text{ g an}^{-1} = 554 \text{ g pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . A fraction of 70 % of the nitrogen excreted is assumed to be UAN (according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

For the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used:  $0.16 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . The factor relates to the UAN amount entering the storage.

For spreading, a factor of  $0.45 \text{ kg kg}^{-1}$  related to UAN is used, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.2).

An overall uncertainty of 30 % is assumed for  $\text{NH}_3$  emission factors with a normal distribution.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.1, Table 9.3.

In Ermangelung eines nationalen Wertes für den partiellen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für den Stall wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, ein  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor von  $0,57 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf die UAN-Ausscheidung angesetzt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.2.4.2). DLG (2005), S. 53, gibt für die N-Ausscheidung  $554 \text{ g an}^{-1} = 554 \text{ g pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ an}$ . Der UAN-Gehalt wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 70 % angenommen.

Der partielle  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit  $0,16 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von  $0,45 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 9.2, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 9.2.1, Table 9.3.

#### 9.6.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, list the following particle emission factors for other poultry (ducks, geese turkeys):  $0.032 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ ,  $0.004 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ .

For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, gibt die folgenden PM-Emissionsfaktoren für anderes Geflügel (Enten, Gänse, Puten) an:  $0,032 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ ,  $0,004 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ .

Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

**9.6.7**      *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD  
zusammengestellten Informationen*

Table 9.23: Geese, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.23	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.25	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.106	EM1009.108
		NO	EM1009.157	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.19	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.43	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.31	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.23	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.22	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.88	
		NO	IEF1009.120	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.18	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.40	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.42	AI1005CAT.51



## 9.7 Ducks / Enten

Duck production has been increasing in Germany which justifies a description which is more detailed than a Tier 1 approach.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.24.

In Germany, ducks are mostly kept in stables with bedding.

Due to lack of data, the inventory does not consider duck husbandry in free ranges.

Die Produktion von Enten nimmt in Deutschland erheblich zu. Dies rechtfertigt eine Behandlung, die über ein Stufe-1-Verfahren hinaus geht.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.24 zusammengestellten Verfahren.

Enten werden in Deutschland vornehmlich in Ställen mit Einstreu gehalten.

Freilandhaltung kann im Inventar mangels Daten nicht berücksichtigt werden.

Table 9.24: Ducks, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation			no method		
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 9.7.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are available for all census years. The data are given in StatLA C III 1 –vj 4.

The uncertainty (standard error) is assumed to be < 10 %, distributed normal.

From 2005 onwards, the animal numbers are available in hundreds only. This does not lead to any significant changes of the uncertainty.

Tierzahlen liegen für alle Jahre mit Tierzählungen vor. Die Daten sind in StatLA C III 1 –vj 4 angegeben.

Die Unsicherheit (Standardfehler) der Tierzahlen wird auf < 10 % (normal verteilt) geschätzt.

Ab 2005 werden die Tierzahlen nur noch mit einer Auflösung von hundert Stück angegeben. Dies hat keinen nennenswerten Einfluss auf die Unsicherheit.

### 9.7.2 Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer

In Germany, nearly only Peking ducks are produced (expert judgement Höppner). Hence, the inventory interprets all officially counted ducks as Peking ducks. The duckling weight is 0,055 kg an<sup>-1</sup>, the final weight 3.0 kg an<sup>-1</sup> (Brehme, 2007).

According to DLG (2005), pg. 52, the inventory assumes 6.5 cy for the number of animal rounds per year. In addition, the inventory is based on 49 d per fattening period (cf. Tüller, 1999, pg. 131).

Die in Deutschland produzierten Enten sind praktisch nur Pekingtonen (Mitteilung Höppner), weshalb das Inventar alle gezählten Enten als Pekingtonen rechnet. Das Kükengewicht beträgt 0,055 kg an<sup>-1</sup>, das mittlere Endgewicht 3,0 kg an<sup>-1</sup> (Brehme, 2007).

Die Zahl der Durchgänge pro Jahr wird im Inventar nach DLG (2005), S. 52, mit 6,5 cy angesetzt; für die reine Mastdauer wird mit 49 d round-1 gerechnet (vgl. Tüller, 1999, S. 131).

### 9.7.3 Energy requirements /Energiebedarf

At the time being, no methods are available to calculate the daily requirements of metabolizable energy as an average over all days of a production cycle (including the service time). However, the energy requirements can be calculated from the amount of feed intake and the ME content of the feed.

Methoden zur Berechnung des über alle Tage eines Durchganges (einschließlich der Reinigungszeit) gemittelten Tagesbedarfs an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz sind derzeit nicht verfügbar. Der Energiebedarf kann aber anhand von Futteraufnahme und ME-Gehalt des Futters berechnet werden:

$$ME_{du} = \eta_{ME, feed} \cdot m_{F, FM} \quad (9.47)$$

where

$ME_{du}$	daily metabolisable energy required (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, feed}$	content of metabolisable energy in duck diet, related to fresh matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM), see Chapter 9.7.4

#### 9.7.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The daily feed intake (fresh matter) per place is calculated as follows (average over all days of a production cycle, including the service time):

Die tägliche Futteraufnahme (Frischmasse) pro Tierplatz berechnet sich wie folgt (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs, einschließlich der Reinigungszeit):

$$m_{F, FM} = x_{feed, du} \cdot \frac{n_{round} \cdot \Delta w_{round}}{\alpha} \quad (9.48)$$

where

$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM)
$x_{feed, du}$	duck diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below
$n_{round}$	number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.7.2
$\Delta w_{round}$	animal weight gain per place and round, see below (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )

The feed conversion factor  $x_{feed, du}$  is estimated by linear interpolation of feed consumption data given by Tüller (1999), pg. 131, as function of total weight gain (final weight minus duckling weight):

Die Futterverwertung  $x_{feed, du}$  wird durch Interpolation der in Tüller (1999), S 131, angegebenen Daten zum Futterverbrauch in Abhängigkeit vom Zuwachs (Endgewicht abzgl. Kükengewicht) geschätzt:

$$x_{feed, du} = \frac{1}{\Delta w_{round}} \cdot \left( F_{du, 1} + w_{fin} \cdot \frac{F_{du, 2} - F_{du, 1}}{w_2 - w_1} \right) \quad (9.49)$$

where

$x_{feed, du}$	duck diet mass needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{round}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$F_{du, 1}$	amount of feed needed to reach weight $w_1$ ( $F_{du, 1} = 6.140$ kg, see Tüller, 1999, pg. 131)
$w_{fin}$	final life weight (in kg, see Chapter 9.7.2)
$F_{du, 2}$	amount of feed needed to reach weight $w_2$ ( $F_{du, 2} = 7.761$ kg, see Tüller, 1999, pg. 131)
$w_1$	animal weight related to amount of feed $F_{du, 1}$ ( $w_1 = 2.823$ kg, see Tüller, 1999, pg. 131)
$w_2$	animal weight related to amount of feed $F_{du, 2}$ ( $w_2 = 3.180$ kg, see Tüller, 1999, pg. 131)

The calculation of the weight gain  $\Delta w_{round}$  is based on duckling weight and final weight, see Chapter 9.7.2.

With a final weight of 3 kg an<sup>-1</sup> (duckling weight 0.055 kg an<sup>-1</sup>),  $x_{feed, du}$  amounts to 2,357 kg kg<sup>-1</sup>.

This leads to the daily intake of dry matter (average over all days of a production cycle):

Die Gewichtszunahme  $\Delta w_{round}$  berechnet sich aus Küken- und Endgewicht, siehe Kapitel 9.7.2.

Bei einem Endgewicht von 3 kg an<sup>-1</sup> (Anfangsgewicht 0.055 kg an<sup>-1</sup>) ergibt sich  $x_{feed, du} = 2,357$  kg kg<sup>-1</sup>.

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

$$m_{F, DM} = x_{DM} \cdot m_{F, FM} \quad (9.50)$$

where

$m_{F, DM}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> FM)
$x_{DM}$	dry matter content of feed (kg kg <sup>-1</sup> ), see below

According to Jeroch und Dänicke (2005), pg. 166, the ME content of duck fattening ( $\eta_{\text{ME, feed}}$ ) diet related to fresh matter is  $11.5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , while Brehme (2007) reports a ME content of  $12 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  to  $12.5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ . The inventory uses  $12 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , related to fresh matter.

For the content of crude protein in duck feed, data in Jeroch und Dänicke (2005), pg. 166, allow for the derivation of a weighted mean:  $x_{\text{XP, feed}} = 0.166 \text{ kg kg}^{-1} \text{ XP}$ , related to fresh matter

No data are available for the digestibility  $X_{\text{DE, du}}$ . Thus, as no value is available for broilers, the value used for pullets is used instead ( $X_{\text{DE, br}} = 0.779 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) (see Chapter 9.5.4).

The digestibility of organic matter  $X_{\text{DOM}}$  is unknown. It is replaced with  $X_{\text{DE}}$ . As the digestibility of energy is somewhat lower than that of organic matter, the assumption  $X_{\text{DOM}} \approx X_{\text{DE}}$  leads to a slight overestimation of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management.

The ash content of feed is 7.0 % according to RHG (2006), related to fresh matter. Related to a typical dry matter content of 88 % the ash content is 8.0 %.

Due to lack of information, the feeding-related data are assumed to be constant with time and space.

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Nach Jeroch und Dänicke (2005) ), S. 166, liegt der Gehalt an umsetzbarer Energie in Entenmastfutter ( $\eta_{\text{ME, feed}}$ ) bei  $11,5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  bezogen auf Frischmasse. Brehme (2007) gibt  $12 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  bis  $12,5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  an. Für das Inventar wird ein Wert von  $12 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  angesetzt (bezogen auf Frischmasse).

Für den Rohproteingehalt des Entenfutters ( $x_{\text{XP, feed}}$ ) ergibt sich aus Daten in Jeroch und Dänicke (2005), S. 166, ein gewichtetes Mittel von  $0,166 \text{ kg kg}^{-1} \text{ XP}$ , bezogen auf Frischmasse.

Für die Verdaulichkeit  $X_{\text{DE, du}}$  konnten keine Daten ermittelt werden, weshalb (in Ermangelung eines Masthähnchen-Wertes) der Junghennen-Wert  $0,779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  übernommen wird (siehe Kapitel 9.5.4).

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{\text{DOM, br}}$  ist nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{\text{DE, br}}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der Aschegehalt des Futters beträgt nach RHG (2006) 7,0 % bezogen auf Frischmasse. Bezogen auf einen typischen Trockenmassegehalt von 88 % entspricht dies 8,0 %.

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

### 9.7.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.7.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.2.3.3.3.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

For the required data see Chapter 9.7.4.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are  $0.36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  and  $0.01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.) The use of the IPCC (2006)  $MCF$  is considered inconsistent in comparison with other poultry keeping in mind that it is almost impossible to keep a duck house "dry". Thus, this inventory uses an  $MCF$  of  $0.015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  as given for other poultry species.

Zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Für die dafür erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.7.4.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$   $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.) Der  $MCF$  nach IPCC (2006) erscheint allerdings ungerechtfertigt, da es nahezu unmöglich ist, einen Entenstall hinreichend „trocken“ zu halten. Das Inventar nutzt daher den für andere Geflügelarten angegebene  $MCF$  von  $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$ .

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.7.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 9.7.7.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

The annual N excretion of ducks is quantified using the mass balance approach:

Die jährliche N-Ausscheidung von Enten wird über die Stoffbilanz errechnet:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.51)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

Feeding according to requirements yields:

Bei bedarfsgerechter Fütterung gilt:

$$m_{\text{feed}} = n_{\text{round}} \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot x_{\text{feed, du}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \quad (9.52)$$

where

$m_{\text{feed}}$	annual amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{round}}$	number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.7.2
$x_{\text{N, XP}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N, XP}} = 1/6.25$ kg kg <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in duck diet (kg kg <sup>-1</sup> XP), see Chapter 9.7.4
$x_{\text{feed, du}}$	duck diet mass needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.7.4
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )

According to LfL (2006a), Table 8, the specific N retention  $x_{\text{N, ret, du}}$  is assumed to be 0.035 kg kg<sup>-1</sup> N. Thus, N retained amounts to

Die spezifische Retention  $x_{\text{N, ret, du}}$  wird nach LfL (2006a), Tabelle 8, mit 0,035 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Daraus folgt für die N-Retention:

$$m_{\text{g}} = n_{\text{round}} \cdot x_{\text{N, ret, du}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \quad (9.53)$$

where

$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{round}}$	number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N, ret, du}}$	specific N retention (in kg kg <sup>-1</sup> N), see above
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )

As input data are constant in space and time, the calculated N excretion of 0.528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is considered constant throughout Germany and over the years to be reported.

The share of UAN in the N excretions is calculated (using the digestibility given in Chapter 9.7.4). One obtains 49.9 %, a result which is well below the default value of 70 % given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

The calculated N excretion of 0.528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> notably deviates from the value given in DLG (2005), pg. 52,

Mangels räumlicher und zeitlicher Differenzierung der Eingangsdaten ist die berechnete N-Ausscheidung von 0,528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> national und über den Berichtszeitraum hinweg konstant.

Der UAN-Gehalt im ausgeschiedenen N wird mit Hilfe der Verdaulichkeit (siehe Kapitel 9.7.4) berechnet: Es ergibt sich ein Wert von 49,9 % (im Gegensatz zum Standardwert von 70 % nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Die berechnete N-Ausscheidung von 0,528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> weicht zwar erheblich von der Angabe von 1,482 kg pl<sup>-1</sup>

which is  $1.482 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . However, the DLG value has to be halved, as it is derived by relating the amount of nitrogen excreted over the entire lifespan of a duck to only the mere fattening phase which is about one half of the lifespan. Additionally it has to be taken into account that the DLG excretion value is reported for an animal end weight of  $3.4 \text{ kg an}^{-1}$  instead of  $3.0 \text{ kg an}^{-1}$  as used in the inventory. If the above given N excretion equation is applied to the DLG duck (end weight  $3.4 \text{ kg an}^{-1}$ ; feed conversion rate  $x_{\text{feed, du}} = 2.618 \text{ kg kg}^{-1}$  according to Chapter 9.7.4), the resulting N excretion is  $0.751 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , which is quite similar to the value of  $0.741 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  derived from DLG (2005), S. 52. This is considered a confirmation of the duck modelling approach used in the inventory.

$\text{a}^{-1}$  in DLG (2005), S. 52, ab. Letztere muss allerdings halbiert werden ( $0.741 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), da sie darauf beruht, dass die Gesamtausscheidung während der Lebensdauer auf die reine Mastphase bezogen wurde, die nur etwa die Hälfte der gesamten Lebensdauer umfasst. Außerdem gilt die Angabe in DLG (2005), S. 52, für ein Endgewicht von  $3,4 \text{ kg an}^{-1}$  statt des im Inventar angesetzten Wertes von  $3,0 \text{ kg an}^{-1}$ . Wendet man die oben angegebene N-Ausscheidungsformel auf die DLG-Ente an (Endgewicht  $3,4 \text{ kg an}^{-1}$ ; Futterverwertung  $x_{\text{feed, du}} = 2,618 \text{ kg kg}^{-1}$  nach Kapitel 9.7.4), ergibt sich eine N-Ausscheidung von  $0,751 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , was gut dem o. g. Wert von  $0,741 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  entspricht. Dies wird als Bestätigung des Enten-Berechnungsmodelles im Inventar gewertet.

#### 9.7.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

Bedding is considered to be straw For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

An immobilisation of UAN is unlikely, as the dry conditions impede the process.

Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.2.4.4 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Eine Immobilisierung von UAN in der Einstreu findet wahrscheinlich nicht statt (fehlende Feuchtigkeit verhindert Immobilisierung).

Table 9.25: Ducks, amounts of N inputs with straw in German broiler houses

straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
19.5	16.8	$83.9 \cdot 10^{-3}$	$41.9 \cdot 10^{-3}$

<sup>a</sup> Source: see text

#### 9.7.7.3 Partial NH<sub>3</sub> emission factors / Partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren

The NH<sub>3</sub> emission factor for housing is based on emission factors collated by the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, Eurich-Menden et al., 2011). According to Eurich-Menden et al. (2011) the emission factor is  $0.146 \text{ kg NH}_3 (\text{pl} \cdot \text{a})^{-1}$ . However, for the inventory, this emission factor has to be converted into an emission factor related to N excreted. DLG (2005), pg. 52, provides a standard N excretion of  $1.482 \text{ kg N per place and year}$ . This value has to be approximately halved in order to account for the fact that for its derivation the total N excretion during the duck's total lifespan had been related only to the fattening period which comprises only about one half of the total lifespan, see Chapter 9.7.7.1. This is confirmed by applying the N excretion formula derived for the inventory to the DLG duck (final weight  $3.4 \text{ kg an}^{-1}$ ). It approximately yields half the N excretion given in DLG (2005):  $0.751 \text{ kg N per place and year}$ . This value is used for the conversion of the above mentioned KTBL emission factor of  $0.146 \text{ kg NH}_3 (\text{pl} \cdot \text{a})^{-1}$  to the N excretion-related value of  $0.160 \text{ kg NH}_3\text{-N} (\text{kg} \cdot \text{a})^{-1}$ .

For the partial NH<sub>3</sub> emission factor for storage, the

Der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für den Stall basiert auf den Ergebnissen der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (Eurich-Menden et al., 2011), die die NH<sub>3</sub>-Emission pro Tierplatz und Jahr mit  $0.146 \text{ kg NH}_3 (\text{pl} \cdot \text{a})^{-1}$  angibt. Für das Inventar ist eine Umrechnung auf NH<sub>3</sub>-N sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge erforderlich. DLG (2005), S. 52, gibt eine Standard-N-Ausscheidung von  $1.482 \text{ kg N pro Platz und Jahr an}$ . Dieser Wert muss aber in etwa halbiert werden, da er darauf beruht, dass die Gesamtausscheidung während der Lebensdauer auf die reine Mastphase bezogen wurde, die aber nur etwa die Hälfte der gesamten Lebensdauer umfasst. Siehe dazu Kapitel 9.7.7.1. Die Anwendung der für das Inventar entwickelten N-Ausscheidungsformel auf die DLG-Ente (Endgewicht  $3,4 \text{ kg an}^{-1}$ ) liefert denn auch ungefähr die Hälfte der DLG-Standard-N-Ausscheidung:  $0.751 \text{ kg N pro Platz und Jahr}$ . Dieser Wert wird für die Umrechnung des o. g. Emissionsfaktors der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ zugrunde gelegt, so dass sich der Emissionsfaktor schließlich zu  $0.160 \text{ kg NH}_3\text{-N pro kg N-Ausscheidung und Jahr}$  ergibt.

Der partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für das Lager

value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used:  $0.24 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . The factor relates to the UAN amount entering the storage.

For spreading, a factor of  $0.45 \text{ kg kg}^{-1}$  related to UAN is used, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.2).

An overall uncertainty of 30 % is assumed for  $\text{NH}_3$  emission factors with a normal distribution.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.1, Table 9.3.

wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit  $0.24 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von  $0.45 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 9.2, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 9.2.1, Table 9.3.

### 9.7.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, list the following particle emission factors for other poultry (ducks, geese turkeys):  $0.032 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ ,  $0.004 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ .

For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

EMEP (2009)-4.B-27, Table 3-10, gibt die folgenden PM-Emissionsfaktoren für anderes Geflügel (Enten, Gänse, Puten) an:  $0.032 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ ,  $0.004 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ .

Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

### 9.7.9 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 9.26: Ducks, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	$\text{CH}_4$ enteric fermentation		
		$\text{CH}_4$ manure management	EM1005.24	
		$\text{NH}_3$	EM1009.26	
		$\text{N}_2\text{O}$	EM1009.109	EM1009.111
		NO	EM1009.158	
		$\text{PM}_{10}$	EM1010.20	
		$\text{PM}_{2.5}$	EM1010.44	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.32	
Emission factors	Emissionsfaktoren	$\text{CH}_4$ enteric fermentation	IEF1005.24	
		$\text{CH}_4$ manure management	IEF1009.23	
		$\text{NH}_3$	IEF1009.89	
		$\text{N}_2\text{O}$	IEF1009.121	
		NO	IEF1010.19	
		$\text{PM}_{10}$	IEF1010.41	
		$\text{PM}_{2.5}$		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.52	AI1005POU.61

9.8 Turkeys / Puten

Turkey production has been increasing in Germany which justifies a detailed description.

The sexual dimorphism makes it necessary to deal with cocks and hens separately in the inventory calculations.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.27.

The inventory does not consider goose husbandry in free ranges.

Die Produktion von Puten nimmt in Deutschland erheblich zu. Dies rechtfertigt eine ausführliche Behandlung.

Wegen des Geschlechtsdimorphismus behandelt das Inventar Hähne und Hennen getrennt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.27 angegebenen Verfahren.

Freilandhaltung wird im Inventar nicht berücksichtigt.

Table 9.27: Turkeys, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		no method			
CH <sub>4</sub>	Manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	Manure management	2	EMEP / national	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	Manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

9.8.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are available for all census years (StatLA C III 1 –vj 4). German statistics do not differentiate between male and female turkeys.

Missing animal numbers are replaced by data reported for the previous year. For Brandenburg, the data gap including numbers for the period from 1991 to 1995 is closed by inserting animal numbers obtained from a linear regression based on numbers for 1990 and 1996.

In order to generate gender-specific animal numbers, the turkey numbers reported in the census are disaggregated using the fraction of males as in the following relations:

Tierzahlen liegen für alle Jahre mit Tierzählungen vor (StatLA C III 1 –vj 4). Die deutsche Statistik unterscheidet nicht zwischen weiblichen und männlichen Tieren.

Bei den Tierzahlen werden fehlende Werte jeweils durch die Werte für das Vorjahr ersetzt. Für Brandenburg sind keine Daten für die Jahre 1991 bis 1995 (einschließlich) vorhanden. Die Tierzahlen werden durch linear interpolierte Werte ersetzt.

Zur Erzeugung getrennter Tierzahlen für männliche und weiblich Puten werden die berichteten Putenzahlen unter Verwendung des Anteils der männlichen Tiere wie folgt aufgeschlüsselt:

$$n_{tu} = n_{tm} + n_{tf}$$

( 9.54)

$$n_{tm} = n_{tu} \cdot x_{tm}$$

( 9.55)

$$n_{tf} = n_{tu} \cdot (1 - x_{tm})$$

( 9.56)

where

- $n_{tu}$

number of turkeys (census data) (in pl)
- $n_{tm}$

number of male turkeys (in pl)
- $n_{tf}$

number of female turkeys (in pl)
- $x_{tm}$

fraction of male turkeys produced (in pl pl<sup>-1</sup>)

The fraction of male turkeys  $x_{tm}$  produced is documented in Damme (2001-2010) for the years 2000 – 2009. For the 1990ies no data are available. Hence the existing data were averaged and the result (55, 7 %) is used for all years from 1990 onwards.

With respect to the uncertainties of the animal numbers the data for laying hens (see Chapter 9.3.1) are taken over by analogy. An uncertainty (standard error) of 10 % is assumed to be appropriate (normal distribution).

Der Anteil männlicher Puten  $x_{tm}$  ist in Damme (2001 - 2010) für die Jahre 2000 - 2009 dokumentiert. Für die Jahre vor 2000 liegen keine Daten vor, so dass die vorhandenen Daten gemittelt werden und der Mittelwert (55,7 %) für alle berichteten Jahre angenommen wird.

Hinsichtlich der Unsicherheit der Tierzahlen werden angaben für Legehennen sinngemäß übernommen (siehe Kapitel 9.3.1). Eine Unsicherheit (Standardfehler) von 10 % wird für angemessen gehalten (normalverteilt).

### 9.8.2 *Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung*

Turkey production in Germany is quasi industrial and works under uniform conditions. Hence, a regional differentiation with respect to housing and feeding is not necessary.

Die quasi-industrielle Putenmast verläuft in Deutschland unter einheitlichen Bedingungen. Eine regionale Differenzierung der Haltung und Ernährung der Tiere ist nicht notwendig.

#### 9.8.2.1 *Animal weights and fattening period durations / Tiergewichte und Mastdauern*

In Germany, the predominant genotype is B.U.T Big 6 (B.U.T.: British United Turkeys Ltd.). The inventory uses a default start weight of 60 g an<sup>-1</sup> (Haus Düsse, 2008). Males have a typical slaughter weight of 18 to 21.5 kg an<sup>-1</sup>, typical production time is 19 to 23 weeks, equivalent to about 2.2 animal rounds per year. Females are slaughtered with a weight of 8.5 to 10.5 kg after 14 to 17 weeks of raising, which results in about 2.8 rounds per year (KTBL, 2006a, pg. 604 ff; Feldhaus and Sieverding, 2007, pg. 31 ff). For the fattening period durations used in the inventory see Table 9.28.

KTBL (2006a), pg. 622, gives an informative overview of the 19-week husbandry scheme predominantly used in Germany.

The significant difference between the final live weights and the characteristics of the respective fattening process (see

Figure 9.4), cocks and hens are treated separately in this inventory. However, the calculation procedures themselves are identical.

Bei der deutschen Putenproduktion dominiert der Genotyp B.U.T Big 6 (B.U.T.: British United Turkeys Ltd.). Das Inventar rechnet mit einem Kükengewicht von 60 g an<sup>-1</sup> (Haus Düsse, 2008). Hähne erreichen ein typisches Mastendgewicht von 18 bis 21,5 kg an<sup>-1</sup> bei einer Mastdauer von 19 bis 23 Wochen (ca. 2,2 Durchgängen pro Jahr). Hennen werden mit 8,5 bis 10,5 kg an<sup>-1</sup> geschlachtet. Ihre Mastdauer beträgt 14 bis 17 Wochen (ca. 2,8 Durchgänge pro Jahr). (KTBL 2006a, S. 604 ff; Feldhaus und Sieverding, 2007, S. 31 ff). Zu den im Inventar verwendeten Mastdauern siehe Table 9.28.

Eine Übersicht über den in Deutschland vorherrschenden 19-Wochen-Rhythmus in der Stallbelegung findet sich z.B. in KTBL (2006a), S. 622.

Wegen der erheblichen Unterschiede bei Mastmastverlauf und Mastendgewicht (s.

Figure 9.4) werden Hähne und Hennen im Inventar getrennt behandelt. Das Rechenverfahren selbst ist für beide Unterkategorien gleich.

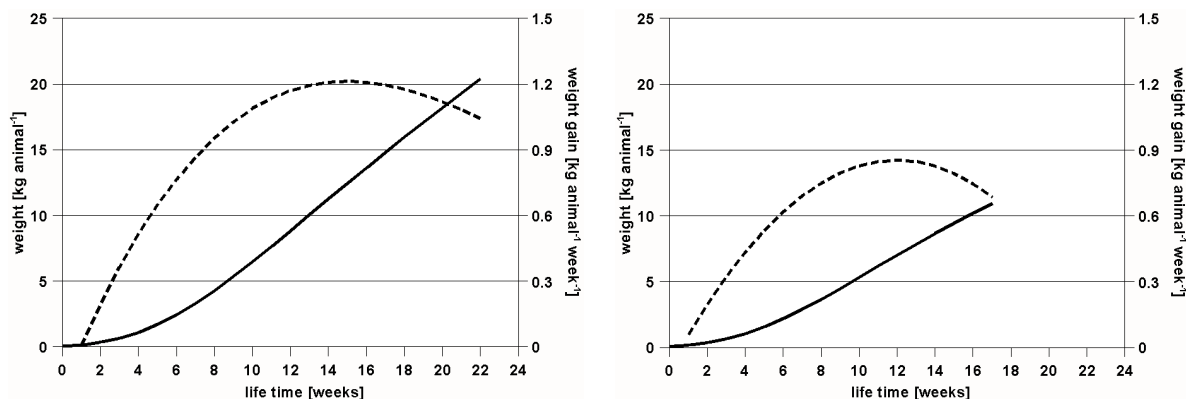


Figure 9.4: Turkeys, typical animal weight and weight gain developments  
Left: males, right: females; solid lines: weights; dotted lines: weight gains.  
(data source: DLG, 2005, pg. 51)

In order to reflect the development in turkey rearing since 1990, the inventory uses variable, year-dependent final live weights. Due to the uniform conditions of turkey fattening in Germany, these weights are used nationwide without regional differentiation.

For the inventory calculations the following input data were used:

For the years 1990 to 1992 and 2010 no data are

Um die züchterische Entwicklung seit 1990 abbilden zu können, stützt sich das Inventar auf zeitlich variable Endgewichte, die in den Emissionsberechnungen aufgrund der Einheitlichkeit der Putenhaltung deutschlandweit einheitlich verwendet werden.

Für die Berechnungen des Inventars werden die im Folgenden beschriebenen Eingangsdaten verwendet. In den Jahren 1990-1992 und 2010 sind (noch) keine Daten aus



available from the Poultry Almanacs. Hence the almanac data of 1993 are applied to 1990 to 1992, while for 2010 the 2009 almanac data are used (see data in italic in Table 9.28). The duration of the fattening period in days ( $\tau_{\text{lifespan}}$ ) and the final-weight data  $w_{\text{fin}}$  are taken from the poultry almanacs (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2010). For the years 1993 to 2001 the final weights have to be calculated using weight gain data  $\Delta w_{\text{tf}}/\Delta t$  (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2002), duration-of-fattening-period data  $\tau_{\text{lifespan}}$  and start weight data as mentioned above (Haus Düsse, 2008). The feed intake  $m_{\text{F, FM}}$  is a function of the number of production rounds per year  $n_{\text{round}}$ , the feed conversion rate  $X_{\text{FC}}$  (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2010) and the start and final weights. The calculation of  $n_{\text{round}}$  is described in Chapter 9.8.2.2. the input data for the emission calculations are displayed in Table 9.28.

Geflügeljahrbüchern verfügbar, so dass für 1990-1992 die Daten aus 1993 und für 2010 die Daten aus 2009 angenommen werden (in Table 9.28 kursiv dargestellt). Die Masttage  $\tau_{\text{lifespan}}$  und die Endgewichte  $w_{\text{fin}}$  stammen aus den Geflügeljahrbüchern (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2010). Für die Jahre 1993-2001 müssen die Endgewichte anhand von Gewichtszunahmen  $\Delta w_{\text{tf}}/\Delta t$  (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2002), der Masttage  $\tau_{\text{lifespan}}$  und des oben genannten Startgewichtes (Haus Düsse, 2008) berechnet werden. Die Futteraufnahmen  $m_{\text{F, FM}}$  sind eine Funktion der Durchgänge pro Jahr  $n_{\text{round}}$ , der Futterverwertung  $X_{\text{FC}}$  (Petersen, 1993-1999; Damme, 2000-2010) und des Start- und Mastendgewichtes. Die Berechnung der Durchgänge pro Jahr  $n_{\text{round}}$  ist in Kapitel 9.8.2.2 beschrieben. Für die den Berechnungen zugrunde liegenden Daten bzw. Zeitreihen siehe Table 9.28.

Table 9.28: Turkeys, animal performance and feed intake data from Poultry Almanacs and other sources

*Symbols and units:*

$\tau_{\text{lifespan, tm}}$  duration of fattening period of male turkeys (in d  $\text{ro}^{-1}$ );  $n_{\text{round, tm}}$  number of animal rounds of male turkeys (in  $\text{cy} = \text{an pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ );  $w_{\text{fin, tm}}$  final weight of male turkeys (in  $\text{kg an}^{-1}$ );  $\Delta w_{\text{tm}}/\Delta t$  weight gain rate of male turkeys, averaged over fattening period (in  $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ );  $X_{\text{FC, tm}}$  feed conversion rate of male turkeys (in  $\text{kg kg}^{-1}$ );  $m_{\text{F, FM, tm}}$  overall feed intake (fresh matter) per year of male turkeys (in  $\text{kg an}^{-1} \text{a}^{-1}$ );  $\tau_{\text{lifespan, tf}}$  duration of fattening period of female turkeys (in d  $\text{ro}^{-1}$ );  $n_{\text{round, tf}}$  number of animal rounds of female turkeys (in  $\text{cy} = \text{an pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ );  $w_{\text{fin, tf}}$  final weight of female turkeys (in  $\text{kg an}^{-1}$ );  $\Delta w_{\text{tf}}/\Delta t$  weight gain rate of female turkeys, averaged over fattening period (in  $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ );  $X_{\text{FC, tf}}$  feed conversion rate of female turkeys (in  $\text{kg kg}^{-1}$ );  $m_{\text{F, FM, tf}}$  overall feed intake (fresh matter) per year of female turkeys ( $\text{kg an}^{-1} \text{a}^{-1}$ ).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
$\tau_{\text{lifespan, tm}}$	150.8	150.8	150.8	150.8	150.8	150.8	150.8	150.8	150.8	150.8	147.5	146.8	146.0	146.0	145.0	146.0	146.0	145.0	141.0	145.0	145.0
$n_{\text{round, tm}}$	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3
$w_{\text{fin, tm}}$	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	19.8	19.9	19.5	20.3	20.3	20.6	21.1	21.0	20.5	21.2	21.2
$\Delta w_{\text{tm}}/\Delta t$	119.0	119.0	119.0	119.0	119.0	119.0	119.0	119.0	119.0	119.0	134.0	135.8	133.2	138.6	139.7	141.0	144.4	144.7	145.1	145.4	145.4
$X_{\text{FC, tm}}$	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.640	2.660	2.680	2.680	2.710	2.730	2.700	2.680	2.670	2.620	2.620
$m_{\text{F, FM, tm}}$	112.36	112.36	112.36	112.36	112.36	112.36	112.36	112.36	112.36	112.36	117.93	120.37	119.28	124.11	126.41	128.54	130.21	129.44	129.02	127.21	127.21
$\tau_{\text{lifespan, tf}}$	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9	103.9	111.0	111.5	112.0	112.0	111.0	111.0	112.5	111.0	108.0	111.0	111.0
$n_{\text{round, tf}}$	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	2.9	2.9
$w_{\text{fin, tf}}$	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	9.99	9.95	9.87	10.10	10.07	10.20	10.69	10.57	10.17	10.83	10.83
$\Delta w_{\text{tf}}/\Delta t$	77.0	77.0	77.0	77.0	77.0	77.0	77.0	77.0	77.0	77.0	90.0	89.2	87.6	89.6	90.2	91.4	94.5	94.7	93.6	97.0	97.0
$X_{\text{FC, tf}}$	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.827	2.640	2.660	2.680	2.680	2.710	2.730	2.700	2.680	2.670	2.620	2.620
$m_{\text{F, FM, tf}}$	64.08	64.08	64.08	70.02	70.02	70.02	70.02	70.02	70.02	70.02	77.01	76.94	76.63	78.41	79.69	81.31	83.28	82.72	81.24	82.85	82.85

Sources: Petersen (1993 p.168, 1994 p. 164, 1995 p.181, 1996 p.184, 1997 p.192, 1998 p.193, 1999 p.196), Damme (2000 p.204, 2001 p.189, 2002 p.201, 2003 p.76, 2004 p.85, 2009 p.87, 2010 p.70); for further information see text.

The digestibility of organic matter  $X_{\text{DOM}}$  is unknown. It is replaced with  $X_{\text{DE}}$ . As the digestibility of energy is somewhat lower than that of organic matter, the assumption  $X_{\text{DOM}} \approx X_{\text{DE}}$  leads to a slight overestimation of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management.

According to RHG (2006), the ash content of feed is 8 % for the starter phase, 6.5 % for the main phase and 5 % for the final phase. Taking into account that the main phase represents by far the greatest fraction of the total production cycle, its ash content (6.5 %) is assumed to be representative for the total production cycle.

Due to lack of information, the feeding-related data are assumed to be constant with time and space.

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{\text{DOM, br}}$  ist nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{\text{DE, br}}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der Aschegehalt des Futters beträgt, bezogen auf Frischmasse, nach RHG (2006) 8 % für die Starterphase, 6,5 % für die Mittelmast und 5 % für die Endmast. In Anbetracht des überwiegenden Zeitanteils der Mittelmast wird der entsprechende Aschegehalt als repräsentativ angesehen (6.5 %).

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

9.8.2.2 *Number of rounds per year / Anzahl der Mastdurchgänge pro Jahr*

The number of animal rounds  $n_{\text{round}}$  per year is a result of the fattening and cleansing period. For the latter 14 days per production cycle is assumed (KTBL, 2006a, S. 622).

Die Anzahl der Mastdurchgänge  $n_{\text{round}}$  pro Jahr ergibt sich aus der Mastdauer und der Reinigungszeit. Für letztere werden 14 Tage pro Durchgang angesetzt (KTBL, 2006a, S. 622).

$$n_{\text{round, tf / tm}} = \frac{\alpha}{\tau_{\text{tf / tm}} + \tau_{\text{service}}} \quad (9.57)$$

where

$n_{\text{round, tf / tm}}$	number of animal rounds of male or female turkeys (in $\text{cy} = \text{an pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$\tau_{\text{tf / tm}}$	duration of fattening period of male or female turkeys (in $\text{d ro}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.1
$\tau_{\text{service}}$	duration of cleansing period (in $\text{d ro}^{-1}$ ), see above

9.8.2.3 *Energy requirements / Energiebedarf*

At the time being, no methods are available to calculate the daily requirements of metabolizable energy as an average over all days of a production cycle (including the service time). However, the energy requirements can be calculated from the amount of feed intake and the ME content of the feed:

Für den über alle Tage eines Durchganges (einschließlich der Reinigungszeit) gemittelten Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz sind derzeit keine Berechnungsverfahren verfügbar. Der Energiebedarf kann aber anhand von Futteraufnahme und ME-Gehalt des Futters berechnet werden:

$$ME_{\text{tf / tm}} = \eta_{\text{ME, feed}} \cdot m_{\text{F, FM, tf / tm}} \quad (9.58)$$

where

$ME_{\text{tf / tm}}$	requirements of metabolisable energy (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{d}^{-1} \text{ME}$ )
$\eta_{\text{ME, feed}}$	content of metabolisable energy in turkey diet, related to fresh matter (in $\text{MJ kg}^{-1} \text{ME}$ ), see Chapter 9.8.2.4
$m_{\text{F, FM, tf / tm}}$	feed intake (fresh matter) of female or male turkeys (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.4

9.8.2.4 *Feed intake and feed properties / Futteraufnahme und Futtereigenschaften*

In order to calculate VS excretions (see Chapter 9.8.4) the input data needed are the amount of feed taken in per place and year as well as dry matter content and digestibility of the feed.

The feed intake is calculated separately for male and female turkeys:

Für die VS-Ausscheidungsrechnung (siehe Kapitel 9.8.4) werden als Eingangsgrößen die pro Tierplatz und Jahr aufgenommene Futtermenge sowie Trockenmassegehalt und Verdaulichkeit des Futters benötigt.

Die Futtermenge wird für weibliche und männliche Puten getrennt berechnet:

$$m_{\text{F, FM, tf / tm}} = \frac{\alpha \cdot (w_{\text{fin, tf / tm}} - w_{\text{start}}) \cdot X_{\text{FC, tf / tm}}}{\tau_{\text{lifespan, tf / tm}} + \tau_{\text{service}}} \quad (9.59)$$

where

$m_{\text{F, FM, tf / tm}}$	feed intake (fresh matter) of female or male turkeys (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$w_{\text{fin, tf / tm}}$	final live weight of female or male turkeys (in $\text{kg an}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.1
$w_{\text{start}}$	start weight of turkeys (in $\text{kg an}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.1
$X_{\text{FC, tf / tm}}$	feed conversion rate of female or male turkeys (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see below
$\tau_{\text{lifespan, tf / tm}}$	duration of fattening period of female or male turkeys (in $\text{d ro}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.1
$\tau_{\text{service}}$	duration of cleansing time (in $\text{d ro}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.1

Data on the feed conversion rate  $X_{FC, tf/tm}$  which is the feed intake (fresh matter) needed per unit weight gain is listed in Table 9.28 in Chapter 9.8.2.1.

The dry matter content  $x_{DM, tu}$  is  $0.88 \text{ kg kg}^{-1}$  (expert judgement Meyer, Kartzfehn).

The digestibility  $X_{DE, tu}$  is approximated by the digestibility of organic matter (67 %) as provided by Seskeviciene et al. (2005):  $X_{DE, tu} = 0.67 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

In order to establish the N balance of the animal as a basis for the calculation of the emissions of N species the N content of the feed ( $x_N$ ) is needed, see Chapter 9.8.5.1. The N content is derived from national data on turkey phase feeding, weighted with the amount of feed taken in, see Table 9.29. The data presented in Table 9.29 also show data for N reduced feeding. However, due to lack of data on the temporal and spatial distribution, the N reduced feeding cannot be account for in the inventory.

Daten zum Futteraufwand  $X_{FC, tf/tm}$ , der die pro Zuwachseinheit erforderliche Futtermenge (in Frischmasse) angibt, finden sich in Table 9.28 in Kapitel 9.8.2.1.

Der Trockenmassegehalt am Futter ( $x_{DM, tu}$ ) liegt bei  $0.88 \text{ kg kg}^{-1}$  (Expertenurteil Meyer, Kartzfehn).

Für die Verdaulichkeit  $X_{DE, tu}$  wird näherungsweise der von Seskeviciene et al. (2005) für organische Substanz ermittelte Wert von 67 % verwendet:  $X_{DE, tu} = 0.67 \text{ MJ MJ}^{-1}$  verwendet.

Zur Erstellung der tierischen N-Bilanz als Grundlage für die Berechnung der Emissionen von N-Spezies wird der N-Gehalt  $x_N$  im Futter benötigt, siehe Kapitel 9.8.5.1. Dieser wird als mit der Futtermenge gewichtetes Mittel aus nationalen Daten zur Phasenfütterung abgeleitet, siehe Table 9.29. Diese Datenaufstellung zeigt auch Daten zur N-reduzierten Fütterung. Mangels Daten zur regionalen und zeitlichen Verteilung kann eine mögliche N-reduzierte Fütterung in den Emissionsberechnungen derzeit aber nicht berücksichtigt werden.

Table 9.29: Turkeys, phase feeding, feed nitrogen contents ( $x_N$ ) and specific ME contents ( $\eta_{ME, feed}$ )  
Amounts of feed in fresh matter, nitrogen contents and specific ME contents related to fresh matter.

Phase	lifetime period (weeks)	feed intake, males <sup>a</sup> (in kg)	feed intake, females <sup>a</sup> (in kg)	$x_N^a$ (in kg kg <sup>-1</sup> )	$x_N$ , N reduced feed <sup>a</sup> (in kg kg <sup>-1</sup> )	$\eta_{ME, feed}^b$ (in MJ kg <sup>-1</sup> )
turkeys A	1 to 2	0.47	0.43	0.0464	0.0464	11.0
turkeys B	3 to 5	2.44	2.02	0.0424	0.0424	11.0
turkeys C	6 to 9	7.38	5.97	0.0384	0.0368	11.4
turkeys D	10 to 13	11.09	8.80	0.0336	0.0320	11.4
turkeys E	14 to 17	13.90	10.68	0.0288 males 0.0296 females	0.0288 males 0.0296 females	11.8
turkeys F	18 to 22	21.50	---	0.0256	0.0240	12.6
overall feed intake (kg)		56.78	27.90			
weighted mean (in kg kg <sup>-1</sup> )				0.0305 males 0.0339 females	0.0294 males 0.0331 females	11.93 males 11.52 females

<sup>a</sup> Source: DLG, 2005, pg. 51

<sup>b</sup> Source: KTBL (2006), pg. 618

For the mean specific ME content of the feed ( $\eta_{ME, feed}$ ) see Table 9.29.

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Der mittlere spezifische ME-Gehalt des Futters ( $\eta_{ME, feed}$ ) ist Table 9.29 zu entnehmen.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

### 9.8.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.8.4 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.2.3.3.3.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated us-

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.2.3.3.3.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden

ing the modified IPCC approach described in Dämmgen et al. (2011a), see Chapter 3.2.3.2.

For the required data see Chapter 9.8.2.4.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are  $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  and  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von Dämmgen et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.2.3.2.

Für die dafür erforderlichen Daten siehe Kapitel 9.8.2.4.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungs-kapazität  $B_0$   $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

## 9.8.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

### 9.8.5.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

Data on N excretions is provided in DLG (2005), pg. 51/52. These data is not used in the inventory as it is constant in time and therefore does not reflect the progress in turkey breeding since 1990. Hence, the inventory calculates N excretions from the N balance of the animal, thus allowing for the N excretions to be time dependent.

The annual N excretion per animal place is calculated from the amounts of feed, the N content of the feed and the N content of the animals according to:

DLG (2005), S. 51/52, gibt N-Ausscheidungswerte an. Diese werden im Inventar nicht verwendet, da sie keine zeitliche Variabilität aufweisen und deshalb die züchterische Entwicklung seit 1990 nicht abbilden können. Daher wird die N-Ausscheidung mit Hilfe einer N-Bilanz berechnet, die eine Abhängigkeit von der Zeit ermöglicht.

Die jährlichen N-Ausscheidungen pro Tierplatz ergeben sich aus den Futtermengen, den N-Gehalten des Futters, dem Endgewicht und dem N-Gehalt der Tiere:

$$m_{\text{excr, tf}} = m_{\text{feed, tf}} - m_{\text{g, tf}} \quad (9.60)$$

where

$m_{\text{excr, tf}}$	amount of nitrogen excreted (female turkeys) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$m_{\text{feed, tf}}$	nitrogen intake with feed (female turkeys) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$m_{\text{g, tf}}$	amount of nitrogen retained with growth (female turkeys) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )

with

$$m_{\text{feed, tf}} = m_{\text{F, tf}} \cdot x_{\text{N}} \quad (9.61)$$

where

$m_{\text{feed, tf}}$	nitrogen intake with feed (female turkeys) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$m_{\text{F, tf}}$	amount of feed taken in, female turkeys (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.4
$x_{\text{N}}$	mean nitrogen content of feed (in $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$ ), see Chapter 9.8.2.4

and

$$m_{\text{g, tf}} = x_{\text{N, ret, tu}} \cdot \frac{\alpha \cdot (w_{\text{fin, tf}} - w_{\text{start}})}{\tau_{\text{lifespan, tf}} + \tau_{\text{service}}} \quad (9.62)$$

where

$m_{\text{g, tf}}$	amount of nitrogen retained with growth (female turkeys) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$x_{\text{N, ret, tu}}$	mean N content of turkeys ( $x_{\text{N, ret, tu}} = 0.035 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , see DLG, 2005, pg. 12)

$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$w_{\text{fin, tf / tm}}$	final live weight of female or male turkeys (in $\text{kg an}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.1
$w_{\text{start}}$	start weight of turkeys (in $\text{kg an}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.1
$\tau_{\text{lifespan, tf / tm}}$	duration of fattening period of female or male turkeys (in $\text{d ro}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.1
$\tau_{\text{service}}$	duration of cleansing time (in $\text{d ro}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.1

The amount of UAN excreted is calculated as follows (In the inventory, UAN is approximated by TAN, see Chapter 3.2.4.3).

Die ausgeschiedene Menge an UAN berechnet sich wie folgt (UAN wird im Inventar näherungsweise mit TAN gleichgesetzt, siehe Kapitel 3.2.4.3):

$$UAN \approx TAN = m_{\text{feed, tf}} \cdot X_{\text{DE, tu}} - m_{\text{g, tf}}$$

(9.63)

where

UAN	amount of UAN excreted (female turkeys) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ UAN)
TAN	amount of UAN excreted (female turkeys) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ TAN)
$m_{\text{feed, tf}}$	nitrogen intake with feed (female turkeys) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ N), see above
$X_{\text{DE, tu}}$	digestibility of feed (female turkeys) (in $\text{MJ MJ}^{-1}$ ), see Chapter 9.8.2.4
$m_{\text{g, tf}}$	amount of nitrogen retained with growth (female turkeys) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ N), see above

For male turkeys these equations are applied by analogy.

Die Gleichungen gelten für männliche Puten sinngemäß.

9.8.5.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

Bedding is considered to be straw. For the properties of straw see Chapter 3.2.4.4.

Die gesamte Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.2.4.4 verwiesen.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

The amount of bedding material to be applied per animal place and year is given in the following table:

Nachfolgende Tabelle gibt die jährlich pro Tierplatz zu berücksichtigende Einstreumenge an:

Table 9.30: Turkeys, amounts of N inputs with straw in German turkey houses

straw input <sup>a</sup>	dry matter (DM)	N input (in DM)	TAN
kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
10.3	8.9	44.3·10 <sup>-3</sup>	22.1·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: see text

9.8.5.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

For male and female turkeys the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, Eurich-Menden et al., 2011) provide emission factors of 0.680 kg NH<sub>3</sub> and 0.387 kg NH<sub>3</sub>, respectively (per place and year). The conversion into emission factors related to N excreted is presetend in Table 9.31. This conversion is needed for the inventory.

Für Hähne gibt die KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (Eurich-Menden et al., 2011) (Landtechnik-Artikel) einen platzbezogenen Stall-Emissionsfaktor von 0,680 kg NH<sub>3</sub> pro Platz und Jahr an, für Hennen 0,387 kg NH<sub>3</sub> pro Platz und Jahr. Die für das Inventar erforderliche Umrechnung auf NH<sub>3</sub>-N sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge werden in Table 9.31 dargestellt.

For the partial NH<sub>3</sub> emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.24 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage.

Der partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,24 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Table 9.31: Turkeys, derivation of partial emission factors for NH<sub>3</sub> losses from housing

	EF <sup>a</sup>	EF <sup>b</sup>	standard N excretion <sup>c</sup>	standard N excretion <sup>d</sup>	EF related to standard N excretion
	kg NH <sub>3</sub> (pl · a) <sup>-1</sup>	kg NH <sub>3</sub> -N (pl · a) <sup>-1</sup>	kg N per animal	kg N (pl · a) <sup>-1</sup>	kg NH <sub>3</sub> -N (kg N <sub>excr</sub> ) <sup>-1</sup>
cocks	0.680	0.560	0.973	2.200	0.255
hens	0.387	0.319	0.564	1.676	0.190

<sup>a</sup> Source: Eurich-Menden et al. (2011)<sup>b</sup> Source: Eurich-Menden et al. (2011), data multiplied by 14/17 to transform from NH<sub>3</sub> to NH<sub>3</sub>-N units<sup>c</sup> Source: DLG (2005), pg. 51<sup>d</sup> Derived from the standard N excretion per animal by multiplying with the number of production cycles per year (2.26 for cocks, 2.97 for hens, based on typical data for fattening period durations and cleansing period duration as provided in Chapter 9.8.2.1)

For spreading, a factor of 0.45 kg kg<sup>-1</sup> related to UAN is used, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.2).

An overall uncertainty of 30 % is assumed for NH<sub>3</sub> emission factors with a normal distribution.

The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.1, Table 9.3.

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von 0,45 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 9.2, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe Kapitel 9.2.1, Table 9.3.

#### 9.8.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.2.5.

EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, list the following particle emission factors for turkeys: 0.032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

For the uncertainty see Chapter 3.2.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.2.5 verwiesen.

Nach EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, lauten PM-Emissionsfaktoren für Puten: 0,032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

Zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.2.5.

#### 9.8.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

For reference to information provided with the data CD see Table 9.32.

Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen finden sich in der nachfolgenden Table 9.32.

Table 9.32: Turkeys, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.25	EM1005.26
		NH <sub>3</sub>	EM1009.27	EM1009.28
		N <sub>2</sub> O	EM1009.112	EM1009.117
		NO	EM1009.159	EM1009.160
		PM <sub>10</sub>	EM1010.21	EM1010.22
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.45	EM1010.46
Activity data	Aktivitäten		AC1005.33	AC1005.35
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.25	IEF1005.27
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.24	IEF1009.26
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.90	IEF1009.92
		NO	IEF1009.122	IEF1009.124
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.20	IEF1010.21
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.42	IEF1010.43
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.62	AI1005POU.83

## 9.9 Poultry – collective description / Geflügel - zusammenfassende Daten

For greenhouse gases, emissions have to be reported for poultry as a single category. The aggregation of data sets is described in Chapter 9.9.1.

For air pollutants, a differentiation has to be made between laying hens, broilers and “other poultry”. For the aggregation of “other poultry” data the methods listed in Chapter 9.9.1 are used by analogy.

Treibhausgasemissionen sind für Geflügel insgesamt zu berichten. Die Aggregation der Daten wird in Kapitel 9.9.1 beschrieben.

Bei den luftverschmutzenden Gasen und Stoffen ist nach Legehennen, Masthähnchen und -hühnchen sowie „anderes Geflügel“ zu unterscheiden. Die Datenaggregation für „anderes Geflügel“ folgt sinngemäß den Ausführungen in Kapitel 9.9.1.

### 9.9.1 Aggregated data for poultry / Zusammenfassende Daten für Geflügel

#### 9.9.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The total number of pigs in the official statistics is the sum of all subcategories in Table 9.1.

Die Gesamtzahl des Geflügels in der amtlichen Tierzählung gibt die Summe aller Unterkategorien in Table 9.1 wieder.

$$n_{\text{poultry}} = n_{\text{AA}} + n_{\text{AB}} + n_{\text{AC}} + n_{\text{AD}} + n_{\text{AE}} + n_{\text{AF}} \quad (9.64)$$

where

$n_{\text{AA}}$  etc. number of animals in census subcategory AA, etc. (see Table 9.1)

The uncertainty in the census based animal numbers is between 4 and 5 %.

Die Unsicherheiten der Tierzahlen in der amtlichen Statistik wird etwa 4 bis 5 % betragen.

#### 9.9.1.2 Animal weights / Tiergewichte

The mean animal weight of poultry is calculated from the mean weights of the various poultry categories:

Das mittlere Gewicht von Geflügel wird aus den mittleren Gewichten der einzelnen Geflügelkategorien berechnet:

$$w_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot w_{\text{mean, lh}} + n_{\text{br}} \cdot w_{\text{mean, br}} + n_{\text{pu}} \cdot w_{\text{mean, pu}} + n_{\text{ge}} \cdot w_{\text{mean, ge}} + n_{\text{du}} \cdot w_{\text{mean, du}} + n_{\text{tu}} \cdot w_{\text{mean, tu}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.65)$$

where

$w_{\text{mean, poultry}}$  mean weight of poultry (in kg an<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $w_{\text{mean, lh}}$  mean weight of laying hens (in kg an<sup>-1</sup>)  
 etc.

The mean animal weights of the poultry categories are estimated as follows:

- The mean weight of laying hens is the arithmetic mean of the weights at the beginning and the end of the laying period.
- The mean weight of pullets and broilers is half the sum of chicklet weight and final weight, where the final pullet weight is the initial weight of laying hens.
- The mean weight of geese, ducks and turkeys is calculated in a simplified manner as half the final fatten-

Die mittleren Gewichte der Geflügelkategorien werden wie folgt geschätzt:

- Als mittleres Gewicht von Legehennen wird das arithmetische Mittel der Gewichte zu Beginn und zum Ende der Legeperiode angesehen.
- Das mittlere Gewicht von Junghennen sowie Masthähnchen und -hühnchen wird als Hälfte der Summe von Küken- und Endgewicht berechnet, wobei das Endgewicht der Junghennen dem Anfangsgewicht der Legehennen entspricht.
- Das mittlere Gewicht von Gänsen, Enten und Puten

ing weight, where different final fattening weights of male and female turkeys are accounted for.

wird vereinfachend mit der Hälfte des Mastendgewichtes gleichgesetzt, wozu bei Puten das unterschiedliche Mastendgewicht von Hähnen und Hennen berücksichtigt wird.

### 9.9.1.3 Calculation of mean VS and N excretions / Berechnung mittlerer VS- und N-Ausscheidungen

The mean VS excretions for poultry are assessed using calculated data for laying hens, broilers, pullets, ducks and turkeys. There is no IPCC default values for geese. As the number of geese is small, geese are not included in the determination of the mean.

Die mittleren VS-Ausscheidungen für Geflügel werden aus berechneten Daten für Legehennen, Masthühnchen und -hühnchen, Enten und Puten berechnet. Ein IPCC-default-Wert für Gänse ist nicht angegeben. Da die Zahl der Gänse gering ist, werden Gänse in die Mittelwertbildung nicht einbezogen.

$$VS_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot VS_{\text{lh}} + n_{\text{br}} \cdot VS_{\text{br}} + n_{\text{pu}} \cdot VS_{\text{pu}} + n_{\text{du}} \cdot VS_{\text{du}} + n_{\text{tu}} \cdot VS_{\text{tu}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.66)$$

where

$VS_{\text{mean, poultry}}$  mean VS excretion of poultry (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $VS_{\text{lh}}$  VS excretion of layinghens (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.

In contrast to VS excretions, mean N excretions can be obtained including all subcategories:

Im Gegensatz zu mittleren VS-Ausscheidungen können die mittleren N-Ausscheidungen unter Einbeziehung aller Unterkategorien berechnet werden:

$$m_{\text{excr, mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot m_{\text{excr, lh}} + n_{\text{br}} \cdot m_{\text{excr, br}} + n_{\text{pu}} \cdot m_{\text{excr, pu}} + n_{\text{ge}} \cdot m_{\text{excr, ge}} + n_{\text{du}} \cdot m_{\text{excr, du}} + n_{\text{tu}} \cdot m_{\text{excr, tu}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.67)$$

where

$m_{\text{excr, mean, poultry}}$  mean N excretion of poultry (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $m_{\text{excr, lh}}$  N excretion of laying hens (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.

### 9.9.1.4 Implied emission factors / Mittlere Emissionsfaktoren

For the calculation of mean implied emission factors  $IEF_{\text{poultry, i}}$  of a species i, the total of the emissions of of the species i is derived from the animal numbers in each subcategory and the respective emission factor  $EF_i$ , and then divided by the overall number of poultry.

For CH<sub>4</sub> emissions, geese are not accounted for.

Zur Berechnung der mittleren Emissionsfaktoren  $IEF_{\text{poultry, i}}$  für eine Spezies i wird die Summe aller berechneten Emissionen einer Spezies i aus Tierzahlen und mittleren Emissionsfaktoren  $EF_i$  errechnet und durch die Gesamtzahl des Geflügels dividiert.

Bei CH<sub>4</sub>-Emissionen werden Gänse nicht berücksichtigt.

$$IEF_{\text{poultry, i}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot EF_{\text{lh, i}} + n_{\text{br}} \cdot EF_{\text{br, i}} + n_{\text{pu}} \cdot EF_{\text{pu, i}} + n_{\text{ge}} \cdot EF_{\text{ge, i}} + n_{\text{du}} \cdot EF_{\text{du, i}} + n_{\text{tu}} \cdot EF_{\text{tu, i}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.68)$$

where

$IEF_{\text{poultry, i}}$  implied emission factor of a species i for poultry (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $EF_{\text{lh, i}}$  emission factor of a species i for laying hens (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.



### 9.9.2 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von emissionserklärenden Variablen und resultierenden Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

In this chapter, a comparison is made of implied emission factors (*IEF*) between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions and German data in this inventory.

In diesem Kapitel werden die platzbezogenen Emissionsfaktoren (*IEF*) und wichtige emissionserklärende Variablen mit denen benachbarter Länder (letzte verfügbare Daten) mit ähnlicher Landwirtschaft verglichen.

#### 9.9.2.1 Mean implied emission factors for gases and emission explaining variables / Mittlere Emissionsfaktoren für Gase und emissionserklärende Variablen

Table 9.33: Poultry, 2009, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	<i>IEF</i>				
				CH <sub>4,ent</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CH <sub>4,MM</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NO kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	1.10	0.10	0.55	0.02	0.07	0.40		
Belgium	1.60	0.03	0.58	NO	0.04	0.13		
Czech Republic	NA	NA	0.60	NA	0.08	0.20		
Denmark	2.00	0.00	0.53	0.00	0.02	0.20		
France	NA	0.10	0.60	NA	0.12	0.47		
Germany	<b>1.90</b>	<b>0.026<sup>a</sup></b>	<b>0.73</b>		<b>0.03</b>	<b>0.36</b>	<b>0.0011</b>	<b>0.0002</b>
Netherlands	NE	NE	0.65	NE	0.03	0.17		
Poland	1.10	0.10	0.35	NO	0.08	0.13		
Switzerland	NA	0.10	0.54	0.01	0.12			
United Kingdom	NE	NE	0.57	NA	0.08	0.18		
IPCC (1996)-3-4.12, 4.47, 4.99, Western Europe, cool region, developed countries	1.10	0.10	0.6	NE	0.078			
IPCC (2000)-4.45			mature: 0.6 0-0.25 years: 0.3			0.28 to 0.92		
IPCC (2006)- 10.82, Western Europe, cool region, developed countries	0.9 to 6.8	0.01 to 0.07	0.55 <sup>b,c</sup>	NE	0.02 to 0.09			
EMEP (2009)-4.B-26, 64, 65			0.55 to 1.64			0.22 to 0.95		0.001 to 0.004

Sources: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC 2011, Table 4.A, 4B; EEA (2011)

<sup>a</sup> calculated without geese

<sup>b</sup> calculated according to IPCC (2006) using the German mean animal weights of poultry subcategories (submission 2012)

<sup>c</sup> assumptions for missing values: geese weight = 1/2 default turkey weight (IPCC 2006), geese N excretion = default turkey N excretion (IPCC 2006), pullet weight = 1/2 default layer weight (IPCC 2006), pullet N excretion = default layer N excretion (IPCC 2006)

Some countries still use the default values provided in IPCC(1996)-3-4.47, i.e. a mean animal weight of 1.1 kg an<sup>-1</sup> and a mean VS excretion of 0.10 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. If one considers the information provided in IPCC(2006)-10.82, mean animal weights must definitively exceed the former values, whereas VS mean VS excretions fall below. The German result for the mean VS excretion of poultry is based on the data given in IPCC (2006).

According to IPCC (1996) the default emission factor for CH<sub>4</sub> from manure management is 0.078 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. According to IPCC (2006) the emission factor ranges between 0.02 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> and 0.09 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, depending on the poultry category. Like Belgium, Denmark and the Netherlands, Germany is positioned at the lower end of the range given in Table 9.33, while France and Switzerland have markedly higher values.

Als Tiergewicht geben einige Länder den default-Wert von 1,1 kg an<sup>-1</sup> und als VS-Ausscheidung den Default-Wert von 0,10 kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> nach IPCC(1996)-3-4.47 an. Die Tiergewichte nach IPCC(2006)-10.82 würden dagegen zu einem deutlich höheren mittleren Gewicht führen, wohingegen die VS-Ausscheidungen in IPCC (2006)-10.82 deutlich geringer sind als in IPCC (1996). Der deutsche Wert für die VS-Ausscheidungen beruht auf den Daten von IPCC (2006).

Als Default-CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor für Wirtschaftsdüner-Management gibt IPCC(1996) 0,078 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> an. Nach IPCC(2006) ergibt sich unter Berücksichtigung der verschiedenen Geflügelkategorien ein Bereich von 0,02 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> bis 0,09 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Deutschland liegt wie Belgien, Dänemark und die Niederlande am unteren Ende dieser Skala, während Frankreich und die Schweiz deutlich oberhalb liegen.

Like all other means, the mean  $\text{NH}_3$  emission factor greatly depends on the composition of the poultry population. Here, no additional information is available. The comparison with a default factor is impossible.

Wie alle anderen Mittelwerte, so hängen auch die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren stark von der Zusammensetzung der Tierpopulation ab. Hier fehlen Angaben der Nachbarländer. Ein Vergleich mit default-Werten ist nicht möglich.

#### 9.9.2.2 *Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere Emissionsfaktoren für Partikel*

Emission factors for  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  reported values differ without any discernible reason. Information about the composition of the population is missing.

Die Angaben zu Staub-Emissionsfaktoren für  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  variieren ohne erkennbare Ursache. Es fehlen Angaben zur Zusammensetzung der Populationen.

Table 9.34: Poultry, 2009, intercomparison of PM implied emission factors

	$IEF_{\text{PM}_{10}, \text{poultry}}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{PM}_{10}$	$IEF_{\text{PM}_{2.5}, \text{poultry}}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{PM}_{2.5}$	$IEF_{\text{TSP}, \text{poultry}}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{TSP}^a$
Austria	0.000	0.000	0.000
Belgium	0.028	0.007	0.058
Czech Republic	0.004	0.001	0.008
Denmark	0.056	0.008	0.056
France	0.036	0.008	0.082
<b>Germany</b>	<b>0.055</b>	<b>0.008</b>	<b>0.055<sup>b</sup></b>
Netherlands	0.035	0.003	0.035
Poland	0.033	0.001	0.073
Switzerland			
United Kingdom	0.055	0.010	0.366
EMEP (2009)-4.B-27	0.017 to 0.084	0.002 to 0.016	

Sources: Germany: submission 2012; all other countries for 2009: EEA (2011), calculated from original data supplied

<sup>a</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to  $100 \mu\text{m}$  in  $d$  (EMEP(2007)-B1010-9).

<sup>b</sup> As Germany does not calculate TSP, TSP is approximated by  $\text{PM}_{10}$ .

#### 9.9.3 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der DatenCD zusammengestellten Informationen*

Reference to information provided with the data CD is provided in the subsequent table.

Hinweise auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen finden sich in der nachfolgenden Tabelle.

Table 9.35: Poultry, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.28	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.30	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.121	EM1009.123
		NO	EM1009.162	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.23	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.47	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.36	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.28	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.28	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.94	
		NO	IEF1009.126	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.22	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.44	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.84	AI1005POU.94
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.57	EXCR.59

Table 9.36: Other poultry (poultry except laying hens and broilers), related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.27	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.29	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.118	EM1009.120
		NO	EM1009.161	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten			
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management		
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.27	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.93	
		NO	IEF1009.125	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen			

## 10 Emissions from cultures with nitrogen fertilizers / Emissionen aus mit Stickstoff gedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen

Fertilised agricultural areas comprise

- permanent crops,
- arable land crops,
- market gardening and
- fertilised grassland

which are intentionally treated with nitrogen fertilizers (mineral fertilizers and manures).

N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source with respect to level and trend (UBA 2008, pg. 85 f). NH<sub>3</sub> and NO emissions from agricultural soils are also regarded to be key sources (EMEP 2005).

Soil bacteria are able to oxidise CH<sub>4</sub> which results in a CH<sub>4</sub> deposition. The rate of oxidation depends on the microbial activity and the availability of reduced N. The sink strength of soils with respect to CH<sub>4</sub> consumption is affected by N fertilisation. During the process of the drawing up of IPCC(2000) no agreement could be found for an adequate description (communicated by Annette Freibauer, co-ordinating lead author of the respective chapter in IPCC(2000)).- This is why greenhouse gas reporting does not take into account CH<sub>4</sub> consumption.

IPCC do not provide a method to calculate NMVOC emissions from agricultural cultures and soils. In EMEP (2009) a method is described, but no emission factors are given. Like for animal husbandry (see Chapter 3.2.3.4), from submission 2012 onwards no NMVOC emissions from agricultural cultures and soils are reported due to the lack of a scientifically based NMVOC emission calculation methodology.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 10.1.

Gedüngte landwirtschaftliche Nutzflächen sind

- Dauerkulturen,
- Ackerland,
- Gartenland und
- gedüngtes Grünland,

die absichtlich mit stickstoffhaltigen Düngemitteln (Mineral- und Wirtschaftsdüngern) behandelt werden.

N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen sind eine Hauptquellgruppe hinsichtlich Niveau und Trend (UBA 2008, S. 85f); NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen sind nach EMEP (2005) jeweils eine Hauptquellgruppe.

Bodenbakterien können CH<sub>4</sub> veratmen. Dies resultiert in einer CH<sub>4</sub>-Deposition. Die Menge ist eine Funktion der mikrobiellen Aktivität und des Angebots an reduziertem N. Die Senkenstärke der Böden für die natürliche CH<sub>4</sub>-Konsumption wird durch N-Düngung reduziert. Hierüber konnte im Rahmen der Erstellung von IPCC (2000) kein Konsens gefunden werden (Mitteilung von Annette Freibauer, koordinierende Erstautorin des entsprechenden Abschnittes in IPCC(2000)). Daher wird die CH<sub>4</sub>-Konsumption in der Treibhausgas-Berichterstattung nicht berücksichtigt.

IPCC stellt keine Methode zur Berechnung von NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Kulturen bereit. EMEP (2009) gibt zwar ein Verfahren an, aber keine Emissionsfaktoren. Da keine wissenschaftlich fundierten Berechnungsgrundlagen vorliegen, werden wie bei der Nutztierhaltung (siehe Kapitel 3.2.3.4) ab Submission 2012 keine NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Kulturen berichtet.

Die Berechnung der Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Böden erfolgt nach den in Table 10.1 zusammengestellten Verfahren.

Table 10.1: Cultures with fertilizers, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
NH <sub>3</sub>	mineral fertilizer	2	EMEP	federal states	federal states	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	mineral fertilizer	1	IPCC	federal states	national	1 a
CO <sub>2</sub>	urea	1	IPCC	federal states	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	animal manures	1	IPCC	federal states	national	1 a
N <sub>2</sub> O	sewage sludge	1	IPCC	federal states	national	1 a
N <sub>2</sub> O	histosols	1	IPCC	federal states	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	arable agriculture	1	EMEP	federal states	national	1 a

For emission reporting, emissions from agricultural soils are calculated on federal state level. Calculations on district level are possible only for the years 1999 and 2003 as only for these years the input data needed are available.

Die Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden werden für die Emissionsberichterstattung auf Länderebene berechnet, da die notwendigen Eingangsdaten auf Kreisebene nur in Ausnahmejahren (1999 und 2003) vorliegen.

## 10.1 Application of mineral fertilizers / Mineraldüngeranwendung

Application of mineral fertilizers leads to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions.

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils are a key source.

Die Ausbringung von Mineraldünger führt zu  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

### 10.1.1 Activity data / Aktivitätsdaten

#### 10.1.1.1 Amounts of fertilizers used / Berücksichtigte Düngermengen

Data on amounts of fertilizers is not available. Hence, the missing data is replaced by the amounts of fertilizers sold which are recorded on federal state level (StatBA FS 4, R 8.2, annually). This corresponds to the assumption that the fertilizer sold in one year is applied the same year which, at least on the basis of averaging over several years, seems plausible.

Transports crossing federal state borders cannot be taken into account due to lack of data. However, the error caused by this simplification should be small.

The calculation of the inventory of emissions from the application of mineral fertilizers is generally performed for federal states. However, Chapter 10.1.1.2 describes a procedure to disaggregate these data onto district level. This procedure is intended as a tool in policy making but is *not* used in emission reporting.

The German national classification for N fertilizers as used in the statistics is translated into SNAP categories according to Table 10.2.

Daten ausgebrachter Düngermengen sind nicht verfügbar. Daher wird mit den statistisch erfassten Düngerverkaufsmengen auf Bundeslandebene (StatBA FS 4, R 8.2, für jedes Jahr) gerechnet. Dies entspricht der zumindest im mehrjährigen Mittel zutreffenden Annahme, dass in einem Jahr soviel Mineraldünger ausgebracht wird, wie verkauft wird.

Transporte über Bundeslandgrenzen können magels Daten nicht berücksichtigt werden. Der damit verbundene Fehler wird aber als gering eingeschätzt.

Die Inventarberechnung der Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung erfolgt routinemäßig für Bundesländer. Kapitel 10.1.1.2 beschreibt ein Verfahren zur Disaggregation der Düngermengen auf Kreise. Dieses für die Politikberatung gedachte Verfahren wird *nicht* für die Emissionsberichterstattung eingesetzt.

Die nationalen Bezeichnungen für N-Dünger werden wie in Table 10.2 den SNAP-Bezeichnungen zugeordnet:

Table 10.2: Attribution of German national categories of N fertilizers to SNAP categories

German classification	SNAP 100100
<i>Any time</i>	
Kalkammonsalpeter	calcium ammonium nitrate
Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung	ammonium nitrate urea solutions
<i>in 1994 and thereafter</i>	
Ammonsalpetersorten	ammonium nitrate
Harnstoff	urea
andere Einnährstoffdünger	other complex NK and NPK fertilizers
NP-Dünger	combined NP fertilizers
<i>prior to 1994</i>	
andere Ammonsalpetersorten und Kalkstickstoff	ammonium nitrate

For 1990 to 1993, information about fertilizer in the New Länder (former GDR) was available as total of N sold. The detailed data for 1994 were used to estimate the distribution of fertilizer for the single Länder as well as the frequency distribution of the various fertilizer types.

The missing data for Saarland in 1991 were replaced by the respective data for 1990.

The uncertainty of the procedure to estimate the amounts of fertilizer applied is unknown. Hence, the uncertainty of these amounts is unknown as well.

Für die Jahre 1990 bis 1993 lagen für die Neuen Bundesländer Angaben über Düngemittel nur als Summe der verkauften N-Dünger, angegeben als Dünger-N, vor. Unter Verwendung der detaillierten Daten für 1994 wurden die auf die einzelnen Bundesländer und die einzelnen Düngersorten entfallenden Teilmengen proportional erschlossen.

Die für das Saarland fehlenden Angaben für 1991 wurden durch entsprechende Daten für 1990 ersetzt.

Die Unsicherheit des Verfahrens zur Schätzung der ausgebrachten Düngermengen und damit die Unsicherheit dieser Mengen ist nicht bekannt.

According to EMEP(2007)-B1010-26, the uncertainty (standard error) for the amounts of fertilizers applied is in the order of magnitude of 10 %. In addition, a normal distribution is assumed.

Nach EMEP(2007)-B1010-26 wird für die ausgebrachten Düngermengen mit einer Unsicherheit (Standardfehler) von größenordnungsmäßig 10 % gerechnet. Angenommen wird eine Normalverteilung.

#### 10.1.1.2 *Spatial disaggregation of fertilizer amounts for 1999 and 2003/ Regionalisierung der Düngermengen für 1999 und 2003*

In the following, a procedure is described for the disaggregation of federal state-level fertilizer amounts on district level. This procedure is *not* used in emission reporting. However, it has been used as a tool for policy making purposes for the years 1999 and 2003 which are the only years where all the input data needed are available for.

For the disaggregation, land utilisation data is combined with the fertilizer amounts officially recommended (cf. Table 10.3). Soil N pools and application of manures were not taken into account. The potentially needed amounts of fertilizer N are calculated for each district. The sum of these potential amounts of fertilizer N is compared with the amounts really sold. Thus, a fraction could be derived for each district, which has to be multiplied with the amounts sold in the Federal State. A differentiation between grassland and arable land (incl. horticultural land) is made. No special combinations of fertilizer types and crop were accounted for.

The amount of fertilizer per district is calculated as follows:

$$m_{\text{fert, i, d}} = x_{\text{fert, d}} \cdot m_{\text{fert, i, sold}} \quad (10.1)$$

where

$m_{\text{fert, i, d}}$	amount of fertilizer type i used in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{fert, i, d}}$	share of fertilizer used in a district related to the overall sales in a Federal State (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{fert, i, sold}}$	amount of fertilizer type i sold in a Federal State (in Gg a <sup>-1</sup> N)

with

$$x_{\text{fert, d}} = \frac{\sum_j A_{j, d} \cdot m_{\text{rec, j}}}{\sum_j A_{j, FS} \cdot m_{\text{rec, j}}} \quad (10.2)$$

where

$A_{j, d}$	area of crop j reported for a district (in ha)
$m_{\text{rec, j}}$	amount of fertilizer recommended for a crop j (in kg ha <sup>-1</sup> N, see Table 10.3)
$A_{j, FS}$	area of crop j reported for a Federal State (in ha)

Im Folgenden wird ein Verfahren zur Disaggregation der auf Bundesland-Ebene verfügbaren Düngermengen auf Kreise beschrieben. Dieses Verfahren wird *nicht* für die Emissionsberichterstattung eingesetzt. Es wurde bislang nur zu Zwecken der Politikberatung verwendet (für die Jahre 1999 und 2003, da nur für diese alle Eingangsdaten bekannt sind).

Zur Disaggregation werden anhand der Flächennutzungsdaten und der Düngeempfehlungen (siehe Table 10.3) ohne Abzug von N-Vorräten in Böden und ohne Berücksichtigung etwaig aufgebracht Wirtschaftsdünger potentielle N-Gaben für jeden Kreis errechnet. Die Summe der potentiellen N-Gaben in einem Bundesland werden den tatsächlich verkauften Düngermengen gegenüber gestellt. Für jeden Kreis wird ein Bruchteil errechnet, der den Anteil einer jeden potentiell angewendeten Düngerart je Kreis beschreibt. Zwischen Düngergaben auf Ackerland (incl. Land für Gemüsebau) und Grünland wird unterschieden. Präferenzen für Kombinationen von Düngerarten und Kulturen werden nicht berücksichtigt.

Die je Kreis angewendete Menge errechnet sich dann wie folgt:

Table 10.3: Cultures with fertilizers, recommended amounts of nitrogen fertilizers

Crop	Fertilizer, kg ha <sup>-1</sup> N, recom- mended	Source	Crop	Fertilizer, kg ha <sup>-1</sup> N, recom- mended	Source
winter wheat	220	LWK-NI (2007)	endive	120	Hortigate (2005)
spring wheat	200	LWK-NI (2007)	lamb's lettuce	80	Hortigate (2005)
Rye	150	LWK-NI (2007)	butterhead lettuce	80	Hortigate (2005)
winter barley	190	LWK-NI (2007)	lollo lettuce	80	Hortigate (2005)
spring barley	130	LWK-NI (2007)	radicchio	80	Hortigate (2005)
Oat	100	LWK-NI (2007)	Romaine lettuce	100	Hortigate (2005)
Triticale	190	LWK-NI (2007)	arugula	80	Hortigate (2005)
grain maize	180	LWK-NI (2007)	other lettuce	80	Hortigate (2005)
maize for silage	180	LWK-NI (2007)	spinach	90	Hortigate (2005)
Rape	200	LWK-NI (2007)	rhubarb	120	Hortigate (2005)
sugar beet	160	LWK-NI (2007)	asparagus	80	Hortigate (2005)
fodder beet	160		celery stalks	140	Hortigate (2005)
clover, clover gras mix- tures, clover alfalfa mix- tures (fodder production on arable land)	0		fennel	140	Hortigate (2005)
Alfalfa	0		celery root	140	Hortigate (2005)
grass (fodder production)	270	KTBL (2004), pg. 301	horseradish	140	Hortigate (2005)
Potatoes	160	LWK-NI (2007)	carrots	80	Hortigate (2005)
broad beans	0		red radish	70	Hortigate (2005)
Peas	0		white radish	100	Hortigate (2005)
other pulses	0		beetroot	180	Hortigate (2005)
pastures and meadows	130	KTBL (2004), pg. 301	gherkin	140	Hortigate (2005)
Cauliflower	220	Hortigate (2005)	cucumber	140	Hortigate (2005)
Broccoli	190	Hortigate (2005)	marrows	120	Hortigate (2005)
Chinese cabbage	80	Hortigate (2005)	courgette	170	Hortigate (2005)
curly kale	160	Hortigate (2005)	sweet corn	150	Hortigate (2005)
Kohlrabi	130	Hortigate (2005)	French beans	80	Hortigate (2005)
Brussels sprouts	300	Hortigate (2005)	broad beans		
red cabbage	190	Hortigate (2005)	runner beans (incl. scarlet runner bean)	120	Hortigate (2005)
white cabbage	195	Hortigate (2005)	peas for threshing (with- out pods)	110	Hortigate (2005)
Savoy cabbage	195	Hortigate (2005)	peas for picking (with pods)	110	Hortigate (2005)
red oak leaf lettuce	80	Hortigate (2005)	spring onions	150	Hortigate (2005)
crisphead lettuce	120	Hortigate (2005)	onions (incl. shallots)	90	Hortigate (2005)
			parsley	180	Hortigate (2005)
			leek	160	Hortigate (2005)
			chives	200	Hortigate (2005)

### 10.1.2 Emission of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 10.1.2.1 Ammonia emissions / Ammoniak-Emissionen

Ammonia emissions are calculated using the Tier 2 methodology according to EMEP(2009)-4.D-12. However, the option of taking into account the pH status of the soil is not used as there are no data on pH soil status available in Germany.

The procedure distinguishes various fertilizer types:

Ammoniak-Emissionen werden nach einem Stufe-2-Verfahren nach EMEP(2009)-4.D-12 berechnet, wobei die Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens mangels entsprechender Eingangsdaten nicht berücksichtigt werden kann.

Das Verfahren berücksichtigt unterschiedliche Düngertypen:

$$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}} = \frac{\sum_i (m_{\text{fert}, i} \cdot EF_{\text{NH}_3, i})}{\gamma_{\text{NH}_3}} \quad (10.3)$$

with

$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}}$	NH <sub>3</sub> -N emission flux from fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
$\gamma_{\text{NH}_3}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NH}_3} = 17/14 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )
$m_{\text{fert}, i}$	mass of N applied with fertilizer type i (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{NH}_3, i}$	NH <sub>3</sub> emission factor for fertilizer type i (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> )

The emission factors are calculated as functions of the spring temperatures  $t_s$ , see Table 10.4.

Die Emissionsfaktoren werden als Funktion der Frühlingstemperatur  $t_s$  berechnet, siehe Table 10.4.

Table 10.4: Mineral fertilizers, NH<sub>3</sub> emission factors as functions of spring temperature  $t_s$  ( $t_s$  in °C) for the fertilizer categories applied in Germany

fertilizer category	Düngerkategorie	Emission factor $EF^a$ kg NH <sub>3</sub> (kg N) <sup>-1</sup>	exemplary $EF$ for $t_s = 9^\circ\text{C}$ kg <b>NH<sub>3</sub>-N</b> (kg N) <sup>-1</sup>
urea	Harnstoff	$0.1067 + 0.0035 \cdot t_s$	0.114
Ammonium nitrate solution	Ammonium-Harnstoff-Lösung	$0.0481 + 0.0025 \cdot t_s$	0.058
calcium ammonium nitrate and other one-component fertilizers	Kalkammonsalpeter und Andere	$0.0080 + 0.0001 \cdot t_s$	0.007
NP fertilizer <sup>b</sup>	NP-Dünger <sup>b</sup>	$0.0107 + 0.0006 \cdot t_s$	0.013
NK and NPK fertilizer	NK- und NPK-Dünger	$0.0080 + 0.0001 \cdot t_s$	0.007

<sup>a</sup> Source: EMEP(2009)-4D-Table 3-2

<sup>b</sup> Emission factor according to ammonium phosphates in EMEP(2009)-4D-Table 3-2

Spring temperatures  $t_s$  are defined as the mean air temperatures of March, April, and May, see Chapter 3.3.4.2.

Die Frühlingstemperaturen  $t_s$  werden aus den Mittelwerten der Lufttemperaturen der Monate März, April und Mai gebildet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

For fertilizer application, the uncertainty of the ammonia emissions is no better than  $\pm 50 \%$  (EMEP (2009)-4.D-18). This value is adopted also for the emission factors as there is no uncertainty defined for emission factors. A lognormal distribution is assumed.

EMEP(2009)-4.D-18 geht davon aus, dass die Unsicherheit der Ammoniak-Emissionen nicht kleiner als  $\pm 50 \%$  ist. Dieser Wert wird, da eine entsprechende Angabe für die Emissionsfaktoren fehlt, für diese übernommen und als Standardfehler interpretiert. Angenommen wird eine Lognormalverteilung.

### 10.1.2.2 Emissions of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> / N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen

#### 10.1.2.2.1 Method applied / Angewandte Methode

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

For N<sub>2</sub>O, a Tier 1 approach is used according to IPCC(1996)-4.92 ff. It calculates the N<sub>2</sub>O-emission as proportional to the amount of N which results from the amount of N applied after subtracting the N losses by NH<sub>3</sub> and NO. In the German inventory, the calculation of the resulting amount of N is **not** based on the entity  $Frac_{\text{GASF}}$ , but makes use of the explicitly calculated emissions of NH<sub>3</sub> and NO. (For  $Frac_{\text{GASF}}$  see Chapter 12.1.3.)

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Für N<sub>2</sub>O wird ein Stufe-1-Verfahren nach IPCC (1996)-4.92 ff angewandt. Dieses berechnet die N<sub>2</sub>O-Emission proportional zur N-Menge, die von der ausgebrachten N-Menge nach Abzug der N-Verluste durch NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen verbleibt. Die verbleibende N-Menge wird im deutschen Inventar **nicht** mit Hilfe der Größe  $Frac_{\text{GASF}}$  berechnet, sondern unter Verwendung der explizit berechneten NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen. (Zu  $Frac_{\text{GASF}}$  siehe Kapitel 12.1.3.)



$$E_{\text{N}_2\text{O-N, fert}} = (m_{\text{fert}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}} - E_{\text{NO-N, fert}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, fert}} \quad (10.4)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O-N, fert}}$	emission of $\text{N}_2\text{O-N}$ directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}}$	emission of $\text{NH}_3\text{-N}$ due to the application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ ), see Chapter 10.1.2.1
$E_{\text{NO-N, fert}}$	emission of $\text{NO-N}$ directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ ), see below
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, fert}}$	emission factor for emissions of $\text{N}_2\text{O-N}$ due to mineral fertilizer application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ), see Chapter 10.1.2.2.2

For  $\text{NO}$ , the simpler methodology described in EMEP (2009)-4D-10 is applied. According to the definition of the emission factor,  $\text{NO}$  emissions are calculated as a proportion of the amount of N applied with fertilizers:

$\text{NO}$ -Emissionen werden nach dem einfacheren Verfahren aus EMEP (2009)-4D-10 berechnet. Entsprechend der Ableitung des Emissionsfaktors erfolgt dies proportional zur N-Menge im ausgebrachten Dünger:

$$E_{\text{NO-N, fert}} = m_{\text{fert}} \cdot EF_{\text{NO-N, fert}} \quad (10.5)$$

where

$E_{\text{NO-N, fert}}$	emission of $\text{NO-N}$ emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$EF_{\text{NO-N, fert}}$	emission factor for emissions of $\text{NO-N}$ due to mineral fertilizer application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{NO-N}$ ), see Chapter 10.1.2.2.2

The calculation of the amount of N available in the soil as basis for the calculation of emissions due to leaching requires also an estimate of the N losses by  $\text{N}_2$  emissions.

The  $\text{N}_2$  emissions are calculated in analogy to the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions:

Die Berechnung der im Boden verfügbaren N-Menge, die für die Berechnung der indirekten Emissionen aus Auswaschung benötigt wird, erfordert die Schätzung von  $\text{N}_2$ -Emissionen als Verlustglied.

Die  $\text{N}_2$ -Emissionen werden dazu in Analogie zur  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission berechnet:

$$E_{\text{N}_2\text{-N, fert}} = (m_{\text{fert}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}} - E_{\text{NO-N, fert}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{-N, fert}} \quad (10.6)$$

where

$E_{\text{NO-N, fert}}$	emission of $\text{N}_2$ directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}}$	emission of $\text{NH}_3\text{-N}$ due to the application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ ), see Chapter 10.1.2.1
$E_{\text{NO-N, fert}}$	emission of $\text{NO-N}$ directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ ), see below
$EF_{\text{N}_2\text{-N, fert}}$	emission factor for emissions of $\text{N}_2$ due to mineral fertilizer application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2$ ), see Chapter 10.1.2.2.2

#### 10.1.2.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

##### Nitrous oxide

Tier 1 methodology: IPCC(1996)-3-4.89

$$EF_{\text{fert, N}_2\text{O-N}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$$

##### Nitric oxide

Simpler methodology:

$$EF_{\text{fert, NO-N}} = 0.012 \text{ kg kg}^{-1} \text{NO-N}$$

The emission factor for  $\text{NO-N}$  is obtained by multiplying the EMEP emission factor of 0.026  $\text{NO}$  ( $\text{kg fertil}$ ).

##### Distickstoffoxid (Lachgas)

Stufe-1-Verfahren: IPCC(1996)-3-4.89

$$EF_{\text{fert, N}_2\text{O-N}} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$$

##### Stickstoffmonoxid

Einfacheres Verfahren:

$$EF_{\text{fert, NO-N}} = 0,012 \text{ kg kg}^{-1} \text{NO-N}$$

Der  $\text{NO-N}$ -Emissionsfaktor folgt direkt durch Multiplikation mit 14/30 aus dem in EMEP (2009)-4D, Table

izer-N)<sup>-1</sup> (EMEP, 2009-4D, Table 3-1) with 14/30. Other than stated in EMEP (2009)-4D, Table 3-1, this emission factor is based on Stehfest und Bouwman (2006). It was calculated from European data in Table 6 in Stehfest und Bouwman (2006) and represents the total of NO emissions from arable land and grassland, related to the amount of N input by the application of mineral fertilizers and manures.

#### *Dinitrogen*

The emission factor for N<sub>2</sub> is derived from the emission ratio normally observed for N<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O-N, i.e. between 7 and 8 kg kg<sup>-1</sup> (Rolston, 1978, Weier et al., 1993, Walenzik, 1996, Stevens and Laughlin, 1998, Smil, 1999, and literature cited therein; Rudaz et al., 1999, Cai et al., 2001; for contrasting information see also Mosier et al., 1986, Vermoesen et al., 1996, Mathieu et al., 2006, Liu et al., 2007). For a valuation of the range of these emissions see Van Cleemput (1998).

For the inventory, a N<sub>2</sub> emission factor of 0.1 kg kg<sup>-1</sup> N is used. It agrees with respective data mentioned in recent publications (see Oura et al., 2001).

#### *Uncertainty of emission factors*

##### *Nitrous oxide*

Fertilizer application: the order of magnitude may be correct for large areas (EMEP(2007)-B1010-26). The evaluation of German long-term experiments results in an emission factor which is slightly below default (slope 0.0072 kg kg<sup>-1</sup> with an intercept of about 2.3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N; Lægrevind and Aastveit, 2002). The overall procedure seems to be inappropriate<sup>17</sup>.

Leip et al. (2005) estimate an uncertainty of about 900 %. In contrast to this, IPCC (1996)-4.89 lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225 kg kg<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

##### *Nitric oxide*

EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, provides an uncertainty (95 % confidence interval) of 0,002 bis 0,049 kg kg<sup>-1</sup> NO-N (after conversion from NO to NO-N). No distribution type is mentioned by EMEP.

3-1, für NO angegebenen Emissionsfaktor von 0,026 kg NO (kg fertilizer-N)<sup>-1</sup>. Anders als in EMEP (2009)-4D, Table 3-1, angegeben geht dieser Emissionsfaktor auf Stehfest und Bouwman (2006) zurück. Er wurde aus Europa-Daten in Table 6 in Stehfest und Bouwman (2006) berechnet und entspricht der Summe aus NO-Emissionen aus Ackerland und Grünland bezogen auf die durch Mineral- und Wirtschaftsdünger zugeführte N Menge.

#### *Distickstoff*

Der Emissionsfaktor wird aus dem üblicherweise beobachteten Verhältnis von N<sub>2</sub> zu N<sub>2</sub>O-N abgeleitet, das etwa 7 bis 8 kg kg<sup>-1</sup> beträgt (Rolston, 1978, Weier et al., 1993, Walenzik, 1996, Stevens und Laughlin, 1998, Smil, 1999, und dort zit. Lit.; Rudaz et al., 1999, Cai et al., 2001; dagegen aber auch Mosier et al., 1986, Vermoesen et al., 1996, Mathieu et al., 2006, Liu et al., 2007). Zur Deutung der Spannbreite der Ergebnisse siehe Van Cleemput (1998).

Für das Inventar wird ein N<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 0,1 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Dieser Emissionsfaktor stimmt mit anderen aus der neueren Literatur überein (vgl. Oura et al., 2001).

#### *Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

##### *Distickstoffoxid (Lachgas)*

Düngeranwendung: Die Größenordnung ist wahrscheinlich zutreffend (EMEP(2007)-B1010-26); Auswertung deutscher Langzeitexperimente ergibt einen geringfügig kleineren Emissionsfaktor von 0,0072 kg kg<sup>-1</sup> bei einem Sockel von etwa 2,3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (Lægrevind und Aastveit, 2002); das Verfahren erscheint insgesamt als unangemessen<sup>17</sup>.

Leip et al. (2005) schätzen die Unsicherheit mit 900 %. In IPCC (1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird dagegen für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225 kg kg<sup>-1</sup> N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventaren (s. Kapitel 13.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

##### *Stickstoffmonoxid*

EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, gibt (umgerechnet von NO auf NO-N) einen Unsicherheitsbereich (95 %-Konfidenzintervall) von 0,002 bis 0,049 kg kg<sup>-1</sup> NO-N an. Der Verteilungstyp wird nicht angegeben.

<sup>17</sup> "The German sites show no correlation between applied N and emitted N-N<sub>2</sub>O..." (Jungkunst und Freibauer, 2005). N<sub>2</sub>O emissions decrease in Europe with increasing N application to cereals (Kasimir Klemetsson and Klemetsson, 2002). The direct emissions are likely to be overestimated as compared to the emissions from the soil N pool (Lampe et al., 2006)

*Dinitrogen*

The order of magnitude is likely to be correct. The likely uncertainty amounts to about 1000 %, its distribution is presumably lognormal.

*Distickstoff*

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig. Die Unsicherheit beläuft sich wahrscheinlich auf 1000 %, die Verteilung wird als lognormal angenommen.

**10.1.3 *CO<sub>2</sub> emissions from the application of urea / CO<sub>2</sub> -Emissionen aus der Harnstoff-Anwendung***

CO<sub>2</sub> emissions from the application of urea are not reported as originating from agricultural soils (CRF sector 4.D), but under landuse/landuse change (LULUC, CRF Table 5 IV). The calculation procedure is described in Haenel et al. (2010), Chapter 11.1.3.

Die Berichterstattung über CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Harnstoff-Anwendung erfolgt nicht im Bereich landwirtschaftlicher Böden (CRF-Bereich 4.D), sondern im Bereich Landnutzung/Landnutzungsänderungen (LULUC, CRF-Tabelle 5 IV). Zum Rechenverfahren siehe Haenel et al. (2010), Kapitel 11.1.3.

## 10.2 Application of animal manures / Wirtschaftsdüngeranwendung

Application of manures leads to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions.

$\text{NH}_3$  emissions from the application of animal manures are dealt with in the chapters dealing with animal husbandry (Chapters 4 to 9.8).

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils are a key source.

Die Ausbringung von Wirtschaftsdünger führt zu  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen.

$\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Anwendung von Wirtschaftsdüngern werden bei den Emissionen aus der Tierhaltung (Kapitel 4 bis 9.8) berechnet.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

### 10.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

N inputs into the soil resulting from the application of manure are calculated for each animal category according to the detailed methodology using the mass flow concept (see Chapter 3.2.4). It considers the amounts of N imported into the system both from excreta and straw and the emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ .

Due to lack of data on federal state level, N inputs to soil from buffalo, goats, and mules and asses can be taken into account only on national level.

The uncertainty of N amounts returned to soil by manure application is not known. An order of magnitude of 30 % is assumed (normal distribution). The uncertainty is interpreted as the standard error

Der N-Eintrag durch Wirtschaftsdünger in den Boden wird für jede Tierkategorie nach einem detaillierten Verfahren berechnet, das anhand des Massenfluss-Konzeptes (vgl. Kapitel 3.2.4) die ins System gelangenden N-Mengen aus Ausscheidungen und Stroh und die Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  berücksichtigt.

Die N-Einträge durch Büffel, Ziegen, Esel und Maultiere können mangels Daten auf Bundeslandebene nur auf nationaler Ebene berücksichtigt werden.

Die Unsicherheit von N-Einträgen durch die Ausbringung von Wirtschaftsdünger ist unbekannt. Die Größenordnung von 30 % wird angenommen. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert.

### 10.2.2 Emissions of $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ and $\text{N}_2$ / $\text{N}_2\text{O}$ -, $\text{NO}$ - and $\text{N}_2$ -Emissionen

#### 10.2.2.1 Method applied / Angewandte Methode

The direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  as well as  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions are calculated in analogy to the application mineral fertilizers (see Chapter 10.1.2.2) as follows:

For  $\text{N}_2\text{O}$ , a Tier 1 approach is used according to IPCC(1996)-4.92 ff. It calculates the  $\text{N}_2\text{O}$ -emission as proportional to the amount of N which results from the amount of N applied after subtracting the N losses by  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}$ :

Die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ - sowie  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen werden in Analogie zur Anwendung von Mineraldünger (s. Kapitel 10.1.2.2) wie folgt berechnet:

Für  $\text{N}_2\text{O}$  wird ein Stufe-1-Verfahren nach IPCC (1996)-4.92 ff angewandt. Dieses berechnet die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission proportional zur N-Menge, die von der ausgebrachten N-Menge nach Abzug der N-Verluste durch  $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}$ -Emissionen verbleibt:

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, man}} = (m_{\text{man}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, man}} - E_{\text{NO-N, man}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, man}} \quad (10.7)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O-N, man}}$	emission of $\text{N}_2\text{O}$ -N directly emitted from soils due to application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ )
$m_{\text{man}}$	amount of N applied with animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, man}}$	emission of $\text{NH}_3$ -N due to the application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ ), see Chapter 10.1.2.1
$E_{\text{NO-N, man}}$	emission of $\text{NO}$ -N directly emitted from soils due to application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ ), see below
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, man}}$	emission factor for emissions of $\text{N}_2\text{O}$ -N due to animal manure application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ), see Chapter 10.2.2.2

For NO, the simpler methodology described in EMEP (2009)-4D-10 is applied. According to the definition of the emission factor, NO emissions are calculated as a proportion of the amount of N applied with fertilizers:

$$E_{\text{NO-N, man}} = m_{\text{man}} \cdot EF_{\text{NO-N, man}} \quad (10.8)$$

where

$E_{\text{NO-N, man}}$	emission of NO-N emitted from soils due to application of animal manures (in Gg a <sup>-1</sup> NO-N)
$m_{\text{man}}$	amount of N applied with animal manures (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{NO-N, man}}$	emission factor for emissions of NO-N due to animal manure application (in kg kg <sup>-1</sup> NO-N), see Chapter 10.2.2.2

The calculation of the amount of N available in the soil as basis for the calculation of emissions due to leaching requires also an estimate of the N losses by N<sub>2</sub> emissions.

The N<sub>2</sub> emissions are calculated in analogy to the N<sub>2</sub>O emissions:

$$E_{\text{N}_2\text{-N, man}} = (m_{\text{man}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, man}} - E_{\text{NO-N, man}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{-N, man}} \quad (10.9)$$

where

$E_{\text{NO-N, man}}$	emission of N <sub>2</sub> directly emitted from soils due to application of animal manures (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> )
$m_{\text{man}}$	amount of N applied with animal manures (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{NH}_3\text{-N, man}}$	emission of NH <sub>3</sub> -N due to the application of animal manures (in Gg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N), see Chapter 10.1.2.1
$E_{\text{NO-N, man}}$	emission of NO-N directly emitted from soils due to application of animal manures (in Gg a <sup>-1</sup> NO-N), see below
$EF_{\text{N}_2\text{-N, man}}$	emission factor for emissions of N <sub>2</sub> due to animal manure application (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> ), see Chapter 10.2.2.2

#### 10.2.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

##### Nitrous oxide

Tier 1 methodology: IPCC(1996)-3-4.89  
 $EF_{\text{fert, N}_2\text{O-N}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$

##### Nitric oxide

Simpler methodology: Stehfest and Bouwman (2006), see Chapter 10.1.2.2.2:  
 $EF_{\text{fert, NO-N}} = 0.012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$

##### Dinitrogen

Simpler methodology: national  $EF$ , see Chapter 10.1.2.2.2  
 $EF_{\text{fert, N}_2} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$

#### Uncertainty of emission factors

##### Nitrous oxide

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225 kg kg<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter

NO-Emissionen werden nach dem einfacheren Verfahren aus EMEP (2009)-4D-10 berechnet. Entsprechend der Ableitung des Emissionsfaktors erfolgt dies proportional zur N-Menge im ausgebrachten Dünger:

Die Berechnung der im Boden verfügbaren N-Menge, die für die Berechnung der indirekten Emissionen aus Auswaschung benötigt wird, erfordert die Schätzung von N<sub>2</sub>-Emissionen als Verlustglied.

Die N<sub>2</sub>-Emissionen werden dazu in Analogie zur N<sub>2</sub>O-Emission berechnet:

##### Distickstoffoxid (Lachgas)

Stufe-1-Verfahren: IPCC(1996)-3-4.89  
 $EF_{\text{fert, N}_2\text{O-N}} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$

##### Stickstoffmonoxid

Einfacheres Verfahren: Stehfest und Bouwman (2006), siehe Kapitel 10.1.2.2.2:  
 $EF_{\text{fert, NO-N}} = 0,012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$

##### Distickstoff

Einfacheres Verfahren: nationaler  $EF$ , siehe Kapitel 10.1.2.2.2  
 $EF_{\text{fert, N}_2} = 0,1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$

#### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

##### Distickstoffoxid (Lachgas)

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225 kg kg<sup>-1</sup> N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (s. Kapitel

13.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

#### *Nitric oxide*

According to EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, the uncertainty (95 % confidence interval) ranges from 0.002 to 0.049 (converted from NO to NO-N). No frequency distribution type is given.

#### *Dinitrogen*

The order of magnitude is likely to be correct. The likely uncertainty amounts to about 1000 %, its distribution is presumably lognormal.

13.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

#### *Stickstoffmonoxid*

EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, gibt (umgerechnet von NO auf NO-N) einen Unsicherheitsbereich (95 %-Konfidenzintervall) von 0,002 bis 0,049 an. Der Verteilungstyp wird nicht angegeben.

#### *Distickstoff*

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig. Die Unsicherheit beläuft sich wahrscheinlich auf 1000 %, die Verteilung wird als lognormal angenommen.

### 10.3 Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen

IPCC 1996 (pg. 4.89) recommends not to calculate emissions (“...except for sewage sludge application.... These sources ... are not estimated because emissions are negligible or data are insufficient.”).

In IPCC 2000, the knowledge gained recommended to treat sewage sludge in the same way as mineral fertilizer and animal manure. Hence, according to IPCC(2006)-11.7, this inventory accounts for N inputs with sewage sludge as sources of direct N<sub>2</sub>O emissions. By analogy to the application of mineral fertilizers and animal manures, the emission factor is taken from IPCC (1996).

Direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

IPCC 1996 empfiehlt, Emissionen aus der Anwendung von Klärschlämmen nicht zu berechnen (IPCC 1996, pg. 4.89: “...except for sewage sludge application.... These sources ... are not estimated because emissions are negligible or data are insufficient.”)

In IPCC 2000 führt die aktuellere Erkenntnis zur Empfehlung, Klärschlämme wie Mineral- und Wirtschaftsdünger zu behandeln. Daher berücksichtigt dieses Inventar nach IPCC(2006)-11.7 N-Einträge aus Klärschlämmen als Quelle direkter N<sub>2</sub>O-Emissionen. Analog zur Ausbringung von Mineral und Wirtschaftsdünger wird der Emissionsfaktor nach IPCC (1996) verwendet.

Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

#### 10.3.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amounts of N applied with sewage sludge to agricultural systems are assessed from the amounts produced in each single federal state (Schultheiß et al., 2000, and references cited therein; MNULV, 2001), the portion which is applied to agricultural soils, and the respective N content (DWA, 2004) according to:

Die N-Mengen, die mit Klärschlämmen in landwirtschaftliche Systeme eingetragen werden, ergeben sich aus dem Klärschlamm-Aufkommen je Bundesland (Schultheiß et al., 2000, und dort zit. Lit.; MNULV 2001), dem Anteil, der landwirtschaftlich verwertet wird, und dem jeweiligen N-Gehalt der Schlämme (DWA, 2004) gemäß:

$$F_{SS} = m_{SS} \cdot x_{agr} \cdot x_{FS} \cdot (x_{WS} \cdot c_{N,WS} + x_{DHS} \cdot c_{N,DHS} + x_{LS} \cdot c_{N,LS} + x_{DS} \cdot c_{N,DS}) \quad (10.10)$$

where

$F_{SS}$	nitrogen input with sewage sludge (in Mg a <sup>-1</sup> N)
$m_{SS}$	sewage sludge produced (national total) (in Mg a <sup>-1</sup> DM)
$x_{agr}$	fraction of sewage sludge applied in agriculture (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$x_{FS}$	fraction of sewage sludge applied in a single federal state (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$x_{WS}$	fraction of wet sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$c_{N,WS}$	nitrogen content of wet sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> N)
$x_{DHS}$	fraction of dehydrated sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$x_{LS}$	fraction of limed sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$x_{DS}$	fraction of dried sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )

A data set which was derived from this information was provided by Umweltbundesamt (Section III 3.3). Since 2009 the Statistische Bundesamt (Referat G 202) is responsible to provide these data. They are generated for reporting of the recycling of sewage sludge to the EU in compliance with directive 86/278/EEC (EEC, 1986). The reporting frequency is once in three years.

Die hieraus abgeleiteten Daten wurden vom Umweltbundesamt bereitgestellt (Fachgebiet III 3.3). Seit 2009 ist für die Bereitstellung der Daten das Statistische Bundesamt zuständig (Referat G 202). Die Daten werden für die Berichtspflicht gegenüber der EU zu Verwertung von Klärschlämmen erarbeitet. Rechtsgrundlage ist die Richtlinie 86/278/EWG (EEC, 1986). Die Berichte werden dreijährlich erstellt.

Table 10.5 and Table 10.6 give a review on the raw data available:

Both the amounts of sewage sludge produced and the amounts used in agriculture are available as incomplete time series as national totals for the time between 1991 and 2000. For 1995 and since 1998, data for single federal states is available.

The data provided by the City States were too incomplete to be utilised.

Table 10.5 und Table 10.6 geben einen Überblick über die verfügbaren Rohdaten:

Klärschlamm-Mengen und landwirtschaftlich genutzte Klärschlamm-Mengen liegen seit 1991 als unvollständige Zeitreihen für das gesamte Bundesgebiet vor. Für 1995 und seit 1998 sind Daten für Bundesländer verfügbar.

Die Informationen zu den Stadtstaaten waren so unvollständig, dass sie nicht ausgewertet wurden.

Table 10.5: Sewage sludge applied within agriculture (in Gg a<sup>-1</sup> dry matter) (statistical data)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW						106			83	83	76	63	52	52	39	28	19	8	6	
BY						159			141	138	128	98	86	84	73	63	60	57	53	
BB						16			26	23	20	17	21	17	17	15	16	17	25	
HE						76			68	67	63	64	55	58	53	42	43	51	53	
MV						9			22	29	32	31	27	25	26	46	46	35	52	
NS						198			173	179	176	157	164	170	162	152	149	144	138	
NW						168			146	157	166	128	133	126	121	117	107	101	97	
RP						57			56	57	65	69	66	64	63	64	61	61	76	
SL						6			4	5	5	5	5	5	5	5	4	7	7	
SN						10			1	7	8	5	5	6	2	4	4	4	12	
ST						22			37	26	29	28	23	27	26	22	21	16	18	
SH						81			67	70	70	73	73	69	65	66	61	63	62	
TH						6			6	8	8	7	7	11	12	11	10	10	16	
StSt						20			13	14	16	12	10	10	9	9	11	11	12	
Germany		732	699			941		910	842	862	862	759	727	723	672	645	613	583	627	

Source: Umweltbundesamt, reports to EU; Schultheiß et al., 2000.

Table 10.6: Sewage sludge, nitrogen content (in g kg<sup>-1</sup> N, related to dry matter) (statistical data)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW									28.2	29.2	32.2	34.1	38.9	35.1	40.8	36.4	36.1	42.1	38.4	
BY									39.0	36.0	39.5	40.4	39.9	42.1	44.6	47.1	45.8	45.2	45.2	
BB									36.8	43.8	33.9	37.0	39.6	41.9	46.1	48.2	55.6	53.2	52.4	
HE									30.5	29.8	29.6	27.7	30.6	31.6	32.0	34.3	33.2	31.6	33.5	
MV									48.1	50.5		51.4	51.0	57.3	54.1	46.9	46.9	43.9	45.5	
NS									53.6	53.7	55.3	56.3	56.4	56.1	56.8	58.4	60.6	65.3	58.9	
NW									35.0	36.0	31.0	33.0	29.0	32.0	32.0	33.0	29.0	33.8	33.1	
RP									33.9	31.5	33.1	31.1	34.4	36.8	37.2	39.1	39.7	39.7	40.9	
SL									42.4	42.0	40.5	44.1	44.2	50.7	46.6	45.1	42.6	44.8	53.2	
SN									30.0	26.0	27.0	36.0	25.0	22.0	37.0	35.0	35.0	35.0	36.0	
ST									32.7	30.5	29.5	44.7	29.5	42.6	43.5	38.3	43.2	37.0	47.0	
SH									17.3	6.2	26.0	27.0	25.0	24.0	28.0	27.0	37.0	30.0	32.0	
TH									29.0	33.0	31.0	33.0	36.0	38.0	35.0	35.0	40.0	37.0	44.0	
StSt																				
Germany									37.5	36.6	38.3	39.4	38.8	40.5	42.0	42.5	43.9	44.5	44.1	

Source: Umweltbundesamt, reports to EU; Schultheiß et al., 2000.

In the time series for national activities, missing data were replaced by those from previous years. For 1990, data from 1991 were used.

The missing N contents before 1998 were replaced by the mean concentrations from 1998 for each Federal State.

In Mecklenburg-Vorpommern the amount of sewage sludge was available for 2000, but not the respective N content. The N content of 1999 was combined with the amount spread to estimate the amount of N applied.

The missing information of the amount of sewage sludge applied in the Federal States from 1990 until 1994 and 1996 until 1997 were replaced in the following way: the fraction of the amount applied in each federal state in 1995 of the total amount of sewage sludge applied in 1995 in Germany was multiplied by the amount of sewage sludge that was applied in the whole of Germany in the missing years. Multiplying by N contents allowed to complete the N amount applied in the concerning years in the Federal States.

Data gaps at the end of the time series are closed by adopting the value last reported.

Bei den Zeitreihen der nationalen Aktivitäten wurden fehlende Werte durch Vorjahreswerte ersetzt. Für 1990 wurde der Wert für 1991 angesetzt.

Für die fehlenden N-Gehalte der Schlämme vor 1998 wurde in den Ländern jeweils der Wert von 1998 angenommen.

In Mecklenburg-Vorpommern war für das Jahr 2000 die Klärschlamm Menge, aber kein N-Gehalt verfügbar. Hier wurde der N-Gehalt von 1999 eingesetzt und die ausgebrachte N Menge vervollständigt.

Die fehlenden Angaben der ausgebrachten Menge an Klärschlämmen in den Ländern von 1990 bis 1994 und 1996 bis 1997 wurden folgendermaßen ersetzt: Der Anteil der 1995 im jeweiligen Bundesland ausgebrachten Menge an der insgesamt 1995 in Deutschland ausgebrachten Klärschlammmenge wurde mit der in den fehlenden Jahren in ganz Deutschland ausgebrachten Klärschlammmenge multipliziert. Durch Multiplikation mit den N-Gehalten konnte dann auch die ausgebrachte N Menge in den betroffenen Jahren für die Bundesländer vervollständigt werden.

Für am Ende der Zeitreihe fehlende Daten werden die letzten berichteten Werte eingesetzt.



The uncertainty of the sewage sludge data is not known. The preliminary assumption is that officially recorded data do not deviate more than 20 %, with a mean of 10 %. The N contents reported should have a similar uncertainty: for the emission inventory the boundaries of the 95 % confidence interval are assumed to be located at  $\pm 20$  % of the mean. A normal distribution is assumed.

Die Unsicherheit der Klärschlamm-Daten ist unbekannt. Vorläufig wird angenommen, dass offiziell gemeldete Mengen mit einem Fehler von höchstens 20 %, im Mittel von 10 % behaftet sind. Die Unsicherheit der N-Gehalte sollte in der gleichen Größenordnung liegen: Für das Emissionsinventar werden die 95%-Konfidenzintervall-Grenzen mit  $\pm 20$  % des Mittelwertes angesetzt. Die Verteilung ist normal.

### 10.3.2 $N_2O$ Emissions / $N_2O$ -Emissionen

The direct  $N_2O$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $N_2O$  emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

For the direct  $N_2O$  emissions, IPCC(2006)-11.7 provide a Tier 1 methodology with the following equation:

Die direkten  $N_2O$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $N_2O$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

IPCC(2006)-11.7 gibt für die direkten  $N_2O$ -Emissionen ein Stufe-1-Verfahren mit folgender Gleichung vor:

$$E_{N_2O, SS} = F_{SS} \cdot x_{GASM} \cdot EF_{N_2O, SS} \cdot \gamma_{N_2O} \quad (10.11)$$

where

$E_{N_2O, SS}$	emission flux of $N_2O$ directly emitted from soils (application of sewage sludge) (in $Gg\ a^{-1}\ N_2O$ )
$F_{SS}$	amount of nitrogen spread with sewage sludge (in $Gg\ a^{-1}\ N$ )
$x_{GASM}$	fraction of N lost as $NH_3$ and NO (in $kg\ kg^{-1}\ N$ )
$EF_{N_2O, SS}$	emission factor for $N_2O$ (application of sewage sludge) (in $kg\ kg^{-1}\ N_2O-N$ ), see below
$\gamma_{N_2O}$	mass conversion factor ( $\gamma_{N_2O} = 44/28\ g\ g^{-1}\ mol\ mol^{-1}$ )

The application of the emission factor for mineral fertilizers appears to be plausible. According to IPCC(2006)-11.11 it is  $0.0125\ kg\ kg^{-1}\ N_2O-N$ .

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to  $0.0225\ kg\ kg^{-1}\ N$ . The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

Die Anwendung des Emissionsfaktors für Mineraldünger erscheint plausibel. Er beträgt nach IPCC(2006)-11.11  $0,0125\ kg\ kg^{-1}\ N_2O-N$ .

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis  $0,0225\ kg\ kg^{-1}\ N$  angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (s. Kapitel 13.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

#### 10.4 Histosols (managed organic soils) / Bewirtschaftete organische Böden (chem. Moorflächen)

The agricultural soil use of histosols results in N<sub>2</sub>O losses due to soil degradation. The amount emitted strongly depends on soil type, intensity of management and climate. However, these processes cannot be covered in detail by the simple methodology provided by IPCC for the calculation of the inventory. This calculation procedure relates N<sub>2</sub>O emissions to the area of managed organic soils.

Direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

Die Bewirtschaftung organischer Böden führt zu N<sub>2</sub>O-Verlusten als Folge ihrer Degradierung. Das Ausmaß dieser Emissionen hängt stark vom Bodentyp, der Intensität der Nutzung und Klima ab. Für die Inventarerstellung steht allerdings nur ein einfaches Verfahren zur Verfügung, das die N<sub>2</sub>O-Emissionen proportional zur Fläche der bewirtschafteten organischen Böden berechnet.

Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

##### 10.4.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The area of managed organic soils area was taken from the data set used for the calculation of the emission inventory for land use and land use change (Gensior, 2010, personal communication).

These area data are available for each federal state and year.

Estimates of the uncertainty of these data are not yet available. Temporarily, an uncertainty (standard error) of 10 % and a normal distribution are assumed.

Die Flächenangaben wurden aus den Daten zur Erstellung der Emissionsinventare für Landnutzung und Landnutzungsänderungen übernommen (Gensior 2010, persönliche Mitteilung).

Es liegen für jedes Bundesland in jedem Jahr Flächenangaben vor.

Aussagen zur Unsicherheit der Daten können noch nicht gemacht werden. Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von 10 % mit normaler Verteilung.

##### 10.4.2 Emissions of N<sub>2</sub>O / N<sub>2</sub>O-Emissionen

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

The direct N<sub>2</sub>O emissions are calculated as follows (IPCC(1996)-3-4.92, IPCC(2006)-11.6 ff):

$$E_{\text{N}_2\text{O, hist}} = A_{\text{hist}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O, hist}} \cdot \beta \quad (10.12)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O, hist}}$	emission flux of N <sub>2</sub> O directly emitted from soils (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$A_{\text{hist}}$	area of histosols (in ha)
$EF_{\text{N}_2\text{O, hist}}$	emissions factor for N <sub>2</sub> O emissions from cultivated organic soils
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )

According to IPCC(2000)-4.60 and IPCC(2006)-11.10 f an emission factor of 8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N is used.

IPCC(2006)-11.11 lists an uncertainty range from 2 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N to 24 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval.

This interval is used to describe the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.6) according to IPCC(2006)-6.14, and amounts to 200 % of the emission factor.

The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor is 75 % of the emission factor used.

A lognormal distribution is assumed.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden wie folgt berechnet (IPCC(1996)-3-4.92, IPCC(2006)-11.6 ff):

Nach IPCC(2000)-4.60 und IPCC(2006)-11.10 f beträgt der Emissionsfaktor 8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N.

In IPCC(2006)-11.11 gibt einen Unsicherheitsbereich zwischen 2 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N und 24 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N an, der als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst wird.

Damit entspricht das nach IPCC (2000)-6.14 in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (s. Kap. 13.6) eingehende Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 200 % des Emissionsfaktors. Das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor beträgt 75 % des verwendeten Emissionsfaktors. Es wird von einer lognormalen Verteilung ausgegangen.

## 10.5 Emissions of particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) from arable land / Staubemissionen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub>) aus der Bewirtschaftung von Ackerland

The cultivation of arable and grassland causes emissions of particulate matter. Both the amount and the frequency distribution of particle diameters depend on the emitting process, crop, soil and weather.

EMEP(2009)-4D-13 describes a Tier 2 methodology for the assessment of particle emissions from area sources in agriculture. However, this methodology requires knowledge of the number of times the emitting practices are carried out, which is not available for Germany. Hence, the Tier 1 methodology described in (EMEP(2009)-4D-10 f) is used. The approach deals with arable land only. It only allows for a first estimate of the order of magnitude to be expected for these emissions.

Bei der Bewirtschaftung von Ackerland und Grünland werden Stäube emittiert. Die Menge und die Korngrößenverteilung hängen vom Arbeitsvorgang, der Feldfrucht, dem Boden und dem Wetter ab.

EMEP(2009)-4D-13 beschreibt eine Stufe-2-Vorschrift zur Berechnung von Staub-Emissionen aus landwirtschaftlichen Flächenquellen. Da die Häufigkeiten der PM-Emissionen erzeugenden Aktivitäten für Deutschland aber nicht bekannt sind, werden die PM-Emissionen nach der Stufe-1-Methode (EMEP(2009)-4D-10 f) berechnet. Das Verfahren schätzt ausschließlich Emissionen aus Ackerland. Es ermöglicht lediglich eine erste Schätzung der Größenordnung der Emissionen.

### 10.5.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The respective areas are provided by official statistics. (StatBA FS 3, R 3.1.2) (before 2005: FS 3, R 1.1.1). The areas of horticultural land are regarded as arable land.

Quantitative judgements of the activity data uncertainty do not exist (communicated by Statistisches Bundesamt). An uncertainty (standard error) of < 5 % is assumed, distribution normal.

Das Statistische Bundesamt stellt Ackerlandflächen bereit (StatBA FS 3, R 3.1.2) (vor 2005: FS 3, R 1.1.1). Die Flächen für Gemüseanbau werden dem Ackerland zugeordnet.

Quantitative Aussagen zur Unsicherheit der Aktivitätsdaten liegen nicht vor (Mitt. Statistisches Bundesamt). Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von < 5 % mit Normalverteilung.

### 10.5.2 Assessment of emissions of particulate matter / Bestimmung der Staub-Emission

The emissions are calculated according to EMEP(2009)-4D-11. The emission factors are taken from EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1.

Die Emissionen werden nach EMEP(2009)-4D-11 berechnet, wobei die Emissionsfaktoren aus EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1, entnommen werden.

$$E_{PM10, crop} = \sum A_a \cdot EF_{PM10, crop} \cdot \beta \quad (10.13)$$

$$E_{PM2.5, crop} = \sum A_a \cdot EF_{PM2.5, crop} \cdot \beta \quad (10.14)$$

where

$E_{PM10, crop}$	PM <sub>10</sub> emission flux from cropped areas (in Gg a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub> )
$E_{PM2.5, crop}$	PM <sub>2.5</sub> emission flux from cropped areas (in Gg a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub> )
$A_a$	area of arable land (in ha)
$EF_{PM10, crop}$	emission factor ( $EF_{PM10, crop} = 1.56 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ )
$EF_{PM2.5, crop}$	emission factor ( $EF_{PM2.5, crop} = 0.06 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ )
$\beta$	mass units conversion ( $\beta = 10^{-6} \text{ Gg kg}^{-1}$ )

The emission factors of this methodology do not include emissions from fertilizer, pesticides or from grassland (e. g. hay making).

The uncertainty of the emission factors is defined by EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1: the 95 % confidence interval for PM<sub>10</sub> is given by 0.78 und 7.8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, for PM<sub>2.5</sub> by 0.03 und 0.3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Hence, the difference between the lower boundary of the 95 % confidence interval and the mean emission factor is 50 % of the mean emission factor, while the difference between the upper boundary and the mean emission factor is 400 % of the mean emission factor. According to

Die Emissionsfaktoren schließen Emissionen aus Düngieranwendung, Pestiziden und aus Grünlandflächen (z. B. durch Heumachen) nicht ein.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren gibt EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1 an, dass die Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalles bei 0.78 und 7.8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für PM<sub>10</sub> und 0.03 und 0.3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für PM<sub>2.5</sub> liegen. Dies bedeutet, dass die Differenz zwischen der Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalls und dem verwendeten mittleren Emissionsfaktor 50 % des Emissionsfaktors beträgt, wohingegen die Differenz zwischen Emissionsfaktor und oberer Konfidenzintervallgrenze bei 400 %

IPCC (2006) the higher of these two values has to be used in the Tier 1 emission uncertainty calculation. This implies a standard error of the emission factor of  $0,5 \cdot 400 \% = 200 \%$ .

The distribution is asymmetric (lognormal distribution).

liegt. Da nach IPCC (2000) der größere dieser beiden Prozentwerte für die Tier-1-Unsicherheitsberechnung zu verwenden ist, ergibt sich der dafür anzusetzende Standardfehler zu  $0,5 \cdot 400 \% = 200 \%$  des mittleren Emissionsfaktors.

Es liegt eine asymmetrischen Verteilung vor (Log-normal-Verteilung).

#### 10.6 Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

For the intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries see Chapter 11.6.

Zum Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten wird auf Kapitel 11.6 verwiesen.

#### 10.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 10.7: Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	NH <sub>3</sub> , mineral fertilizer	EM1001.01	
		N <sub>2</sub> O mineral fertilizer	EM1001.02	
		NO, mineral fertilizer	EM1001.07	
		CO <sub>2</sub> , mineral fertilizer	EM1001.15	
		N <sub>2</sub> O, animal manure	EM1001.03	
		NO, animal manure	EM1001.08	
		N <sub>2</sub> O, sewage sludge	EM1001.04	
		N <sub>2</sub> O, histosols	EM1001.05	
		PM <sub>10</sub> , arable land	EM1001.16	
		PM <sub>2,5</sub> , arable land	EM1001.17	
Activity data	Aktivitäten	mineral fertilizer	AC1001.01	AC1001.06
		animal manure	AC1001.07	AC1001.09
		sewage sludge	AC1001.10	
		histosols	AC1001.11	
		areas, arable and grassland	AC1001.12	AC1001.17
Emission factors	Emissionsfaktoren	NH <sub>3</sub> , mineral fertilizer	IEF1001.01	
		N <sub>2</sub> O mineral fertilizer	IEF1001.02	
		NO, mineral fertilizer	IEF1001.06	
		N <sub>2</sub> O, animal manure	IEF1001.03	
		NO, animal manure	IEF1001.07	
		N <sub>2</sub> O, sewage sludge	IEF1001.04	
		N <sub>2</sub> O, histosols	IEF1001.05	
		PM <sub>10</sub> , arable land	IEF1001.11	
		PM <sub>2,5</sub> , arable land	IEF1001.12	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1001.01	AI1001.04

## 11 Emissions from cultures without fertilizers / Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen

The assessment of emissions from areas without intentional nitrogen fertilisation comprises the following sources:

- biological N fixation: legumes,
- excreta from grazing animals returned to the soil,
- crop residues and
- indirect emissions from depositions of reactive N originating from agriculture.

The emissions are calculated on the national level according to the procedures compiled in Table 11.1. (Calculations with higher spatial resolution (districts) are possible only for the years 1999 and 2003 as only for those years the input data needed for higher-resolution calculations are available.)

Die Erfassung der Emissionen aus Flächen ohne absichtliche Stickstoff-Düngung berücksichtigt die folgenden Quellen:

- biologische N-Fixierung: Leguminosenanbau,
- tierische Ausscheidungen auf der Weide,
- Ernterückstände und
- indirekte Emissionen aus Depositionen von reaktivem N aus der Landwirtschaft.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt auf nationaler Ebene nach den in Table 11.1 zusammengestellten Verfahren. (Eine Berechnung in höherer räumlicher Auflösung (Kreise) kann nur für die Jahre 1999 und 2003 durchgeführt werden, da nur für diese Jahre die entsprechenden Eingangsdaten vorliegen.)

Table 11.1: Cultures without fertilizers, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
NH <sub>3</sub>	legumes	2	EMEP	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO	legumes	1	IPCC	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	animal grazing	1	IPCC	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO	crop residues	1	IPCC	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O	indirect, deposition	1	IPCC	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O	indirect, leaching	1	IPCC	states	national	1 a

### 11.1 Biological N fixation: legumes / Biologische N-Fixierung: Leguminosenanbau

Biological N fixation leads to NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions. NO emissions from biological fixation are not reported as neither IPCC nor EMEP (2009) provide a calculation methodology.

Biological N fixation worth considering takes place in legumes only.

Direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

Biologische N-Fixierung führt zu NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O- und N<sub>2</sub>-Emissionen. NO-Emissionen aus dem Leguminosenanbau werden nicht berichtet, da weder IPCC noch EMEP (2009) hierfür eine Methode angeben.

Biologische N-Fixierung findet in nennenswertem Umfang nur durch Leguminosen statt.

Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

#### 11.1.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amount of nitrogen fixed biologically is considered the actual activity. It is obtained from the area cultivated with a legume and the specific N fixation rate.

The German inventory also takes clover-grass and alfalfa-grass mixtures into account. Double counting of the relevant areas is avoided.

##### Area under cultivation:

StatBA FS 3, R 3.1.2 (arable land, permanent grassland) (before 2005: FS 3, R 1.1.1), for each year

The German methodology uses the mean N fixation of legumes listed in Faustzahlen (1993), pg. 277 and Laber (2005), pg. 86:

Als eigentliche Aktivitätsgröße wird der biologisch gebundene Stickstoff angesehen. Er errechnet sich aus den Anbauflächen und der spezifischen N-Fixierungsrate.

Deutschland berücksichtigt auch die Flächen von Klee-Gras- und Luzerne-Gras-Gemischen. Eine Doppelzählung dieser Mengen wird vermieden.

##### Anbauflächen:

StatBA FS 3, R 3.1.2 (Ackerland, Dauergrünland) (vor 2005: FS 3, R 1.1.1), für jedes Jahr

Das deutsche Verfahren berücksichtigt die in den Faustzahlen (1993), S. 277 und in Laber (2005), S. 86, gemachten Angaben über die durchschnittliche N-Fixierung von

• Pulses	270 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N,	• Hülsenfrüchten	270 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N,
• clover, grass clover and clover alfalfa mixtures	200 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	• Klee, Klee-Gras- und Klee-Luzerne-Gemischen	200 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N
• alfalfa	300 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	• Luzerne	300 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N
• horticultural peas	100 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	• Gemüseerbsen	100 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N
• horticultural beans	40 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	• Gemüsebohnen	40 kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N

#### Uncertainty of activity data

Areas: Quantitative judgements of the areas reported do not exist for Germany (communicated by Statistisches Bundesamt).

EMEP(2007)-B1020-14 assumes that the typical uncertainty falls below 10 %. Assumed are 5 %, distribution: normal.

For N contents of crop residues of legumes the uncertainty is likely to be less than 25 % (EMEP(2007)-B1020-14). The inventory uses an uncertainty of 25 %. Normal distribution is assumed.

#### Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Flächen: Quantitative Aussagen zur Genauigkeit der Flächenermittlung liegen für Deutschland nicht vor (Mitt. Statistisches Bundesamt).

EMEP(2007)-B1020-14 geht davon aus, dass der typische Fehler < 10 % ist. Angenommen werden 5 %, Verteilung: normal.

Die N-Gehalte der Ernterückstände in Leguminosen weisen wahrscheinlich eine Unsicherheit (Standardfehler) von weniger als 25 % auf (EMEP(2007)-B1020-14). Das Inventar geht von 25 % aus. Angenommene Verteilung: normal.

### 11.1.2 Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 11.1.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

A detailed calculation procedure for ammonia is described in (EMEP(2007)-B1020-12). In principle, it is applied to the other gases by analogy.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

EMEP(2007)-B1020-12 beschreibt eine detaillierte Methode für Ammoniak. Sie wird sinngemäß auch auf die anderen Gase angewendet.

$$E_{\text{NH}_3, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{NH}_3, \text{NF}} \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{NH}_3} \quad (11.1)$$

$$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}} \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.2)$$

$$E_{\text{N}_2, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{N}_2, \text{NF}} \cdot \beta \quad (11.3)$$

where

$E_{\text{NH}_3, \text{NF}}$	NH <sub>3</sub> emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)
$A_i$	area of a crop i (in ha)
$m_{\text{N}, i}$	nitrogen fixed by crop i (in kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{NH}_3, \text{NF}}$	NH <sub>3</sub> -N emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )
$\gamma_{\text{NH}_3}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NH}_3} = 17/14$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> )
$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}}$	N <sub>2</sub> O emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)
$EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}}$	N <sub>2</sub> O emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> )
$E_{\text{N}_2, \text{NF}}$	N <sub>2</sub> emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)
$EF_{\text{N}_2, \text{NF}}$	N <sub>2</sub> emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> -N)

#### 11.1.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

The following emission factors are used (note that the emission factors for N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> are adopted from the application of N fertilizers, see Chapter 10.1.2.2.2):

##### *Ammonia*

Detailed methodology, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{N, NH_3} = 0.01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$$

##### *Nitrous oxide*

Simpler methodology, see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{N, N_2O} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### *Dinitrogen*

Simpler methodology: see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{N, N_2} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### *Uncertainty of emission factors*

##### *Ammonia*

For the NH<sub>3</sub> emission factor, EMEP(2007)-B1020-14 assumes an uncertainty of 10 %. This value is taken to be the standard error within a normal distribution.

##### *Nitrous oxide*

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225 kg kg<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval.

The symmetry allows the use of a normal distribution.

##### *Dinitrogen*

The order of magnitude is likely to be correct. The likely uncertainty amounts to about 1000 %, its distribution is presumably lognormal.

Folgende Emissionsfaktoren werden verwendet, wobei für N<sub>2</sub>O und N<sub>2</sub> auf die Faktoren aus der N-Dünger-Ausbringung (Kapitel 10.1.2.2.2) zurückgegriffen wird:

##### *Ammoniak*

Detailliertes Verfahren, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{N, NH_3} = 0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$$

##### *Distickstoffoxid (Lachgas)*

Einfacheres Verfahren, siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{N, N_2O} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### *Distickstoff*

Einfacheres Verfahren: siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{N, N_2} = 0,1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### *Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

##### *Ammoniak*

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors wird nach EMEP(2007)-B1020-14 mit 10 % angesetzt. Dieser Wert wird als Standardfehler interpretiert.

##### *Distickstoffoxid (Lachgas)*

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225 kg kg<sup>-1</sup> angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (s. Kapitel 13.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

##### *Distickstoff*

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig. Die Unsicherheit beläuft sich wahrscheinlich auf 1000 %, die Verteilung ist wahrscheinlich lognormal.

## 11.2 Emissions of from excretions during grazing / Emissionen aus tierischen Ausscheidungen auf der Weide

N excretions during grazing lead to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions.

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils are a key source.

Aus den tierischen Ausscheidungen beim Weidegang folgen  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

### 11.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are considered proportional to the N input with excreta, see Chapter 11.2.2.1.

N excretions are described in Chapters 4 to 8 for each animal category. Animal excreta dropped during grazing are calculated as a function of the duration of grazing. Considering that the N fluxes of importance are described with a comparatively high accuracy, the uncertainty (standard error) should be in the order of magnitude of 20 %, with normal distribution.

$\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen aufgrund von Weidegang werden proportional zur Menge des auf der Weide ausgeschiedenen N berechnet, siehe Kapitel 11.2.2.1.

Die N-Ausscheidungen werden in den Kapiteln 4 bis 8 für jede Tierkategorie beschrieben. Der auf die Weide entfallende Anteil wird für alle Tierkategorien mit Weidegang als Funktion der Weidedauer berechnet. Berücksichtigt man, dass die mengenmäßig bedeutenden N-Flüsse recht genau beschrieben werden, so sollte der Fehler (Standardfehler) in der Größenordnung von 20 %, normal verteilt, liegen.

### 11.2.2 Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 11.2.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

$\text{NH}_3$  emissions from excretions during grazing are dealt with in Chapters 4 to 8 for each animal category.

Die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Die ebenfalls entstehenden  $\text{NH}_3$ -Emissionen werden in den Kapiteln 4 bis 8 für jede Tierkategorie behandelt.

For direct  $\text{N}_2\text{O}$  as well as  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ , the calculation structure according to IPCC (2006) -11.6 ff is used. It allows for the differentiation between animal categories and provides two different emission factors. The same set of equations can be used to calculate emissions according to IPCC(1996), where the two factors are treated as equals. The emission factors used are listed in Chapter 11.2.2.2.

Das Inventar verwendet für die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ - sowie die  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen eine Gleichungsstruktur nach IPCC (2006) -11.6 ff, die es ermöglicht, zwei nach Tierkategorien unterschiedene Emissionsfaktoren zu benutzen. Der Gleichungssatz ist unmittelbar auch für IPCC (1996) anwendbar, indem jeweils die beiden Emissionsfaktoren gleich gesetzt werden. Zu den verwendeten Emissionsfaktoren siehe Kapitel 11.2.2.2.

$$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{graz}} = (m_{\text{N}, \text{graz}, 1} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{graz}, 1} + m_{\text{N}, \text{graz}, 2} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{graz}, 2}) \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.4)$$

$$E_{\text{NO}, \text{graz}} = (m_{\text{N}, \text{graz}, 1} \cdot EF_{\text{NO}, \text{graz}, 1} + m_{\text{N}, \text{graz}, 2} \cdot EF_{\text{NO}, \text{graz}, 2}) \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{NO}} \quad (11.5)$$

$$E_{\text{N}_2, \text{graz}} = (m_{\text{N}, \text{graz}, 1} \cdot EF_{\text{N}_2, \text{graz}, 1} + m_{\text{N}, \text{graz}, 2} \cdot EF_{\text{N}_2, \text{graz}, 2}) \cdot \beta \quad (11.6)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{graz}}$	$\text{N}_2\text{O}$ emission due to animal grazing (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O}$ )
$m_{\text{N}, \text{graz}, 1}$	amount of N excreted during grazing of cattle, buffalo, pigs and poultry (in $\text{kg a}^{-1} \text{N}$ )
$EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{graz}, 1}$	$\text{N}_2\text{O}$ emission factor for grazing (cattle, buffalo, pigs and poultry) (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ )
$m_{\text{N}, \text{graz}, 2}$	amount of N excreted during grazing of sheep, goats and horses (in $\text{kg a}^{-1} \text{N}$ )
$EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{graz}, 2}$	$\text{N}_2\text{O}$ emission factor for grazing (sheep, goats and horses) (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ )
$\beta$	mass units conversion ( $\beta = 10^{-6} \text{Gg kg}^{-1}$ )
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \text{g g}^{-1} \text{mol mol}^{-1}$ )



$E_{\text{NO, graz}}$	NO emission due to animal grazing (in Gg a <sup>-1</sup> NO)
$EF_{\text{NO, graz, 1}}$	NO emission factor for grazing (cattle, buffalo, pigs and poultry) (in kg kg <sup>-1</sup> NO-N)
$EF_{\text{NO, graz, 2}}$	NO emission factor for grazing (sheep, goats and horses) (in kg kg <sup>-1</sup> NO-N)
$\gamma_{\text{NO}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NO}} = 30/14 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )
$E_{\text{N}_2, \text{ graz}}$	N <sub>2</sub> emission due to animal grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{N}_2, \text{ graz, 1}}$	N <sub>2</sub> emission factor for grazing (cattle, buffalo, pigs and poultry) (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> )
$EF_{\text{N}_2, \text{ graz, 2}}$	N <sub>2</sub> emission factor for grazing (sheep, goats and horses) (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> )

#### 11.2.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

For the gases considered the following emission factors were used:

##### Nitrous oxide

Tier 1 method, IPCC(1996), Table 4-22, pg. 4.104

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 1}} = 0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 2}} = 0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### Nitric oxide

Simpler methodology, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{\text{NO, graz, 1}} = 0.007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

$$EF_{\text{NO, graz, 2}} = 0.007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

##### Dinitrogen

Similar to the proportions used for the calculation of the emissions from mineral fertilizers, a 7-fold amount (see Chapter 10.1.2.2), with respect to N<sub>2</sub>O emission factors, is assumed:

$$EF_{\text{N}_2, \text{ graz, 1}} = 0.14 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

$$EF_{\text{N}_2, \text{ graz, 2}} = 0.14 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

##### Uncertainty of emission factors

##### Nitrous oxide

IPCC (1996) does not provide information about the uncertainty of the emission factor. Thus the uncertainty range given in IPCC(2006)-11.11 is used. It lists a range of uncertainty of 0.007 – 0.06 kg kg<sup>-1</sup> N in combination with the emission factor of 0.02 kg kg<sup>-1</sup> N. This is taken to be the 95 % confidence interval. Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 200 % of this emission factor. The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor equals 70 % of the emission factor used.

##### Nitric oxide and dinitrogen

The orders of magnitude of the emission factors for NO and N<sub>2</sub> are likely to be correct.

According to EMEP(2007)-B1020-15 the uncertainty for NO is likely to be greater than a factor of 5. The distribution assumed is lognormal.

Due to lack of information, N<sub>2</sub> is treated like NO.

Für die einzelnen Gase wurden die folgenden Emissionsfaktoren benutzt:

##### Distickstoffoxid

Stufe-1-Verfahren, IPCC(1996), Tab. 4-22, pg. 4.104

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 1}} = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 2}} = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### Stickstoffmonoxid

Einfaches Verfahren, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{\text{NO, graz, 1}} = 0,007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

$$EF_{\text{NO, graz, 2}} = 0,007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

##### Distickstoff

In Anlehnung an die Proportionen bei der Berechnung der Emissionen aus Mineraldüngern wird hier die 7-fache Menge der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren angesetzt (siehe Kapitel 10.1.2.2):

$$EF_{\text{N}_2, \text{ graz, 1}} = 0,14 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

$$EF_{\text{N}_2, \text{ graz, 2}} = 0,14 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

##### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

##### Distickstoffoxid (Lachgas)

IPCC (1996) gibt für den Emissionsfaktor keine Unsicherheit an. Daher wird auf den in IPCC(2006)-11.11 für den Emissionsfaktor von 0,02 kg kg<sup>-1</sup> N angegebenen Unsicherheitsbereich zurückgegriffen: 0,007 – 0.06 kg kg<sup>-1</sup> N. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Daraus folgt, dass die Differenz zwischen oberer Grenze des Konfidenzintervalles und verwendetem Emissionsfaktor 200 % des verwendeten Emissionsfaktors beträgt. Die Differenz zwischen verwendetem Emissionsfaktor und unterer Grenze beträgt rund 70 % des Emissionsfaktors.

##### Stickstoffmonoxid und Distickstoff

Die Größenordnung des Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> ist wahrscheinlich zutreffend.

Nach EMEP(2007)-B1020-15 ist die Unsicherheit für NO wahrscheinlich größer als Faktor 5. Die angenommene Verteilung ist lognormal.

Wegen fehlender Erkenntnisse wird N<sub>2</sub> wie NO behandelt.

### 11.3 Emissions from crop residues / Emissionen aus Ernterückständen

Emissions from crop residues comprise  $\text{N}_2\text{O}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions. NO emissions from biological fixation are not reported as neither IPCC nor EMEP (2009) provide a calculation methodology.

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils are a key source.

Aus Ernterückständen resultieren  $\text{N}_2\text{O}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen. NO-Emissionen werden nicht berichtet, da weder IPCC noch EMEP (2009) hierfür eine Methode angeben.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

#### 11.3.1 Activity data / Aktivitätsdaten

$\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{N}_2$  emissions are calculated from the amounts of N stored in the above and below ground biomass liable to mineralisation after harvest. Pre-requisites for their assessment are the areas of cultivation, the respective crop yields and the N contents of the crop residues, in the case of horticultural crops the N contents of the parts normally harvested are needed in addition. The data used are compiled in Table 11.2 and Table 11.3, unless they are variables.

The amounts of N removed with the straw used as bedding, are calculated for the respective animal categories, and their sum subtracted accordingly ( $m_{\text{N, straw}}$ ).

The uncertainty of the activity data is addressed in Chapter 11.3.1.13.

$\text{N}_2\text{O}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen werden aus den in den oberirdischen und unterirdischen Ernterückständen verbleibenden N-Mengen berechnet. Benötigt werden die jeweiligen Anbauflächen, die Erträge und die N-Gehalte der Ernterückstände, bei Gemüse auch die N-Gehalte der normalerweise geernteten Produkte. Die benötigten Daten sind in Table 11.2 und Table 11.3 zusammengestellt, sofern sie nicht als Variablen eingehen.

Die N-Mengen, die mit Stroh als Einstreu von der Fläche entfernt werden, werden für die einzelnen Tierkategorien berechnet und insgesamt abgezogen ( $m_{\text{N, straw}}$ ).

Zur Unsicherheit der Aktivitätsdaten siehe Kapitel 11.3.1.13.

##### 11.3.1.1 Area under cultivation / Anbauflächen

For federal states, areas under cultivation are reported annually in the official statistics in StatBA FS 3, R 3. For districts, data are available for the years 1991, 1995, 1999, 2003 (StatLA, R CI).

For the emission reporting only the data on federal-state level are used.

The area reported for "Sommermenggetreide" (mix of spring barley and oats) is treated as being spring barley, the area covered with "Wintermenggetreide" (mix of wheat and rye) is attributed to rye.

Data gaps are filled with data of the latest year with without data gaps.

Die Anbauflächen werden jährlich vom Statistischen Bundesamt StatBA FS 3, R 3 auf Bundeslandebene bereitgestellt. Auf Kreisebene stehen Daten für 1991, 1995, 1999, 2003 zur Verfügung (StatLA R CI).

Für die Emissionsberichterstattung werden ausschließlich die Daten auf Bundeslandebene verwendet.

Die Fläche für Sommermenggetreide wird der Fläche für Hafer zugeschlagen; die Fläche für Wintermenggetreide wird unter Roggen erfasst.

Bei fehlenden einzelnen Werten wird auf die Anbauflächen des letzten verfügbaren Jahres zurückgegriffen.

##### 11.3.1.2 Yields / Erträge

For federal states, yields are reported annually in the official statistics in StatBA FS 3, R 3. For districts, data are available for the years 1991, 1995, 1999, 2003 (StatLA, R CI).

For the emission reporting only the data on federal-state level are used.

Data gaps are filled with data of the latest year with without data gaps.

On district level yields are missing for fodder production, grass and clover-grass mixtures as well as, in parts, for legumes. For fodder production yields of  $34 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  for grass and  $50 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  for clover-grass mixtures and alfalfa are assumed; for meadows and pastures mean yields of  $45 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  are used (KTBL 2004, pg. 303 ff,

Erträge werden jährlich vom Statistischen Bundesamt StatBA FS 3, R 3 auf Bundeslandebene bereitgestellt. Auf Kreisebene existieren stehen Daten für 1991, 1995, 1999, 2003 zur Verfügung (StatLA R CI).

Für die Emissionsberichterstattung werden ausschließlich die Daten auf Bundeslandebene verwendet.

Datenlücken werden durch Anbauflächen des letzten verfügbaren Jahres geschlossen.

Auf Kreisebene fehlen Ertragsangaben für Feldfutterbau, Gras und Klee-Gras-Gemische und teilweise für Hülsenfrüchte. Für Feldfutterbau wurden Erträge von  $34 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für Gras und  $50 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  für Klee-Gras-Gemische und Luzerne zugrunde gelegt, für Weiden im Mittel  $45 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (KTBL 2004, S. 303 ff, S. 300, S.

pg. 300, pg. 322; expert judgement Rogasik). If yields were not provided by the census, standard yields were taken instead: broad beans  $4.0 \text{ Mg ha}^{-1}$ , peas  $3.5 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Faustzahlen, KTBL, 2005a, pg 159), lupins  $3.7 \text{ Mg ha}^{-1}$  (UFOP, 2004; Versuchswesen Pflanzenbau Rheinland-Pfalz, 2005). If no data was available, the area was considered as "other pulses" and the yield for "other pulses" (lupins) of  $3.7 \text{ Mg ha}^{-1}$  was used instead. For other missing data on district level, the mean yields on federal-state level are used: For Berlin the data of Brandenburg, for Bremen the data of Lower Saxony and for Hamburg the data of Schleswig-Holstein.

322; Expertenurteil Rogasik). Sind bei Hülsenfrüchten keine Erträge angegeben, werden Standard-Erträge nach KTBL (2005a), S. 159, verwendet: Ackerbohnen  $4,0 \text{ Mg ha}^{-1}$ , Futtererbsen:  $3,5 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Für Süßlupine werden  $3,7 \text{ Mg ha}^{-1}$  angenommen (UFOP, 2004; Versuchswesen Pflanzenbau Rheinland-Pfalz, 2005). Sind Angaben nicht vorhanden, wurde als mittlerer Ertrag der Körnerleguminosen der Wert für „andere Körnerleguminosen“ von  $3,7 \text{ Mg ha}^{-1}$  (Süßlupine) angenommen. Andere fehlende Werte für Kreise werden jeweils durch die Mittelwerte der Bundesländer ersetzt: Für Berlin werden die Daten von Brandenburg, für Bremen von Niedersachsen und für Hamburg von Schleswig-Holstein angenommen.

#### 11.3.1.3 Duration of cropped system ( $x_{\text{renew}, i}$ ) and frequency of harvesting ( $x_{\text{mow}, i}$ ) / Dauer der Kultur ( $x_{\text{renew}, i}$ ) und Erntefrequenz der Kultur ( $x_{\text{mow}, i}$ )

For pastures and meadows and fodder production (grass or clover grass mixtures) crop residues only occur at a noticeably extent, when the field is ploughed up, which does not occur every year.

All crops apart from permanent grassland and fodder production systems (grass and clover grass mixtures) are annual crops. For permanent grassland a mean lifetime of 10 a is assumed, for fodder production 2 to 5 a are usual. A mean of 2.5 a for grass and 3 a for clover grass mixtures was used in this inventory (expert judgement Rogasik).

The factor  $x_{\text{renew}, i}$  equals  $1/x$ , where  $x$  represents the duration of the cropped system in years. For annual crops  $x_{\text{renew}, i} = 1$ . For permanent grassland  $x_{\text{renew}, i} = 0.1$ , meaning that 10 % of the area with permanent grassland is producing crop residues which have to be taken into account.

For permanent grassland and fodder production (grass or clover grass mixtures) it is further assumed, that they are mowed three times a year but that crop residues are produced once only.

The factor  $x_{\text{mow}, i}$  equals  $1/x$ , where  $x$  is the frequency of mowing. For annual crops  $x_{\text{mow}, i} = 1$ . For the exceptions mentioned  $x_{\text{mow}, i} = 0.33$ .

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Ernterückstände fallen bei Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) nur dann in nennenswertem Ausmaß an, wenn nach der Ernte gepflügt wird, was nicht in jedem Jahr der Fall ist.

Alle Kulturen mit Ausnahme von Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) sind einjährig. Für Grünland wird eine mittlere Dauer von 10 a angenommen, für Feldfutterbau 2 bis 5 a, im Mittel 2,5 a für Gras und 3 a für Graskleegemische (Expertenurteil Rogasik).

Der Faktor  $x_{\text{renew}, i}$  ist gleich  $1/x$ , wobei  $x$  der Dauer der jeweiligen Kultur in Jahren entspricht. Bei einjährigen Kulturen gilt:  $x_{\text{renew}, i} = 1$ . Für Dauergrünland gilt  $x_{\text{renew}, i} = 0,1$ , das bedeutet auf 10 % der Grünlandfläche entstehen Ernterückstände, die berücksichtigt werden müssen.

Für Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) wird weiter angenommen, dass drei Mal im Jahr gemäht wird, aber nur ein Mal Ernterückstände anfallen.

Der Faktor  $x_{\text{mow}, i}$  ist gleich  $1/x$ , wobei  $x$  der Mähhäufigkeit pro Jahr entspricht. Bei den einjährigen Kulturen gilt:  $x_{\text{mow}, i} = 1$ . Bei den genannten Ausnahmen gilt  $x_{\text{mow}, i} = 0,33$ .

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

#### 11.3.1.4 Dry matter content ( $x_{\text{DM}, i}$ ) / Trockenmassegehalte ( $x_{\text{DM}, i}$ ):

Data for maize: from Faustzahlen (KTBL, 2005a), pg 306.

Data for rape, permanent grassland and fodder production (grass, clover grass mixtures, alfalfa): expert judgement Rogasik.

All other data: IPCC(2006)-11.17; These data is consistent with German data (expert judgement Rogasik).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Daten für Mais: Faustzahlen (KTBL, 2005a, S. 306).

Daten für Raps, Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische, Luzerne): Expertenurteil Rogasik.

Alle anderen Daten wurden aus IPCC(2006)-11.17 übernommen. Sie sind konsistent mit deutschen Daten (Expertenurteil Rogasik).

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.5 *Ratio of above ground crop residues to yield ( $a_{\text{above}, i}$ ) / Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ( $a_{\text{above}, i}$ )*

Figure 11.1 illustrates the relations between the various parts of the plants used to establish the ratios between above ground biomass, below ground biomass and yield.

Die Zusammenhänge zur Berechnung der unterschiedlichen Verhältnisse von oberirdischen und unterirdischen Biomasse sowie Erträgen gehen aus Figure 11.1 hervor.

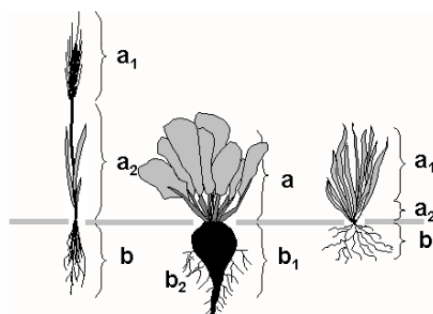


Figure 11.1: Above and below ground parts of crops, tuber crops and grasses

For tuber crops (Figure 11.1, centre), to  $a_{\text{above}, i} = a/b_1$ , which is the reciprocal of the root leaf ratio  $a_1/a_2$ . The ratio of above ground crop residues to yield was taken from Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1).

For permanent grassland and fodder production (grass, clover grass mixtures, alfalfa) (Figure 11.1, right)  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ . These ratios were calculated according to IPCC(2006)-11.17.

It is assumed that the grain to straw ratios and the root to leaf ratios have not changed during the reporting period.

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Für Hackfrüchte (Figure 11.1, Mitte) gilt  $a_{\text{above}, i} = a/b_1$ ; das entspricht dem Kehrwert des Knolle/Wurzel-Laub-Verhältnisses. Das Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte wurde aus der Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1) entnommen.

Für Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische, Alfalfa) (Figure 11.1, rechts) gilt  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ . Diese Verhältnisse wurden gemäß IPCC(2006)-11.17 ausgerechnet.

Es wird davon ausgegangen, dass sich das Korn-Stroh-Verhältnis bzw. das Knolle/Wurzel-Laub-Verhältnis im Berichtszeitraum nicht geändert hat.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.6 *Nitrogen content of the above-ground crop residues ( $x_{N, \text{above}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der oberirdischen Ernterückstände ( $x_{N, \text{above}, i}$ )*

The values used were taken from Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Die benötigten Daten wurden der Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1) entnommen.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

11.3.1.7 *Ratio of below ground crop residues to yield ( $a_{\text{below}, i}$ ) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur Erntemenge ( $a_{\text{below}, i}$ )*

The relations needed to calculate the ratio of below ground crop residues to yield are shown in Figure 11.1:

For cereals and legumes (Figure 11.1, left):

$$a_{\text{below}, i} = b/a_1$$

For beet and potatoes (Figure 11.1, centre):

$$a_{\text{below}, i} = b_2/b_1$$

For permanent grassland and fodder production (grass, clover grass mixtures, alfalfa) (Figure 11.1, right)

$$a_{\text{below}, i} = b/a_1.$$

These ratios were calculated from the ratio of the below ground residues to above ground biomass  $a_{\text{below}, \text{bio}, i}$  ( $= R_{\text{BG-BIO}}$  from IPCC 2006, 11.17) and from the ratio of above ground residues to yield  $a_{\text{above}, i}$ :

For cereals, legumes, permanent grassland and fodder production  $a_{\text{below}, i}$  can be obtained as follows:

$$a_{\text{below}, i} = a_{\text{below}, \text{bio}, i} \cdot (1 + a_{\text{above}, i}) \quad (11.7)$$

where

$a_{\text{below}, i}$	ratio of below ground crop residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
$a_{\text{below}, \text{bio}, i}$	ratio of the below ground residues to above ground biomass ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
$a_{\text{above}, i}$	ratio of above ground residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )

For tuber crops the following equation is used:

Für Hackfrüchte gilt entsprechend:

$$a_{\text{below}, i} = a_{\text{below}, \text{bio}, i} \cdot a_{\text{above}, i} \quad (11.8)$$

where

$a_{\text{below}, i}$	ratio of below ground crop residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
$a_{\text{below}, \text{bio}, i}$	ratio of the below ground residues to above ground biomass ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
$a_{\text{above}, i}$	ratio of above ground residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

11.3.1.8 *Nitrogen content of below ground crop residues ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der unterirdischen Ernterückstände ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ )*

All data for  $x_{\text{N}, \text{below}, i}$  except for rape were taken from IPCC(2006)-11.17, as they agree with German data. For rape, an expert judgement (Rogasik, JKI-PB) was used.

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list

Die Werte für  $x_{\text{N}, \text{below}, i}$  mit Ausnahme von Raps wurden IPCC(2006)-11.17 entnommen; sie entsprechen den deutschen Werten. Für Raps wurde einer Expertenschätzung (Rogasik, JKI-PB) verwendet.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 ge-

the data used to estimate the activity data.

ben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

#### 11.3.1.9 *Ratio of crop residues to yield ( $a_i$ ) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte ( $a_i$ )*

For horticultural crops, only the ratio of crop residues to yield was available. It was calculated using information using data from IGZ (2007).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Für Gemüse stand nur das Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte zur Verfügung. Sie wurden berechnet aus Angaben aus IGZ (2007).

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

#### 11.3.1.10 *Nitrogen content of crop residues ( $x_{N,i}$ ) and harvested crop products ( $x_{N,yield,i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände ( $x_{N,i}$ ) und der geernteten Produkte ( $x_{N,yield,i}$ ):*

Nitrogen content of crop residues for all horticultural crops and nitrogen content of harvested crop products from red oak leaf lettuce, lollo lettuce, arugula, other lettuce, celery root and spring onions were taken from IGZ (2007). Nitrogen content of harvested crop products from the other horticultural crops were obtained from Düngeverordnung (2007).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Aus IGZ (2007) wurden alle Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände und die Stickstoff-Gehalte der geernteten Produkte von Eichblattsalat, Lollo Salat, Rucolasalat, sonstige Salats, Knollensellerie und Bundzwiebeln übernommen. Für die anderen Gemüsesorten wurden Daten aus der Düngeverordnung (2007) übernommen.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

#### 11.3.1.11 *Factor for not harvested horticultural crops ( $\delta_{HC}$ ) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse ( $\delta_{HC}$ )*

Following expert judgement (C. Feller, IGZ Großbeeren and Erfurt) it is to be expected that only 70 to 90 % of the horticultural crops grown are actually harvested. The rest of 10 to 30 % is not marketable and will not be harvested. For the inventory the percentage of the total amount of not harvested horticultural crops is assumed to be  $q = 20\%$ . Then the ratio of the amounts of unharvested crops to harvested crops is given by  $\delta_{HC} = q / (100 - q) = 20/80$ . This entity is used in the calculation of  $Frac_{NCR0}$ , see Chapter 12.1.7.

The unharvested fraction of the horticultural crops are treated as additional crop residues.

Laut Expertenurteil (C. Feller, IGZ Großbeeren und Erfurt) muss davon ausgegangen werden, dass nur zwischen 70 und 90 % des aufgewachsenen Gemüses auch geerntet werden, die restlichen 10 bis 30 % verbleiben als nicht vermarktbar auf dem Feld. Für das Inventar wird dieser auf dem Feld verbleibende Anteil des aufgewachsenen Gemüses mit  $q = 20\%$  angesetzt. Damit lässt sich das Mengenverhältnis von nicht geerntetem zu geerntetem Gemüse durch  $\delta_{HC} = q / (100 - q) = 20/80$  beschreiben. Diese Größe wird zur Berechnung von  $Frac_{NCR0}$  eingesetzt, siehe Kapitel 12.1.7.

Der auf dem Feld verbleibende Anteil des Gesamtaufwuchses wird den Ernterückständen hinzugerechnet.

#### 11.3.1.12 *Overview of data used to estimate the activity data / Übersicht über die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten*

Table 11.2 und Table 11.3 list the data used to estimate the activity data.

Table 11.2 und Table 11.3 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

Table 11.2: Crop residues (agricultural crops), data used to calculate N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions  
 (N contents related to fresh matter)

Agricultural Crop	$x_{\text{renew},i}$	$x_{\text{mow},i}$	$x_{\text{DM},i}$	grain- straw- ratio	$a_{\text{above},i}$	$x_{\text{N,above},i}$	$a_{\text{below,Bio},i}$	$a_{\text{below},i}$	$x_{\text{N,below},i}$
	ha ha <sup>-1</sup>		kg kg <sup>-1</sup>		kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
winter wheat	1	1	0.86	1/0.8	0.8	0.0050	0.23	0.41	0.009
spring wheat	1	1	0.86	1/0.8	0.8	0.0050	0.28	0.51	0.009
Rye	1	1	0.86	1/0.9	0.9	0.0050	0.22	0.42	0.011
winter barley	1	1	0.86	1/0.7	0.7	0.0050	0.22	0.37	0.014
spring barley	1	1	0.86	1/0.8	0.8	0.0050	0.22	0.40	0.014
Oat	1	1	0.86	1/1.1	1.1	0.0050	0.25	0.53	0.008
Triticale	1	1	0.86	1/0.9	0.9	0.0050	0.22	0.42	0.008
grain maize	1	1	0.86	1/1.0	1.0	0.0090	0.22	0.44	0.007
maize for silage	1	1	0.28	1/1.0	0.0	0.0038	0.22	0.44	0.007
Rape	1	1	0.91	1/1.7	1.7	0.0070	0.22	0.59	0.010
sugar beet	1	1	0.23	1/0.7	0.7	0.0040	0.20	0.14	0.014
fodder beet	1	1	0.12	1/0.3	0.3	0.0024	0.20	0.08	0.014
clover, clover grass mixtures, clover alfalfa mixtures (fodder production on arable land)	0.33	0.33	0.20	1/0.5	0.5	0.0052	0.80	1.20	0.012
Alfalfa	1	1	0.20	1/0.3	0.3	0.0060	0.40	0.52	0.019
grass (fodder production)	0.4	0.33	0.20	1/0.5	0.5	0.0048	0.80	1.20	0.012
Potatoes	1	1	0.22	1/0.2	0.2	0.0020	0.20	0.04	0.014
broad beans	1	1	0.86	1/1.0	1.0	0.0150	0.19	0.38	0.022
Peas	1	1	0.86	1/1.0	1.0	0.0150	0.19	0.38	0.022
other pulses	1	1	0.86	1/1.0	1.0	0.015	0.19	0.38	0.022
pastures and meadows	0.1	0.33	0.20	1/0.5	0.5	0.0050	0.80	0.80	0.012

Sources: see text above

Table 11.3: Crop residues (horticultural crops), data used to calculate N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions  
 (N contents related to fresh matter)

Horticultural Crop	$a_i$	$x_{\text{N},i}$	$x_{\text{N,yield},i}$	Horticultural Crop	$a_i$	$x_{\text{N},i}$	$x_{\text{N,yield},i}$
	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N	kg kg <sup>-1</sup> N		kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N	kg kg <sup>-1</sup> N
cauliflower	1.29	0.0034	0.0032	fennel	0.75	0.0030	0.0024
broccoli	3.67	0.0035	0.0037	celery root	0.50	0.0030	0.0025
chinese cabbage	0.71	0.0018	0.0016	horseradish	1.30	0.0037	0.0051
curly kale	1.25	0.0035	0.0046	carrots	0.17	0.0017	0.0017
kohlrabi	0.33	0.0035	0.0030	red radish	0.17	0.0020	0.0020
Brussels sprouts	2.60	0.0040	0.0047	white radish	0.20	0.0017	0.0017
red cabbage	0.80	0.0030	0.0028	beetroot	0.67	0.0025	0.0027
white cabbage	0.56	0.0030	0.0026	gherkin	0.71	0.0020	0.0017
Savoy cabbage	1.00	0.0040	0.0038	cucumber	0.71	0.0020	0.0017
red oak leaf lettuce	0.31	0.0019	0.0019	marrows	1.00	0.0025	0.0025
crisphead lettuce	0.33	0.0013	0.0013	courgette	0.85	0.0030	0.0023
endive	0.33	0.0020	0.0025	sweet corn	2.00	0.0030	0.0032
lamb's lettuce	0.25	0.0045	0.0045	French bean	1.83	0.0040	0.0035
butterhead lettuce	0.20	0.0018	0.0018	broad bean	1.80	0.0030	0.0013
lollo lettuce	0.31	0.0019	0.0019	runner bean (incl. scarlet runner bean)	1.80	0.0032	0.0035
radicchio	0.79	0.0025	0.0025	peas for threshing (without pods)	4.57	0.0040	0.0049
Romaine lettuce	0.22	0.0020	0.0020	peas for picking (with pods)	4.57	0.0040	0.0049
arugula	0.71	0.0030	0.0040	spring onions	0.18	0.0020	0.0020
other lettuce	0.31	0.0019	0.0019	onions (incl. shallots)	0.25	0.0040	0.0022
spinach	0.60	0.0036	0.0043	parsley	0.15	0.0040	0.0044
rhubarb	0.54	0.0050	0.0029	leek	0.68	0.0030	0.0027
asparagus	0.33	0.0046	0.0025	chive	0.20	0.0050	0.0050
celery stalks	0.60	0.0025	0.0027				

Sources: see text above

### 11.3.1.13 Uncertainty of activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Quantitative judgements with respect to uncertainties of areas do not exist in Germany (communicated by Statistisches Bundesamt). EMEP(2007)-B1020-14 assumes that the typical uncertainty is less than 10 % (distribution normal).

No uncertainties are available for the yield data used in the inventory.

EMEP(2007)-B1020-14 states that uncertainty concerning the N contents in crop residues is likely to fall below 25 % (distribution normal).

For the inventory, an overall uncertainty (standard error) of 25 % is assumed (Gaussian normal distribution).

Quantitative Aussagen zur Genauigkeit der Flächenermittlung liegen in Deutschland nicht vor (Mitteilung des Statistischen Bundesamtes). EMEP(2007)-B1020-14 geht davon aus, dass der typische Fehler < 10 % ist (normal verteilt).

Zu den Ertragswerten sind keine Unsicherheitsangaben verfügbar.

Für die N-Gehalte der Ernterückstände wird von einem Fehler in der Größenordnung von 25 %, normal verteilt, ausgegangen (EMEP(2007)-B1020-14).

Insgesamt wird für Inventar das von einem Fehler (Standardfehler) der Aktivitätsdaten von 25 % ausgegangen, wobei Normalverteilung angenommen wird.

## 11.3.2 Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies

### 11.3.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 and 11.5.

In principle, the calculation procedure applied is given in IPCC(2006)-11.13 as Tier 2 methodology. Due to different base data, the formula used for the calculation of crop residues derived from horticultural crops differs from the formula for agricultural crops.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Das angewendete Rechenverfahren ist im Prinzip bei IPCC(2006)-11.13 als Stufe-2-Verfahren beschrieben. Aufgrund unterschiedlicher Datengrundlagen weicht die Berechnung für Ernterückstände aus Gemüse von der aus Ackerfrüchten ab:

$$E_{N_2O, CR} = E_{N_2O, CR, AC} + E_{N_2O, CR, HC} \quad (11.9)$$

$$E_{N_2O, CR, AC} = \left( \sum_i A_i \cdot x_{renew, i} \cdot x_{mow, i} \cdot y_i \cdot (a_{above, i} \cdot x_{N, above, i} + a_{below, i} \cdot x_{N, below, i}) - m_{N, straw} \right) \cdot EF_{N_2O, CR} \cdot \beta \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.10)$$

$$E_{N_2O, CR, HC} = \left( \sum_j A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N, j} + A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N, j} \cdot \delta_{HC} + A_j \cdot y_j \cdot x_{N, yield, j} \cdot \delta_{HC} \right) \cdot EF_{N_2O, CR} \cdot \beta \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.11)$$

where

$E_{N_2O, CR}$	N <sub>2</sub> O emission due to rotting of crop residues in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$E_{N_2O, CR, AC}$	N <sub>2</sub> O emission due to rotting of agricultural crop residues in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$E_{N_2O, CR, HC}$	N <sub>2</sub> O emission due to rotting of horticultural crop residues in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$i$	running index for agricultural crops
$j$	running index for horticultural crops
$A_i$	area covered by crop i (in ha)
$x_{renew, i}$	fraction of crop i that is harvested annually (in ha ha <sup>-1</sup> )
$x_{mow, i}$	1 / quantity of harvests of crop i in a year (no dimension)
$y_i$	yield of crop i, in fresh matter (in kg ha <sup>-1</sup> )
$a_{above, i}$	ratio of above ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, above, i}$	N content of above ground residues of crop i, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$a_{below, i}$	ratio of below ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, below, i}$	N content of below ground residues of crop i, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$m_{N, straw}$	amount of nitrogen removed with straw used as bedding in a district (in kg N)
$EF_{N_2O, CR}$	N <sub>2</sub> O emission factor for crop residues ( $EF_{N_2O, CR} = 0.0125$ kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )
$\gamma_{N_2O}$	mass conversion factor ( $\gamma_{N_2O} = 44/28$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> )



$a_j$	ratio of crop residues to crop yield of crop j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N,j}$	N content of crop residues of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$x_{N,yield,j}$	N content of normally harvested parts of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$\delta_{HC}$	not harvested horticultural crops factor ( $\delta_{HC} = 20/80$ kg kg <sup>-1</sup> )

NO-N and N<sub>2</sub> emissions are calculated by analogy.

NO-N und N<sub>2</sub>-Emissionen werden analog berechnet.

### 11.3.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

The following emission factors were used:

Folgende Emissionsfaktoren wurden benutzt:

#### Nitrous oxide

Default: IPCC 1996, Table 4-18, pg. 4.89

$$EF_{N_2O, crop} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Distickstoffoxid

Default: IPCC 1996, Tabelle 4-18, S. 4.89

$$EF_{N_2O, crop} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Nitric oxide

Simpler methodology: EMEP(2007)-1020-12

$$EF_{NO, crop} = 0.007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Stickstoffmonoxid

Einfacheres Verfahren: EMEP(2007)-1020-12

$$EF_{NO, crop} = 0,007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Dinitrogen

Simpler methodology: see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{N_2, crop} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Distickstoff

Einfacheres Verfahren: siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{N_2, crop} = 0,1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### Uncertainty of emission factors

#### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

##### Nitrous oxide

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225 kg kg<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 13.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

##### Distickstoffoxid

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225 kg kg<sup>-1</sup> N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (s. Kapitel 13.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

##### Nitric oxide and dinitrogen

The uncertainty of the N<sub>2</sub> emission factor is unknown.

##### Distickstoff

Die Unsicherheit des N<sub>2</sub>- Emissionsfaktors ist unbekannt.

## 11.4 Indirect N<sub>2</sub>O emissions from depositions of reactive nitrogen originating from agriculture / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Landwirtschaft

Atmospheric deposition of reactive nitrogen species results in N<sub>2</sub>O emissions.

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

Die atmosphärische Deposition von reaktiven Stickstoff-Spezies führt zu N<sub>2</sub>O-Emissionen.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

### 11.4.1 Activity data / Aktivitätsdaten

In the German inventory, the calculation of the indirect N<sub>2</sub>O emissions caused by deposition assumes that all emissions of reactive nitrogen listed below are deposited:

- NH<sub>3</sub> emissions from fertilizer application,
- NO emissions from fertilizer application,
- NH<sub>3</sub> emissions from manure management including spreading (housing including N input with bedding material, storage)
- NO emissions, from manure management including NO emissions from soils due to manure spreading
- NH<sub>3</sub> emissions from grazing,
- NO emissions from grazing,
- NH<sub>3</sub> emissions from N fixing crops.

(Application of sewage sludge is not considered as there is no calculation of NH<sub>3</sub> and NO emissions from sewage sludge, see Chapter 10.3.)

The relevant activities are the amounts of NH<sub>3</sub>-N and NO-N emitted from agricultural sources as listed above.

Chemical reactions which transform these emissions to inert N species do not occur in practice. Hence, they are not considered in the inventory.

#### Uncertainty of activity data

A discussion of the uncertainty of these emissions presupposes the knowledge of the uncertainties of the respective emissions.

An uncertainty (standard error) of 25 % is assumed, normal distribution.

Das deutsche Inventar berechnet die depositionsbedingten N<sub>2</sub>O-Emissionen unter der Annahme, dass alle nachstehend aufgeführten Emissionen reaktiven Stickstoffs als Deposition eingehen:

- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Mineraldüngeranwendung,
- NO-Emissionen aus Mineraldüngeranwendung,
- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management incl. Ausbringung (Stall incl. N aus Einstreu),
- NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management incl. NO als Folge der Wirtschaftsdünger-Ausbringung
- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Weidegang,
- NO-Emissionen aus dem Weidegang,
- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Leguminosenanbau.

(Die Klärschlamm-Ausbringung wird nicht berücksichtigt, da hierfür keine NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen berechnet werden, siehe Kapitel 10.3.)

Die eigentlichen Aktivitäten sind die aus den oben genannten landwirtschaftlichen Quellen emittierten NH<sub>3</sub>-N und NO-N-Mengen.

Atmosphärenchemische Reaktionen, die zu nicht reaktivem N führen, finden praktisch nicht statt und werden daher im Inventar nicht berücksichtigt.

#### Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Die Unsicherheit der Depositionen ist erst bestimmbar, wenn die Unsicherheit der Emissionen hinreichend bekannt ist.

Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von 25 %, Verteilung normal.

## 11.4.2 Assessment of N<sub>2</sub>O emissions / Bestimmung der N<sub>2</sub>O-Emissionen

### 11.4.2.1 The method applied / Angewandte Methode

A Tier 1 approach similar to the treatment of N<sub>2</sub>O emissions from the application of mineral fertilizer is used (IPCC (1996)-4.112 f).

Es wird ein Stufe-1-Verfahren analog zur Beschreibung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Mineraldünger-Anwendung eingesetzt (IPCC (1996)-4.112 f).

$$E_{N_2O, dep} = [(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{MM} + (E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{graz} + (E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{fert} + E_{NH_3-N, NF}] \cdot EF_{N_2O-N, dep} \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.12)$$

where

$E_{N_2O, dep}$  indirect N<sub>2</sub>O emission resulting from the deposition of all emissions of reactive nitrogen species from agriculture (in Gg a<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O)  
 $(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{MM}$  NH<sub>3</sub>-N and NO-N emissions from manure management (housing including N input with bedding material, storage, application)

	(in Gg a <sup>-1</sup> N)
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{graz}}$	NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{fert}}$	NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from mineral fertilizer (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{NH}_3\text{-N, NF}}$	NH <sub>3</sub> -N emissions from N fixing crops (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$	emission factor for indirect emissions from deposition (in kg kg <sup>-1</sup> N, see Chapter 11.4.2.2)
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )

Using the entities  $Frac_{\text{GASF}}$  und  $Frac_{\text{GASM, Germany}}$  (see Chapters 12.1.3 und 12.1.4), the  $E_{\text{N}_2\text{O, dep}}$  equation can be transformed as follows:

Die Gleichung für  $E_{\text{N}_2\text{O, dep}}$  lässt sich mit Hilfe der in Kapitel 12.1.3 und 12.1.4 definierten Größen  $Frac_{\text{GASF}}$  und  $Frac_{\text{GASM, Germany}}$  umformulieren:

$$E_{\text{N}_2\text{O, dep}} = [(m_{\text{excr}} + m_{\text{straw}}) \cdot Frac_{\text{GASM, Germany}} + m_{\text{fert}} \cdot Frac_{\text{GASF}} + E_{\text{NH}_3\text{-N, NF}}] \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}} \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.13)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O, dep}}$	indirect N <sub>2</sub> O emission resulting from the deposition of all emissions of reactive nitrogen species from agriculture (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$m_{\text{excr}}$	amount of N excreted in animal houses and during grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{straw}}$	amount of N added by bedding (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$Frac_{\text{GASM, Germany}}$	fraction of total nitrogen from animal excretion and N import with bedding that volatilizes as NH <sub>3</sub> -N and NO-N, German definition (in Gg Gg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$Frac_{\text{GASF}}$	fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as NH <sub>3</sub> -N and NO-N (in kg kg <sup>-1</sup> )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, NF}}$	NH <sub>3</sub> -N emissions from N fixing crops (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$	emission factor for indirect emissions from deposition (in kg kg <sup>-1</sup> N, see Chapter 11.4.2.2)
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )

In principle, this equation corresponds to equation 9 in IPCC (1996)-4.112. However, equation 9 in IPCC (1996b)-4.112 makes use of a differently defined entity  $Frac_{\text{GASM}}$ , see also Chapter 12.1.4.

Diese Gleichung entspricht dem Sinn der Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112, wobei allerdings in der IPCC-Gleichung eine abweichend definierte  $Frac_{\text{GASM}}$ -Größe eingesetzt wird, siehe Kapitel 12.1.4.

#### 11.4.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

The emission factor is to a large extent depending on land use (Denier van der Gon et al., 2004).

For the inventory, the emission factor provided by IPCC(1996)-4.105 is to be used ( $EF_{\text{N}_2\text{O}} = 0.01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ).

The uncertainty range given in IPCC(1996)-4.105 is 0.002 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N to 0.02 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. This is taken to be the 95 % confidence interval. The difference between the upper limit of the confidence interval and the emission factor amounts to 100 % of the emission factor and the difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor equals 80 % of the emission factor. According to IPCC (2000)-6.14 the higher percentage (100 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 13.6). It is assumed that the distribution is lognormal.

Der Emissionsfaktor hängt in großem Umfang von der Landnutzung ab (Denier van der Gon et al., 2004).

Für das Inventar ist der in IPCC(1996)-4.105 gegebene Emissionsfaktor  $EF_{\text{N}_2\text{O}} = 0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$  zu verwenden.

In IPCC(1996)-4.105 wird ein Unsicherheitsbereich (interpretiert als 95 %-Konfidenzintervall) angegeben, der zwischen 0,002 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N und 0,02 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N liegt. Damit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor 100 % des Emissionsfaktors. Das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor beträgt 80 % des Emissionsfaktors. Nach IPCC (2000)-6.14 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (s. Kap. 13.6) der größere Prozentwert ein, also 100 %. Es wird von einer lognormalen Verteilung ausgegangen.

## 11.5 Indirect N<sub>2</sub>O emissions from leached and run off N originating from agriculture / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflussem N aus der Landwirtschaft

Nitrogen inputs into soils are to some extent liable to run-off and leaching. The inputs into surface and ground waters give rise to indirect nitrous oxide emissions.

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

Stickstoff-Einträge in Böden gelangen teilweise durch Oberflächenabfluss in Oberflächengewässer und durch Auswaschung ins Grundwasser. Sie sind dort Quelle indirekter Lachgas-Emissionen.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

### 11.5.1 Activity data / Aktivitätsdaten

Relevant sources are the amounts of nitrogen imported into the soils with fertilizers, animal manures, mineral sewage sludges, crop residues, N fixation by legumes and the mineralization of histosols. The amounts of N imported are determined as follows:

#### Mineral fertiliser:

The activity  $m_{\text{fert},s}$  is defined as the amounts of fertilisers N applied minus the N losses due to NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions caused by fertiliser N (Chapter 10.1).

#### Manure:

The activity  $m_{\text{man},s}$  is defined as the amount of N available for landspreading minus the N losses due to NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions caused by landspreading (Chapter 10.2).

#### Grazing:

The activity  $m_{\text{graz},s}$  is defined as the amount of N excreted on pasture minus the N losses due to NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions caused by N excretions on pasture (Chapter 11.2).

#### Sewage sludge:

The activity  $m_{\text{sl},s}$  is defined as the amounts of sewage sludge N applied minus the N losses due to N<sub>2</sub>O emissions caused by fertiliser N (Chapter 10.3).

#### Production of legumes

The activity  $m_{\text{fix},s}$  is defined as the amounts of N fixed minus the N losses due to NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions caused by fixed N (Chapter 11.1).

#### Crop residues

The activity  $m_{\text{cr},s}$  is defined as the amount of N contained in crop residues minus the N losses due to N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions caused by crop residue N (Chapter 11.3).

#### Uncertainty of activity data

The uncertainty (i. e. the standard error) of the N input data is assumed to be 30 %. A normal distribution seems to be appropriate.

According to IPCC, the amount of N leached, which is the source of N<sub>2</sub>O emissions, is deduced from the N

Quellgrößen sind die Mengen an Stickstoff, die durch, Mineraldünger, Wirtschaftsdünger, Weidegang, Klärschlämme, Ernterückstände und Leguminosenanbau in den Boden gelangen. Sie werden wie folgt bestimmt:

#### Mineraldünger:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{fert},s}$  dienen die ausgebrachten N-Mengen, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 10.1).

#### Wirtschaftsdünger:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{man},s}$  dient die zur Ausbringung gebrachte N-Menge, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 10.2).

#### Weidegang:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{graz},s}$  dient die auf der Weide ausgeschiedene N-Menge, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 11.2).

#### Klärschlamm:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{sl},s}$  dienen die ausgebrachten N-Mengen, von denen N-Verluste durch N<sub>2</sub>O-Emissionen subtrahiert werden (Kapitel 10.3).

#### Leguminosenanbau:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{fix},s}$  dienen die fixierten N-Mengen, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 11.1).

#### Ernterückstände

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{cr},s}$  dienen die in den Ernterückständen vorhandenen N-Mengen, vermindert um die darauf zurückgehenden N-Verluste aus N<sub>2</sub>O- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 11.3).

#### Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Die Unsicherheit (d. h. der Standardfehler) der N-Einträge wird mit 30 % bei Normalverteilung angenommen.

Die zur N<sub>2</sub>O-Freisetzung führende ausgewaschene N-Menge wird nach IPCC mit einem konstanten Faktor

input using a constant factor  $x_{\text{leach}}$ , for which IPCC (1996), Table 4-24, and IPCC(2006)-11.24 give a variability of 167 % (defined as the interval between the value used in the inventory and the upper boundary of the 95 % confidence interval).

This leads, according to the calculation rules given in Chapter 13.1, to an overall uncertainty of the activity data of 170 %, which corresponds to a lognormal distribution.

$x_{\text{leach}}$  ermittelt, für den in IPCC (1996), Table 4-24, und IPCC(2006)-11.24 ein Unsicherheitsbereich von 167 % angegeben wird (definiert als Intervall zwischen verwendetem Wert und oberer Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles).

Daraus ergibt sich nach der in Kapitel 13.1 beschriebenen Berechnungsmethode eine Gesamtunsicherheit der Aktivitätsdaten von 170 %. Dementsprechend ist von einer lognormal Verteilung auszugehen.

## 11.5.2 Assessment of N<sub>2</sub>O emissions / Bestimmung der N<sub>2</sub>O-Emissionen

### 11.5.2.1 The method applied / Angewandte Methode

Agricultural soils are considered a key source with respect to indirect N<sub>2</sub>O emissions. Hence, this applies to the emissions resulting from leached and run off nitrogen.

For the Tier 1 methodology in IPCC(1996)-4.113 activity data consider animals' excretions and the amounts of synthetic fertilizers applied. In analogy to the methodology described in IPCC (2006)-11.21f, the German approach additionally includes N inputs from sewage sludge, crop residues and legumes. The methodology in IPCC(1996) does not subtract N emissions precedent to the process of leaching. The German methodology, however, does account for the N losses by these emissions (see Chapter 11.5.1) and calculates the amount of N leached as a constant share of the amount of N available in the soil, using the factor  $FRAC_{\text{leach}} = 0.3 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (IPCC(1996)-4.106).

Landwirtschaftliche Böden gelten hinsichtlich der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen als Hauptquellgruppe. Dies gilt dann auch für die Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem N.

Das Stufe-1-Verfahren nach IPCC(1996)-4.113 berücksichtigt als Aktivitätsdaten die tierischen Ausscheidungen sowie die ausgebrachten Mineraldüngermengen. Das deutsche Verfahren berücksichtigt in Anlehnung an IPCC(2006)-11.21f zusätzlich N-Einträge aus Klärschlämmen, Ernterückständen und Leguminosenabbau. Bei IPCC(1996)-4.113 werden N-Emissionen, die dem Auswaschungsprozess vorausgehen, nicht subtrahiert. Das deutsche Verfahren subtrahiert diese Verluste (siehe Kapitel 11.5.1) und berechnet die ausgewaschene N-Menge proportional zur im Boden verfügbaren N-Menge mit dem Faktor  $FRAC_{\text{leach}} = 0,3 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (IPCC(1996)-4.106).

$$E_{\text{N}_2\text{O, leach}} = m_{\text{leach}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O, leach}} \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.14)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O, leach}}$	emission rate of N <sub>2</sub> O due to leaching and run off (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$m_{\text{leach}}$	amount of N leached (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{N}_2\text{O, leach}}$	emission factor for N from leaching and run off (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )

with

$$m_{\text{leach}} = m_{\text{soil}} \cdot FRAC_{\text{leach}} \quad (11.15)$$

and

$$m_{\text{soil}} = m_{\text{man, s}} + m_{\text{graz, s}} + m_{\text{fert, s}} + m_{\text{sl, s}} + m_{\text{cr, s}} + m_{\text{fix, s}} \quad (11.16)$$

where

$m_{\text{leach}}$	amount of N leached (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{man, s}}$	N available in the soil due to manure application (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{graz, s}}$	N available in the soil due to excretions during grazing (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{fert, s}}$	N available in the soil due to fertilizers (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{sl, s}}$	N available in the soil due to sewage sludge application (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{cr, s}}$	N available in the soil due to crop residues (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{fix, s}}$	N available in the soil due to biological N fixation (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$FRAC_{\text{leach}}$	fraction of N liable to leaching and run off (in kg kg <sup>-1</sup> N), see above and Chapter 12.1.6

## 11.5.2.2 Emission factor / Emissionsfaktor

The IPCC(1996)-3-4.106 ff emission factor ( $EF_5 = 0.025 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) represents the knowledge available at the time.

The emission factor derived for IPCC (2006), Table 11.3 ( $EF_5 = 0.0075 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) includes the knowledge gained since then (see dates of publications listed in IPCC (2006), Table 11.3, and footnote 23).

Nevertheless, due to the decision of the ERT in the In-Country Review in September 2010, the default emission factor proposed in IPCC (1996) is used.

IPCC(1996)-3-4.105, Table 4-23, provides an uncertainty range of the emission factor (i. e. the 95 % confidence interval) of  $0.002 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  to  $0.12 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . Hence, the distribution is asymmetric (lognormal). The larger of the two resulting uncertainties is used in accordance with IPCC(2000)-6.14. The ratio of  $0.12/0.025 = 4.8$  then results in a relative uncertainty of 380 % of the emission factor used. This uncertainty is defined as the interval between the emission factor used and the upper boundary of the 95 % confidence interval.

Der in IPCC(1996)-3-4.106 ff beschriebene Emissionsfaktor ( $EF_5 = 0.025 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) ist Ausdruck des Stands des Wissens zu dieser Zeit.

Der in IPCC (2006), Tabelle 11.3 aufgeführte Emissionsfaktor ( $EF_5 = 0.0075 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) verdeutlicht den Wissenszuwachs seitdem, siehe auch die Erscheinungsdaten der in IPCC (2006), Tabelle 11.3 und Fußnote 23, hinzugezogenen Veröffentlichungen.

Dennoch wird aufgrund der Entscheidung des ERT im In-Country-Review im September 2010 der in IPCC (1996) angegebene Emissionsfaktor verwendet.

Der Unsicherheitsbereich des Emissionsfaktors (interpretiert als 95 %-Konfidenzintervall) wird von IPCC(1996)-3-4.105, Table 4-23, mit  $0.002 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  bis  $0.12 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angegeben. Demnach handelt es sich um eine asymmetrische Verteilung (lognormal). Von den beiden daraus resultierenden unterschiedlichen Unsicherheiten wird entsprechend IPCC(2000)-6.14 die größere verwendet: Aus dem Verhältnis von  $0.12/0.025 = 4.8$  ergibt sich eine relative Unsicherheit (d. h. ein Intervall zwischen verwendetem Emissionsfaktor und oberer Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles) von 380 % des Emissionsfaktors.

11.6 Intercomparison of  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

In Table 11.4 a comparison is made of  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors for soils between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions and German data in this inventory.

In the inventory at hand, Germany makes use of the default emission factors according to IPCC(1996) as is done by most of the neighbouring countries.

In Table 11.4 erfolgt für Böden eine Gegenüberstellung von  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktoren für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist.

Deutschland verwendet im Inventar wie die meisten Nachbarstaaten die default-Emissionsfaktoren nach IPCC(1996).

Table 11.4: Soils, 2009, intercomparison of  $\text{N}_2\text{O}$  implied emission factors

( $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ )	$EF_{\text{N}_2\text{O, min\_fert}}$	$EF_{\text{N}_2\text{O, manure}}$	$EF_{\text{N}_2\text{O, legumes}}$	$EF_{\text{N}_2\text{O, crop\_residues}}$	$EF_{\text{histosols}}$	$EF_{\text{N}_2\text{O, grazing}}$	$EF_{\text{N}_2\text{O, deposition}}$	$EF_{\text{N}_2\text{O, leaching}}$
Austria	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125		0.0200	0.0100	0.0250
Belgium	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125		0.0200	0.0100	0.0250
Czech Republic	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125		0.0200	0.0100	0.0250
Denmark	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125		0.0200	0.0100	0.0250
France	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125		0.0200	0.0100	0.0250
Germany	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125		0.0200	0.0100	0.0250
Netherlands	0.0099	0.0200	0.0100	0.0100		0.0165	0.0098	0.0243
Poland	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125		0.0200	0.0100	0.0251
Switzerland	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125		0.0200	0.0100	0.0250
United Kingdom	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125		0.0200	0.0100	0.0250
IPCC(1996)-2-4.37, -3-4.104, 4.105	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	5	0.0200	0.0100	0.0250
IPCC (2000)-4.60, 4.73					8		0.0100	0.0250
IPCC(2006)-11.6, 11.11, 11.24	0.01	0.01	no method	0.01	8	0.01 / 0.02	0.01	0.0075

Sources: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC (2011), Table 4.Ds1

# **11.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen**

Table 11.5: Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	NH <sub>3</sub> , legumes	EM1002.01	
		N <sub>2</sub> O, legumes	EM1002.04	
		NH <sub>3</sub> , animal grazing	EM1002.02	
		N <sub>2</sub> O, animal grazing	EM1002.05	
		NO, animal grazing	EM1002.12	
		N <sub>2</sub> O, crop residues	EM1002.06	
		N <sub>2</sub> O, indirect, deposition	EM1002.07	
		N <sub>2</sub> O, indirect, leaching	EM1002.08	
Activity data	Aktivitäten	areas and yields, arable and grassland	AC1002.01	AC1002.121
		N fixed by legumes	AC1002.122	
		N inputs grazing	AC1002.123	AC1002.125
		N in crop residues	AC1002.126	
		N deposited	AC1002.127	
		N input liable to leaching	AC1002.128	AC1002.131
Emission factors	Emissionsfaktoren	NH <sub>3</sub> , legumes	IEF1002.01	
		N <sub>2</sub> O, legumes	IEF1002.03	
		NH <sub>3</sub> , animal grazing	IEF1002.02	
		N <sub>2</sub> O, animal grazing	IEF1002.04	
		NO, animal grazing	IEF1002.09	
		N <sub>2</sub> O, crop residues	IEF1002.05	
		N <sub>2</sub> O, indirect, deposition	IEF1002.06	
		N <sub>2</sub> O, indirect, leaching	IEF1002.07	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1002.01	AI1002.04

## 12 Calculation of fractions / Berechnung von Verhältniszahlen

The fraction entities described in the following have to be reported within the framework of emission reporting (CRF Table 4.Ds2).

Die nachstehend beschriebenen Verhältniszahlen sind im Rahmen der Treibhausgas-Emissionsberichterstattung zu berichten (CRF-Tabelle 4.Ds2).

### 12.1 Calculation procedures / Berechnungsverfahren

#### 12.1.1 *Fraction of crop residue burned ( $Frac_{BURN}$ ) / Anteil der Ernterückstände, die auf dem Feld verbrannt werden ( $Frac_{BURN}$ )*

Burning of crop residues is allowed in a very limited number of cases (see Chapter 4.3). However, the amounts are unseizable. In any case, they are considered to be negligible.

“NO” (not observed) is entered into the CRF Table for  $Frac_{BURN}$ .

Das Verbrennen von Ernterückständen ist in Deutschland nur in Ausnahmefällen erlaubt (vgl. Kapitel 4.3). Die Mengen sind nicht erfassbar und werden als vernachlässigbar angesehen.

In die CRF-Tabelle wird „NO“ (not observed) eingetragen.

#### 12.1.2 *Fraction of livestock N excretion in excrements burned for fuel ( $Frac_{FUEL}$ ) / Anteil der tierischen N-Ausscheidungen in Dung, der als Heizmaterial dient ( $Frac_{FUEL}$ )*

In Germany, dung is not used as fuel.

“NO” (not observed) is entered into the CRF Table for  $Frac_{FUEL}$ .

Die Nutzung von Dung als Brennstoff wird in Deutschland nicht praktiziert.

In die CRF-Tabelle wird „NO“ (not observed) eingetragen.

#### 12.1.3 *Fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as $NH_3$ -N and $NO_x$ -N ( $Frac_{GASF}$ ) / Anteil der N-Menge, die als Folge der Ausbringung von Mineraldüngern als $NH_3$ -N und $NO_x$ -N emittiert wird ( $Frac_{GASF}$ )*

$Frac_{GASF}$  is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results:

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{GASF}$  nicht als Eingabegröße.  $Frac_{GASF}$  wird als Ausgabegröße wie folgt berechnet:

$$Frac_{GASF} = \frac{E_{NH_3-N, fert} + E_{NO-N, fert}}{m_{fert}} \quad (12.1)$$

where

$Frac_{GASF}$	fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as $NH_3$ -N and $NO_x$ -N (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{fert}$	amount of N applied with mineral fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$E_{NH_3-N, fert}$	$NH_3$ -N nitrogen emitted due to application of mineral fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> $NH_3$ -N)
$E_{NO-N, fert}$	$NO$ -N nitrogen emission due to application of mineral fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> $NO$ -N)

Gaseous losses from the application of mineral fertilizers are described in Chapter 10.1. They depend on type and amount of the fertilizers applied, the system fertilised, and temperature.

Thus,  $Frac_{GASF}$  is not a constant.

Die gasförmigen N-Verluste aus der Mineraldünger-Anwendung sind in Kapitel 10.1 beschrieben. Ihr Ausmaß ist abhängig von Art und Menge des Düngers, dem gedüngten System und der Temperatur.

$Frac_{GASF}$  ist daher keine Konstante.



#### 12.1.4 Fraction of livestock N excretion that volatilises as $\text{NH}_3$ and $\text{NO}_x$ ( $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ ) / Anteil der N-Menge, die vor und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern als $\text{NH}_3$ und $\text{NO}_x$ emittiert wird ( $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ )

$\text{Frac}_{\text{GASM}}$  is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results:

The definition given for  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  in CRF-4.Ds2 („Fraction of livestock N excretion that volatilizes as  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}_x$ “) agrees with the definition provided implicitly in Equation 11.9 in IPCC (2006)-11.21. This becomes obvious when rearranging Equation 9 in IPCC (1996)-4.112 to solve for  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ :

$$\text{Frac}_{\text{GASM, Eq. 9}} = \frac{E_{\text{N}_2\text{O}} / EF_4 - N_{\text{fert}} \cdot \text{Frac}_{\text{GASF}}}{N_{\text{ex}}} \quad (12.2)$$

where

$\text{Frac}_{\text{GASM, Eq. 9}}$	$\text{Frac}_{\text{GASM}}$ -Größe aus Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112 (in Gg Gg <sup>-1</sup> )
$E_{\text{N}_2\text{O}} / EF_4$	Gesamtemission von $\text{N}_2\text{O}$ -N aus landwirtschaftlichen Böden aufgrund der Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Emission von $\text{NH}_3$ -N und $\text{NO}$ -N (in Gg a <sup>-1</sup> $\text{N}_2\text{O}$ -N)
$N_{\text{fert}} \cdot \text{Frac}_{\text{GASF}}$	Emission von $\text{N}_2\text{O}$ -N durch Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Emission von $\text{NH}_3$ -N und $\text{NO}$ -N bei der Anwendung von Mineraldünger (in Gg a <sup>-1</sup> $\text{N}_2\text{O}$ -N)
$N_{\text{ex}}$	nationale Gesamt-N-Menge aus tierischen Ausscheidung (in Gg a <sup>-1</sup> N)

$\text{NH}_3$ -N and  $\text{NO}$ -N emissions due to bedding material considered in the German inventory are not accounted for in the definition given above. However, N inputs due to bedding material and the resulting emissions are part of the N flow concept used in the German inventory (see Chapter 3.5) and need to be considered in the definition of a  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  entity consistent with the emission results of the German inventory. This leads to the specific definition of the  $\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}}$  entity reported by Germany:

Das deutsche Inventar verwendet  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  nicht als Eingabegröße.  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  wird stattdessen als Ausgabegröße berechnet.

Die in CRF-4.Ds2 angegebene Definition von  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  („Fraction of livestock N excretion that volatilizes as  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}_x$ “) entspricht der implizit durch Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112 gegebenen Definition. Dies wird deutlich, wenn Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112 nach  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  umgeformt wird:

$$\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}} = \frac{(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{MM}} + (E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{graz}}}{m_{\text{excr}} + m_{\text{straw}}} \quad (12.3)$$

where

$\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}}$	fraction of total N from animal excretion and N import with bedding that volatilizes as $\text{NH}_3$ -N and $\text{NO}$ -N, German definition (in Gg Gg <sup>-1</sup> )
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{MM}}$	$\text{NH}_3$ -N and $\text{NO}$ -N emissions from manure management (housing, including N input with bedding material; storage; application) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{graz}}$	$\text{NH}_3$ -N and $\text{NO}$ -N emissions from grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr}}$	amount of N excreted in animal houses and during grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{straw}}$	amount of N added by bedding (in Gg a <sup>-1</sup> N)

For the treatment of  $\text{NO}$  as a result of the application of animal manures and of grazing we refer to Chapters 10.2 bzw. 11.2.

$\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}}$  is not a constant entity as the the input data vary with time.

Due to the differences of the  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  definitions discussed above it is not possible to use  $\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}}$  in Equation 9 in IPCC (1996)-4.112 to check the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions reported in the German inventory (see also Chapter 11.4.2.1).

Zu den  $\text{NO}$ -Emissionen infolge Wirtschaftsdünger-Ausbringung und Weidegang siehe Kapitel 10.2 bzw. 11.2.

Wegen der zeitlich variierenden Eingangsdaten ist  $\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}}$  keine Konstante.

Wegen der oben genannten Unterschiede in den  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ -Definitionen ist es nicht möglich, durch Einsetzen von  $\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}}$  in Gleichung 9 aus IPCC (1996b)-4.112 die im deutschen Inventar berichteten indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen nachzuvollziehen, siehe dazu Kapitel 11.4.2.1.

### 12.1.5 *Fraction of livestock N excreted and deposited onto soil during grazing ( $Frac_{GRAZ}$ ) / Anteil des beim Weidegang ausgeschiedenen N an der Gesamtausscheidung von N ( $Frac_{GRAZ}$ )*

$Frac_{GRAZ}$  is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results:

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{GRAZ}$  nicht als Eingabegröße.  $Frac_{GRAZ}$  wird als Ausgabegröße wie folgt berechnet:

$$Frac_{GRAZ} = \frac{m_{graz}}{m_{graz} + m_{yard} + m_{house}} \quad (12.4)$$

where

$Frac_{GRAZ}$	fraction of livestock N excreted and deposited onto soil during grazing
$m_{graz}$	amount of nitrogen excreted during grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{yard}$	amount of nitrogen excreted in yards (including milking parlour) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{house}$	amount of nitrogen excreted in the animal house (in Gg a <sup>-1</sup> N)

### 12.1.6 *Fraction of N input to soils that is lost through leaching and runoff ( $Frac_{LEACH}$ ) / Anteil des N-Eintrags in Böden, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren wird ( $Frac_{LEACH}$ )*

The amount of N liable to form N<sub>2</sub>O after leaching of N returned to soil or by runoff of surface waters is estimated in this inventory using a constant default value in accordance with IPCC(2006)-11.21 f.

Der Anteil an N, der durch Auswaschung oder Oberflächenabfluss von im Boden vorhandenem N zur Bildung von N<sub>2</sub>O verfügbar ist, wird nach IPCC(2006)-11.21 f. mit einem festen Wert angesetzt:

$$Frac_{LEACH} = \frac{m_{leach}}{m_{soil}} = 0.3 \text{ kg kg}^{-1} \quad (12.5)$$

where

$Frac_{LEACH}$	Fraction of N input to soils that is lost through leaching and runoff (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{leach}$	amount of N liable to N <sub>2</sub> O formation after leaching and run-off (in Gg a <sup>-1</sup> N), see Chapter 11.5.2.1
$m_{soil}$	total amount of N input available in the soil due to fertilizers, manure application, grazing, crop residues, and biological N fixation (in Gg a <sup>-1</sup> N), see Chapter 11.5.2.1

$Frac_{LEACH}$  is used for emission calculations within the German inventory.

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{LEACH}$  als Eingabegröße.

### 12.1.7 *Fraction of N in non-N-fixing crops ( $Frac_{NCR0}$ ) / N-Anteil in Pflanzen außer Leguminosen ( $Frac_{NCR0}$ )*

$Frac_{NCR0}$  is the fraction of nitrogen in non-N fixing plants. It is calculated as weighted mean from the respective entities for agricultural and horticultural cultures excluding legumes.

$Frac_{NCR0}$  ist der N-Anteil an der Trockenmasse von nicht-N-fixierenden Pflanzen und ergibt sich als gewichtetes Mittel aus der entsprechenden Größe für Ackerbau und Gartenbaukulturen unter Ausschluss von Leguminosen.

$Frac_{NCR0}$  is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results:

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{NCR0}$  nicht als Eingabegröße.  $Frac_{NCR0}$  wird als Ausgabegröße wie folgt berechnet:

$$Frac_{NCR0} = \frac{Frac_{NCR0, AC} \cdot m_{AC} + Frac_{NCR0, HC} \cdot m_{HC}}{m_{AC} + m_{HC}} \quad (12.6)$$

$$Frac_{NCR0, AC} = \frac{1}{x_{DM, AC}} \cdot \frac{\sum A_i \cdot y_i \cdot [(1 + a_{above, i}) \cdot x_{N, above, i} + a_{below, i} \cdot x_{N, below, i}]}{\sum A_i \cdot y_i \cdot (1 + a_{above, i} + a_{below, i})} \quad (12.7)$$

$$Frac_{NCR0, HC} = \frac{1}{x_{DM, HC}} \cdot \frac{\sum A_j \cdot y_j \cdot [x_{N, yield, j} + x_{N, j} \cdot (a_j + a_j \cdot \delta_{HC} + \delta_{HC})]}{\sum A_j \cdot y_j \cdot (1 + a_j + a_j \cdot \delta_{HC} + \delta_{HC})} \quad (12.8)$$

where

$Frac_{NCR0}$	fraction of N in non-N-fixing agricultural and horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> )
$Frac_{NCR0, AC}$	fraction of N in non-N-fixing agricultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{DM, AC}$	overall ratio of dry matter to fresh matter for agricultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below
$Frac_{NCR0, HC}$	fraction of N in non-N-fixing horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{DM, HC}$	overall ratio of dry matter to fresh matter for horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below
$m_{AC}$	total mass of agricultural crops (in kg)
$m_{HC}$	total mass of horticultural crops (in kg)
$i$	running index for agricultural crops
$j$	running index for horticultural crops
$A_i$	area covered by crop i (in ha)
$y_i$	yield of crop i, in fresh matter (in kg ha <sup>-1</sup> )
$a_{above, i}$	ratio of above ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, above, i}$	N content of above ground residues of crop i, related to fresh matter, also used for the yield (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$a_{below, i}$	ratio of below ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, below, i}$	N content of below ground residues of crop i, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$a_j$	ratio of crop residues to crop yield of crop j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, j}$	N content of crop residues of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$x_{N, yield, j}$	N content of normally harvested parts of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$\delta_{HC}$	factor describing the amount of not harvested horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 11.3.1.11

The relevant areas and yields are reported in the official statistics. All other parameters needed are listed in Table 11.2 and Table 11.3.

The weighted mean of the dry matter content of agricultural cultures is calculated as follows from given data on dry matter contents:

$$x_{DM, AC} = \frac{\sum A_i \cdot y_i \cdot (1 + a_{above, i} + a_{below, i}) \cdot x_{DM, i}}{\sum A_i \cdot y_i \cdot (1 + a_{above, i} + a_{below, i})} \quad (12.9)$$

where

$x_{DM, AC}$	overall ratio of dry matter to fresh matter for agricultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below
$A_i$	area covered by crop i (in ha)
$i$	running index for agricultural crops
$y_i$	yield of crop i, in fresh matter (in kg ha <sup>-1</sup> )
$a_{above, i}$	ratio of above ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{below, i}$	ratio of below ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{DM, i}$	ratio of dry matter to fresh matter for crop i (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Table 11.2

As the contribution of horticultural cultures to the total harvest is small, the calculation of  $Frac_{NCR0}$  is simplified by using an overall dry matter content of 15 % (i. e. 0,15 kg kg<sup>-1</sup>). This assumption is based on the range of dry matter contents (10 to 20 %) provided in Belitz et al. (2008), pg. 795.

Flächen und Erträge werden dabei der amtlichen Statistik entnommen, alle anderen wesentlichen Größen sind in Table 11.2 und Table 11.3 aufgelistet.

Das gewichtete Mittel des Trockenmassegehaltes für Ackerbaufrüchte wird wie folgt aus gegebenen Trockenmasse-Kennwerten berechnet:

Aufgrund der mengenmäßig geringen Bedeutung der Gartenbauernte für die Berechnung von  $Frac_{NCR0}$  wird der mittlere Trockenmassegehalt vereinfachend mit 15 % (d. h. 0,15 kg kg<sup>-1</sup>) angenommen. Diese Annahme beruht auf der Angabe der Spannbereite des Gemüse-Trockenmassegehaltes von 10 bis 20 % in Belitz et al. (2008), S. 795.

### 12.1.8 Fraction of N in N-fixing crops ( $Frac_{NCRBF}$ ) / N-Anteil in Leguminosen ( $Frac_{NCRBF}$ )

$Frac_{NCRNF}$  is the fraction of nitrogen in N fixing plants. It is calculated as weighted mean for legumes. Here, peas, broad beans, lupines, clover and clover-

$Frac_{NCRBF}$  beschreibt den N-Anteil an der Trockenmasse von N-fixierenden Pflanzen. Er wird als gewichtetes Mittel für Leguminosen berechnet. Berücksichtigt

grass/clover-alfalfa mixtures, alfalfa, horticultural peas, French beans and runner beans are considered. The calculation procedure equals that described in Chapter 12.1.7. The same data source is used.

$Frac_{NCRBF}$  is not used for emission calculations within the German inventory. It is back-calculated from inventory results:

### 12.1.9 *Fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product* ( $Frac_{Remove}$ ) / Anteil der oberirdischen Biomasse, der als Ernteprodukt abgefahren wird ( $Frac_{Remove}$ )

The definition of  $Frac_{Remove}$  is not described unambiguously in IPCC (1996) and IPCC(2006): a calculation procedure is not provided.

CRF Table 4.D gives an inconsistent explanation. Only the definition provided in CRF Table 4.Ds2 (“Fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product”) can be used to derive a calculation method.

The fraction mentioned can be assessed reasonably for those crops of which above ground crop products are removed. This inventory calculates  $Frac_{Remove}$  for cereals, rape, peas, beans, lupines, grass and ignores root crops and horticultural crops, the latter due to insufficient data.

For the assessment of  $N_2O$  emissions from crop residues, the amounts of straw used as bedding have to be taken into account. They are quantified for each straw based system as described in the chapters on livestock production. However, these amounts are not considered as crop products.

werden Futtererbsen, Ackerbohnen, Gelblupinen, Klee, kleehaltige Gemische, Luzerne, Gemüseerbsen, Buschbohnen und Stangenbohnen. Das Rechenverfahren entspricht dem in Kapitel 12.1.7 beschriebenen, ebenso die Herkunft der benötigten Daten.

Das deutsche Inventar verwendet  $Frac_{NCRBF}$  nicht als Eingabegröße.  $Frac_{NCRBF}$  wird stattdessen als Ausgabegröße berechnet.

Die Definition von  $Frac_{Remove}$  ist in IPCC (1996) und IPCC(2006) nicht eindeutig beschrieben: Eine Berechnungsmethode wird nicht angegeben.

Die CRF-Tabelle 4.D gibt eine widersprüchliche Erklärung. Lediglich die aktuelle CRF-Tabelle 4.Ds2 gibt als nutzbare Definition „den Anteil der oberirdischen Biomasse, die als Erntegut abgefahren wird“ an.

Dieser Anteil lässt sich für diejenigen Feldfrüchte sinnvoll bestimmen, die oberirdische Früchte ausbilden.  $Frac_{Remove}$  wird in diesem Inventar für Getreide, Raps, Erbsen, Bohnen, Lupinen und Gräser berechnet. Hackfrüchte und Gemüse werden nicht berücksichtigt, letztere wegen unzureichender Datengrundlage.

Bei der Berechnung der  $N_2O$ -Emissionen aus Ernterückständen werden die Strohmenngen, die als Einstreu dienen, berücksichtigt. Sie werden für jedes strohgebundene Verfahren berechnet. Einzelheiten sind für jede Tierkategorie in den Kapiteln zur Tierproduktion aufgeführt. Diese Mengen werden nicht als Ernteprodukte bewertet.

$$Frac_{Remove} = Frac_R = \frac{\sum A_i \cdot y_i \cdot x_{DM,i}}{\sum A_i \cdot y_i \cdot x_{DM,i} \cdot (1 + a_{above,i})} \quad (12.10)$$

where

$Frac_{Remove}$	fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product (in kg kg <sup>-1</sup> )
i	running index for agricultural crops
$A_i$	area covered by crop i (in ha)
$y_i$	yield of crop i (in kg ha <sup>-1</sup> )
$x_{DM,i}$	dry matter content of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{above,i}$	ratio of above ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )

## 12.2 Tables volume: tables related to chapters 12.1.1 to 12.1.9/ Tabellenband: Tabellen zu den Kapiteln 12.1.1 to 12.1.9

Table 12.1: Fractions  $Frac_x$ , related tables provided with the data CD

$Frac_{GASF}$	AI1001.01
$Frac_{GASM}$	AI1001.02
$Frac_{GRAZ}$	AI1001.03
$Frac_{LEACH}$	AI1002.01
$Frac_{NCR0}$	AI1002.02
$Frac_{NCRBF}$	AI1002.03
$Frac_R$	AI1002.04

### 12.3 Intercomparison with results from neighbouring countries / Vergleich mit Ergebnissen benachbarter Staaten

In Table 12.2 the fractions  $Frac_{GASF}$ ,  $Frac_{GASM}$ ,  $Frac_{GRAZ}$ ,  $Frac_{LEACH}$ ,  $Frac_{NCR0}$ ,  $Frac_{NCRBF}$  and  $Frac_{Remove}$  obtained for Germany are compared with those reported for adjoining countries and countries, whose agricultural practice can be compared to German conditions.

In Table 12.2 sind die für Deutschland ermittelten Anteile  $Frac_{GASF}$ ,  $Frac_{GASM}$ ,  $Frac_{GRAZ}$ ,  $Frac_{LEACH}$ ,  $Frac_{NCR0}$ ,  $Frac_{NCRBF}$  und  $Frac_{Remove}$  den Ergebnissen solcher Staaten, die benachbart sind oder deren landwirtschaftliche Praxis mit der deutschen vergleichbar ist, gegenüber gestellt.

Table 12.2: Fractions  $Frac_x$ , 2009, intercomparison of fractions explaining direct and indirect  $N_2O$  emissions

	$Frac_{GASF}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{GASM}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{GRAZ}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{LEACH}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{NCR0}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{NCRBF}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{Remove}$ kg kg <sup>-1</sup>
Austria	0.039	0.271	0.058	0.300	0.009	0.026	0.341
Belgium	0.035	0.308	0.310	0.124	0.015	0.030	0.489
Czech Republic	0.100	0.200	0.212	0.300	0.015	0.030	0.450
Denmark	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
France	0.100	0.200	0.413	0.300	0.009	0.030	NA
<b>Germany</b>	<b>0.044</b>	<b>0.296<sup>a</sup></b>	<b>0.108</b>	<b>0.300</b>	<b>0.023</b>	<b>0.043</b>	<b>0.631</b>
Netherlands	0.050	0.097	0.162	0.120	NE	NE	NE
Poland	0.100	0.200	0.069	0.300	0.014	0.026	0.440
Switzerland	0.036	0.331	0.192	0.200	0.016	0.023	0.702
United Kingdom	0.100	0.200	0.520	0.300	0.015	0.030	0.450
IPCC(1996)-3-4.94, 4.101, 4.106	0.100	0.200	0.02 to 0.96	0.30	0.015	0.030	0.450
IPCC(2000)							
IPCC(2006)-11.11, 11.24	0.100	0.200	Equation 11.5	0.30	Equation 11.6	Equation 11.6	Equation 11.6

Source: Germany: submission 2012; all other countries: UNFCCC (2011), Table 4.Ds2

<sup>a</sup> calculated as  $Frac_{GASM}$ , Germany, see Chapter 12.1.4.

The scatter in  $Frac_{GASF}$  can be related to the use of urea. However, data on the frequency distribution of the application of the various mineral fertilizers are not available.

For problems with respect to a consistent definition of  $Frac_{GASM}$  see Chapter 12.1.4.

The scatter for  $Frac_{Remove}$  is attributed to differences in the interpretation of the guidance documents.

Die Streuung bei  $Frac_{GASF}$  kann möglicherweise auf unterschiedliche Anteile von Harnstoff zurück geführt werden. Die zur Beurteilung erforderlichen Daten sind jedoch nicht verfügbar.

Zu Problemen hinsichtlich einer konsistenten Definition von  $Frac_{GASM}$  siehe Kapitel 12.1.4.

Die Streuung von  $Frac_{Remove}$  wird auf unterschiedlich interpretierte Rechenweisen zurückgeführt.

### 13 Assessment of the uncertainties of the emission inventory / Bestimmung der Unsicherheiten des Emissionsinventars

The assessment of the overall uncertainty of the emissions of a chemical species is achieved by combining the uncertainties of the respective implied emission factors (IEF) and activities (animal numbers, areas). However, the overall complexity of the emission calculations proves to be quite a problem with respect to a direct derivation of uncertainties of the IEF from the uncertainties of the partial emission factors involved in the calculation procedures.

The following chapters discuss the uncertainties of all relevant implied emission factors. As far as possible at the time being, uncertainties are estimated using a Gaussian error propagation calculation (see Chapter 13.1). This presupposes the (simplifying) assumption that the input data show normal frequency distributions. However, this is in line with the Tier 1 approach recommended in the IPCC (2000) chapter "Quantifying Uncertainties in Practice".

A separate chapter combines the uncertainties of the implied emission factors to assess the overall uncertainty of the greenhouse gas emissions reported for the German agriculture. Again, calculations follow the recommendations of the IPCC (2000) chapter "Quantifying Uncertainties in Practice".

Die Unsicherheiten (Betrag und Verteilungstyp) von effektiven Emissionsfaktoren (IEF) werden – neben der Unsicherheit der Aktivität (Tierzahl, Fläche) – zur Beurteilung der Unsicherheit der nationalen Gesamtemission einer Spezies benötigt. Dabei steht vielfach die Komplexität der Emissionsberechnung einer direkten Ableitung der IEF-Unsicherheiten aus den Unsicherheiten der partiellen Emissionsfaktoren entgegen.

Die nachfolgenden Kapitel gehen auf die Unsicherheiten aller relevanten effektiven Emissionsfaktoren ein. Soweit derzeit möglich wird eine Schätzung auf Grundlage der Gaußschen Fehlerrechnung (s. Kapitel 13.1) vorgenommen. Dazu wird vereinfachend vorausgesetzt, dass die eingehenden Größen normalverteilt sind. Dies entspricht dem in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebenen Stufe-1-Verfahren.

Aufbauend auf den Unsicherheiten der effektiven Emissionsfaktoren wird in einem separaten Kapitel die Unsicherheit des Treibhausgas-Inventars der deutschen Landwirtschaft behandelt. Dies erfolgt ebenfalls auf Grundlage der Ausführungen in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“.

#### 13.1 Gaussian error propagation / Gaußsche Fehlerfortpflanzung

In the following chapters, the absolute uncertainty of an entity  $y$  is described using the standard error  $s(y)$  (see context of Equation 6.3 in IPCC, 2000).

The standard error  $s(y)$  of an entity  $y$  which is calculated from more than one entity  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), is derived from the uncertainties of the input data  $s(x_i)$  using the Gaussian error propagation procedure as follows:

$$s(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot s(x_i) \right)^2} \quad (13.1)$$

The relative uncertainty  $u(y)$  is defined as

$$u(y) = \frac{s(y)}{y} \quad (13.2)$$

This leads to the method describing the aggregation of relative uncertainties  $u_{x,i} = s_{x,i} / x_i$ , whenever  $y$  is the sum of  $n$  entities  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) (IPCC, 2000, Equation (6.3)):

$$u(y) = \frac{\sqrt{[u(x_1) \cdot x_1]^2 + [u(x_2) \cdot x_2]^2 + \dots + [u(x_n) \cdot x_n]^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n} \quad (13.3)$$

Im Folgenden wird die absolute Unsicherheit einer Größe  $y$  durch den Standardfehler  $s(y)$  beschrieben (vgl. Kontext zu Gleichung 6.3 in IPCC, 2000).

Der Standardfehler  $s(y)$  einer Größe  $y$ , die sich aus mehreren Größen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) berechnet, ergibt sich nach dem Gaußsche Fehlerfortpflanzungsgesetz aus den Unsicherheiten  $s(x_i)$  der eingehenden Größen:

Für die relative Unsicherheit  $u(y)$  gilt:

Hieraus folgt die in IPCC (2000) angegebene Regel (Equation (6.3)) zur Aggregation von relativen Unsicherheiten  $u_{x,i} = s_{x,i} / x_i$ , wenn  $y$  eine Summe aus  $n$  Größen  $x_i$  ist ( $i = 1, 2, \dots, n$ ):

This method can be generalized, so that negative entities  $x_i$  can also be dealt with. In this case the term underneath the radical sign remains unchanged, whereas in the denominator the respective sign becomes negative.

If  $y$  is a product from  $n$  entities  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), the error propagation is calculated as in IPCC (2006), Equation (6.4):

$$u(y) = \sqrt{[u(x_1)]^2 + [u(x_2)]^2 + \dots + [u(x_n)]^2} \quad (13.4)$$

This procedure is valid without change if one or more  $x_i$  are divisors.

When the function  $y$  becomes a function  $y' = c \cdot y$  by multiplying with a constant factor  $c$ , the absolute uncertainty calculated using Equation (15.1) becomes  $s(y') = c \cdot s(y)$ . Hence, Equation (15.2) leads to the conclusion that the relative uncertainty of  $y'$  equals that of  $y$ :  $u(y') = u(y)$ . This is made use of in Chapter 13.6.

Any calculation combining the basic arithmetical operations can be dealt with by application of a combination of the error propagation methods described above. However, this leads to an approximation to the correct value only that would be obtained from a strict application of Equation (15.1).

Hence, the Gaussian error propagation calculation is carried out using Equation (15.1) unless otherwise stated.

Diese Regel lässt sich verallgemeinern, so dass auch negative  $x_i$  berücksichtigt werden können. Dazu bleibt der Ausdruck unter der Wurzel unverändert, während im Nenner an entsprechender Stelle das negative Vorzeichen einzusetzen ist.

Wenn  $y$  ein Produkt aus  $n$  Größen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) ist, ergibt sich die in IPCC (2000) als Gleichung (6.4) angegebene Regel:

Diese Regel gilt ohne Veränderung auch für den Fall, dass ein oder mehrere  $x_i$  als Divisoren auftreten.

Wird Funktion  $y$  durch Multiplikation mit einer Konstanten  $c$  zur Funktion  $y' = c \cdot y$ , so ergibt sich aus Gleichung (15.1) die absolute Unsicherheit mit  $s(y') = c \cdot s(y)$ . Damit folgt schließlich aus Gleichung (15.2), dass die relative Unsicherheit von  $y'$  gleich derjenigen von  $y$  ist:  $u(y') = u(y)$ . Hiervon wird in Kapitel 13.6 Gebrauch gemacht.

Soll für eine Berechnung, in der die vier Grundrechenarten kombiniert sind, eine Fehlerfortpflanzungsrechnung durchgeführt werden, ist eine Kombination der oben angeführten Regeln möglich. Das Ergebnis ist allerdings nur eine Näherung des korrekten Ergebnisses nach Gleichung (15.1).

Wenn nicht anders erwähnt, wird im Folgenden die Gaußsche Fehlerrechnung in Form von Gleichung (15.1) angewendet.

## 13.2 Uncertainty of the implied emission factors for methane / Unsicherheit der effektiven Emissionsfaktoren für Methan

### 13.2.1 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation see also Chapter 3.2.2. The assessment of the respective uncertainty using the Gaussian error propagation calculation remains problematic as not all input data can be characterized by adequate uncertainties. Hence, the uncertainty of the emission factor is fixed to 20 % in accordance with IPCC(2006)-10.33 (30 % for sheep and goats).

Die Berechnung von Methanemissionen aus der Verdauung erfolgt nach Kapitel 3.2.2. Die Ermittlung der Unsicherheit des Emissionsfaktors ist mit Hilfe der Gaußschen Fehlerfortpflanzungsrechnung problematisch, da nicht für alle eingehenden Größen Unsicherheiten bekannt sind. Daher wird entsprechend der Diskussion in IPCC(2006)-10.33 eine Unsicherheit des Emissionsfaktors von 20 % angesetzt (30 % for Schafe und Ziegen).

### 13.2.2 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of methane emissions from manure management follows IPCC(2006)-10.37, see also Chapter 3.2.3.3. Again, many of the input data cannot be characterized by their uncertainties. Hence, a Gaussian error propagation cannot be applied. Instead, the uncertainty of 20 % as recommended by IPCC(2006)-10.48 is used.

Zur Berechnung von Methanemissionen aus der Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 3.2.3.3. Nicht für alle eingehenden Größen sind Unsicherheiten bekannt, so dass die Gaußschen Fehlerfortpflanzungsrechnung nicht angewendet werden kann. Es wird stattdessen nach IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 20 % angesetzt.

### 13.3 Uncertainties of the implied emission factors for N<sub>2</sub>O / Unsicherheiten der effektiven Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O

#### 13.3.1 Uncertainty of the IEF for N<sub>2</sub>O from manure management / Unsicherheit des IEF für N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of the relative uncertainties of IEF for N<sub>2</sub>O emissions from manure management makes use of a Gaussian error propagation calculation on the national scale. The methodology described below is applicable to each animal category.

The N<sub>2</sub>O emission factors used in the inventory are related to the amount of N excreted. Hence, the implied emission factor (IEF) which is related to the animal place is given by:

$$IEF_{N_{2}O-N, MM} = N_{\text{housing}} \cdot EF_{N_{2}O-N, MM} \quad (13.5)$$

where

$IEF_{N_{2}O-N, MM}$	implied N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$N_{\text{housing}}$	N excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{N_{2}O-N, MM}$	partial N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management, related to N (in kg kg <sup>-1</sup> N)

Then, according to Chapter 13.1, the relative uncertainty of the IEF is given by:

$$u(IEF_{N_{2}O-N, MM}) = \sqrt{u^2(N_{\text{housing}}) + u^2(EF_{N_{2}O-N, MM})} \quad (13.6)$$

where

$u(IEF_{N_{2}O-N, MM})$	relative uncertainty of the implied N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg kg <sup>-1</sup> )
$u(N_{\text{housing}})$	relative uncertainty of the amount of N excreted in the house (in kg kg <sup>-1</sup> )
$u(EF_{N_{2}O-N, MM})$	relative uncertainty of the partial N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg kg <sup>-1</sup> N)

The data provided in IPCC(2006)-10.67 describing N losses from manure storage are used to quantify the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factors. "Anaerobic lagoons" are not accounted for in Germany. Hence, the uncertainty of the partial emission factor for N<sub>2</sub>O-N is fixed to 50 %. This value is considered an upper limit for all animal categories.

For the N excretions an uncertainty of < 10 % can be assumed. This can be backed up with the results of a model intercomparison (Dämmgen and Lüttich, 2005, Table 2). The inventory uses a relative uncertainty  $u(N) = 0.1$ .

This leads to a relative uncertainty of  $u(IEF_{N_{2}O-N, storage}) = 51 \%$ . The preceding calculations do not allow to deduce the shape of the statistical distribution of the IEF. A standard error in the order of magnitude of  $u(IEF_{N_{2}O-N, storage})$  suggests that the distribution is not symmetric. It is assumed that the distribution can be described adequately using a lognormal distribution.

For the calculation of the uncertainty of the total GHG inventory the characterization of half the the 95 % confidence interval is needed. A value of 100 % is considered appropriate.

Die Berechnung der relativen Unsicherheit des IEF für N<sub>2</sub>O-Emission aus dem Wirtschaftsdünger-Management beruht auf der Anwendung des Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetzes auf nationaler Ebene. Die nachfolgend beschriebene Vorgehensweise ist für jede Tierkategorie anwendbar.

Die im Inventar verwendeten N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren beziehen sich auf die ausgeschiedene N-Menge. Daher gilt für den auf den Tierplatz bezogenen effektiven Emissionsfaktor (IEF):

Nach Kapitel 13.1 gilt dann für die relative Unsicherheit des IEF:

Die in IPCC(2006)-10.67 angegebenen N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-Lager werden als Maß für die Unsicherheit auch der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren verwendet. Unter Vernachlässigung der in Deutschland nicht berücksichtigten „anaerobic lagoon“ folgt eine Unsicherheit des partiellen Emissionsfaktors für N<sub>2</sub>O-N von 50 % (als oberer Schwellenwert für alle Tierkategorien).

Für die N-Ausscheidungen wird nach einem Modellvergleich (Dämmgen und Lüttich, 2005, Tabelle 2) von einem Wert < 10 % ausgegangen. Das Inventar verwendet  $u(N) = 0.1$ .

Damit ergibt sich eine relative Unsicherheit des IEF von  $u(IEF_{N_{2}O-N, storage}) = 51 \%$ . Die Berechnung lässt keinen Schluss auf die Form der statistischen Verteilung des IEF zu. Ein Standardfehler in der Höhe von  $u(IEF_{N_{2}O-N, storage})$  legt allerdings nahe, dass es sich nicht um eine symmetrische Verteilung handelt. Es wird angenommen, dass die Verteilung sich durch eine lognormale Verteilung annähern lässt.

Zur Charakterisierung des halben 95 %-Konfidenzintervalles in der Berechnung der Unsicherheit des Gesamt-THG-Inventars wird ein Wert von 100 % als angemessen angesehen.



### 13.3.2 *Uncertainty of the IEF for N<sub>2</sub>O from agricultural soils / Unsicherheit des IEF für N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlichen Böden*

#### 13.3.2.1 *Direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils / Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden*

Direct N<sub>2</sub>O emissions are subdivided in the following groups (in accordance with the organisation of CRF Table 4.Ds1):

- application of mineral fertilizer,
- application of animal manures,
- N fixation by legumes,
- crop residues,
- cultivation of histosols,
- animal grazing,
- application of sewage sludge.

For the sectors to be reported, standard emission factors according to IPCC (2006)-11.11 are used. Uncertainties for these emission factors are also provided in this document. However, the uncertainties are not symmetric with respect to the mean. A lognormal distribution is assumed. In this case, IPCC(2000)-6.14 proposes to use the higher percentage between mean and the limits of confidence. The resulting uncertainties are given in Table 13.2.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in die folgenden Gruppen unterteilt (Gliederung entsprechend CRF-Tabelle 4.Ds1):

- Anwendung von Mineraldünger,
- Wirtschaftsdünger-Ausbringung,
- N-Fixierung durch Leguminosen,
- Ernterückstände,
- Bewirtschaftung organischer Böden,
- Weidegang,
- Ausbringung von Klärschlamm.

Für die zu berichtenden Bereiche werden Standard-Emissionsfaktoren nach IPCC (2006)-11.11 verwendet, für die an gleicher Stelle auch Unsicherheitsbereiche angegeben werden. Die Unsicherheitsbereiche sind nicht symmetrisch zum Mittelwert; es ist von lognormalen Verteilungen auszugehen. Daher wird entsprechend der Empfehlung in IPCC (2000)- 6.14, die größere Prozentzahl zwischen Mittelwert und Konfidenzgrenze verwendet, s. Table 13.2.

#### 13.3.2.2 *Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden*

Indirect emissions originate from the deposition of reactive nitrogen as well as from run-off and leaching of N.

We refer to Chapters 12.4.2.2 and 11.5.2.2 for the uncertainties listed in Table 13.2.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen entstehen infolge von Deposition von reaktivem Stickstoff, sowie aus ausgewaschenem und abgeflossenem N.

Zu den in Table 13.2 eingehenden Unsicherheiten siehe Kapitel 11.4.2.2 und 11.5.2.2.

### 13.4 *Uncertainty of the IEF for NO and N<sub>2</sub> from storage / Unsicherheit des IEF für NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager*

For the calculation of relative uncertainties of the implied emission factors for NO and N<sub>2</sub> from storage the procedure described for N<sub>2</sub>O in Chapter 13.3.1 is used by analogy.

The relative uncertainties of the partial emission factors for NO and N<sub>2</sub> are estimated to be 50 % (as for N<sub>2</sub>O). The calculations yield an IEF of NO between 51.0 % (cattle) and 51.5 % (pigs) and an IEF of N<sub>2</sub> between 51.1 % (dairy cows, heifers) and 55.2 % (sows, boars).

The calculations do not allow to deduce the shape of the statistical distribution of the IEF. However, a standard error in the order of magnitude as calculated for NO and N<sub>2</sub> suggests that the distribution is not symmetric. It is assumed that the distribution can be described adequately using a lognormal distribution.

Die relative Unsicherheit der effektiven Emissionsfaktoren (IEF) für NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Lager wird analog zu dem in Kapitel 13.3.1 beschriebenen N<sub>2</sub>O-Verfahren berechnet.

Die relative Unsicherheit der partiellen Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> wird wie die bei N<sub>2</sub>O mit 50 % eingeschätzt. Für den NO-IEF ergibt sich damit eine Spanne zwischen 51,0 % (Rinder) bis 51,5 % (Schweine), für den N<sub>2</sub>-IEF zwischen 51,1 % (Milchkühe, Färssen) bis 55,2 % (Sauen, Eber).

Die Berechnungen lassen keinen Schluss auf die Form der statistischen Verteilung des IEF zu. Die berechneten Standardfehler legen allerdings nahe, dass es sich nicht um eine symmetrische Verteilung handelt. Es wird angenommen, dass die Verteilung sich durch eine lognormale Verteilung annähern lässt.

### 13.5 Uncertainty of the implied emission factor for NH<sub>3</sub> from housing and animal waste management / Unsicherheit des effektiven Emissionsfaktors für NH<sub>3</sub> aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement

The derivation of a procedure for the assessment of the relative uncertainty of the implied emission factor for NH<sub>3</sub> from housing and manure management ( $IEF_{NH_3, total}$ ) has to account for the fact that NH<sub>3</sub> emissions occur from three locations that are interlinked in the N flow system. In addition, the emissions from storage of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> have to be considered.

In order to simplify notation, indices are introduced to denote the origin of the emission from the house (1), the storage system (2) and the application of manures (3):

$$IEF_{NH_3-N, total} = IEF_{NH_3-N, 1} + IEF_{NH_3-N, 2} + IEF_{NH_3-N, 3} \quad (13.7)$$

where

$IEF_{NH_3-N, total}$  sum of implied NH<sub>3</sub>-N emission factors (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $IEF_{NH_3-N, j}$  implied NH<sub>3</sub>-N emission factor for compartment j (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 j j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)

Each implied emission factor is defined as

Dabei ist jeder IEF wie folgt definiert:

$$IEF_{NH_3-N, j} = TAN_j \cdot EF_{NH_3-N, j} \quad (13.8)$$

where

$IEF_{NH_3-N, j}$  implied NH<sub>3</sub>-N emission factor for compartment j (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 j j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)  
 $TAN_j$  TAN entering compartment j (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN)  
 $EF_{NH_3-N, j}$  partial NH<sub>3</sub>-N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg<sup>-1</sup> N)

The amounts of TAN are

Für die TAN-Mengen gilt:

$$TAN_2 = TAN_1 \cdot (1 - EF_{NH_3-N, 1}) \quad (13.9)$$

where

$TAN_2$  TAN entering storage from housing (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN)  
 $TAN_1$  TAN as excreted by an animal (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN)  
 $EF_{NH_3-N, 1}$  partial NH<sub>3</sub>-N emission factor for housing, related to TAN (in kg kg<sup>-1</sup> N)

$$TAN_3 = TAN_2 \cdot (1 - EF_{NH_3-N, 2} - ef_2) \quad (13.10)$$

where

$TAN_3$  TAN before spreading (kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN)  
 $TAN_2$  TAN entering storage from housing (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN)  
 $EF_{NH_3-N, 2}$  partial NH<sub>3</sub>-N emission factor for storage, related to TAN (in kg kg<sup>-1</sup> N)  
 $ef_2$  sum of the partial emission factors for N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg<sup>-1</sup> N)

The resulting implied emission factor for NH<sub>3</sub> emissions from housing and management is

Hieraus folgt schließlich für den effektiven Emissionsfaktor für NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement:

$$IEF_{NH_3-N, total} = TAN_1 \cdot \left[ \begin{aligned} &(EF_{NH_3-N, 1} + EF_{NH_3-N, 2} + EF_{NH_3-N, 3}) + (EF_{NH_3-N, 1} \cdot EF_{NH_3-N, 2} \cdot EF_{NH_3-N, 3}) \\ &- (EF_{NH_3-N, 1} \cdot EF_{NH_3-N, 2} + EF_{NH_3-N, 2} \cdot EF_{NH_3-N, 3} + EF_{NH_3-N, 1} \cdot EF_{NH_3-N, 3}) \\ &- (1 - EF_{NH_3-N, 1}) \cdot ef_2 \cdot EF_{NH_3-N, 3} \end{aligned} \right] \quad (13.11)$$

where

$IEF_{NH_3-N, total}$	sum of implied NH <sub>3</sub> -N emission factors (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$TAN_1$	TAN as excreted by an animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)
$EF_{NH_3-N, j}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)
$ef_2$	sum of the partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)

Its absolute uncertainty amounts to

Für die absolute Unsicherheit gilt:

$$s(IEF_{NH_3-N, total}) = \sqrt{\left( \frac{\partial IEF_{NH_3-N, total}}{\partial TAN_1} \cdot s(TAN_1) \right)^2 + \sum_{j=1}^3 \left( \frac{\partial IEF_{NH_3-N, total}}{\partial EF_{NH_3-N, j}} \cdot s(EF_{NH_3-N, j}) \right)^2 + \left( \frac{\partial IEF_{NH_3-N, total}}{\partial ef_2} \cdot s(ef_2) \right)^2} \quad (13.12)$$

where

$s(IEF_{NH_3-N, total})$	uncertainty of the total implied NH <sub>3</sub> -N emission factor (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$TAN_1$	TAN as excreted by an animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)
$EF_{NH_3-N, j}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)
$s(EF_{NH_3-N, j})$	uncertainty of the partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$ef_2$	sum of the partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$s(ef_2)$	uncertainty of the sum of the partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)

According to Chapter 13.1, the relative uncertainty is

Die relative Unsicherheit folgt dann entsprechend Kapitel 13.1 aus

$$u(IEF_{NH_3-N, total}) = \frac{s(IEF_{NH_3-N, total})}{IEF_{NH_3-N, total}} \quad (13.13)$$

where

$u(IEF_{NH_3-N, total})$	relative uncertainty of the total implied NH <sub>3</sub> -N emission factor (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$s(IEF_{NH_3-N, total})$	uncertainty of the total implied NH <sub>3</sub> -N emission factor (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$IEF_{NH_3-N, total}$	sum of implied NH <sub>3</sub> -N emission factors (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N from housing, storage and application of manure as well as the emissions of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage are integrated in the calculation of the uncertainty. The respective amounts are obtained from aggregated emission assessments on the national scale. The same applies to the amounts of TAN in the house.

According to EMEP (2009)-4.B-30, the uncertainty of partial NH<sub>3</sub> emission factors is still up to debate. Hence, the relative uncertainty of the Tier 1 emission factors for NH<sub>3</sub> is used instead. It is 30 % (EMEP 2007-B1090-19).

The relative uncertainties of the sum of the emission

In die Unsicherheitsberechnung gehend die partiellen Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>-N aus Stall, Lager, und Ausbringung sowie für die Summe von N<sub>2</sub>O-N, NO-N und N<sub>2</sub> aus dem Lager ein. Sie werden auf nationaler Ebene wird aus den aggregierten Ergebnissen der Emissionsberechnungen ermittelt. Gleiches gilt für den TAN-Mengen im Stall.

Nach EMEP (2009)-4.B-30 ist die Unsicherheit partieller NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren noch zu klären. Es wird daher nach EMEP (2007)-B1090-19 die relative Unsicherheit der Tier-1- Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub> mit 30 % verwendet (EMEP 2007-B1090-19).

Die relative Unsicherheit der Summe der partiellen

factors for  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  equals that of  $\text{N}_2\text{O}$  and is fixed to 50 % as in Chapter 13.3.1.

The relative uncertainty of the TAN inputs to the house is assumed to be 10 % (see Chapter 13.3.1).

The calculated combined relative uncertainties (for housing, storage and application) are listed in Table 13.1. The data shown here are based on the calculations performed for the last year of the time series, i. e. 2010 data sets. For mules and asses the results calculated for light horses are adopted.

The frequency distribution of the uncertainties can be assumed to be normal due to the numerous data influencing the results.

Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ -N,  $\text{NO}$ -N und  $\text{N}_2$  aus dem Lager wird wie die relative Unsicherheit für  $\text{N}_2\text{O}$  in Kapitel 13.3.1 mit 50 % angesetzt.

Für die relative Unsicherheit der TAN-Einträge werden 10 % angenommen (vgl. Kapitel 13.3.1).

Die berechneten relativen Unsicherheiten (Stall, Lager und Ausbringung zusammengefasst) sind in Table 13.1 aufgeführt. Die Ergebnisse beruhen auf den Berechnungen für das letzte Jahr der Zeitreihe, d. h. 2010. Für Esel und Maultiere wird das Ergebnis für Kleinpferde und Ponys übernommen.

Die Verteilung der Unsicherheiten kann wegen der Vielzahl der eingehenden Einflussfaktoren als normal angenommen werden.

Table 13.1: Uncertainty of the implied emission factor for  $\text{NH}_3$  from manure management (in %) (for details see text)

dairy cows 21	calves 15	heifers 20	bulls (male beef cattle) 20	suckler cows 19	bulls (mature males) 19
sows 20	weaners 19	fattening pigs 19	boars 20		
sheep 19	goats 18	heavy horses 17	light horses 17	mules, asses 17	buffalo 20
laying hens 21	broilers 19	pullets 22	geese 15	ducks 15	turkeys 16

The differences between Table 13.1 and Table 14.1 in Rösemann et al. (2011) are due to model modifications and updates of the frequencies of housing types, storage types and spreading techniques (see Chapters 1.3.3 as well as Chapter 1.3.1 in Rösemann et al., 2011). Another difference is that the data in Rösemann et al. (2011) had been provided for 2008.

Die Unterschiede zwischen Table 13.1 und Table 14.1 in Rösemann et al. (2011) beruhen auf Modelländerungen und Änderungen bei den Häufigkeiten von Haltung-, Lager- und Ausbringungsverfahren (siehe Kapitel 1.3.3 und Kapitel 1.3.1 in Rösemann et al., 2011) sowie dem Umstand, dass in Rösemann et al. (2011) das Bezugsjahr 2008 war.

### 13.6 Uncertainty of the German agricultural green house gas inventory / Unsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars

#### 13.6.1 Uncertainty table according to IPCC (2000) Tier 1 methodology / Unsicherheitstabelle gemäß IPCC (2000) Stufe-1-Verfahren

In parallel to the establishment of the inventory, an assessment of the total uncertainty of the German agricultural emission inventory was performed (see Table 13.2).

The methodology is based on the Tier 1 approach described in "Quantifying Uncertainties in Practice" in IPCC (2000) (IPCC, 2000, Chapter 6.3.2 and Table 6.1). It is based on a consistent application of the Gauss error propagation calculus. However, it does not consider the fact that this error propagation calculus presupposes a normal distribution of deviations; this is not the case for several activity data and emission factors. In addition, the Gauss error propagation calculus is designed to use standard errors. In contrast to this, the IPCC (2000) approach in "Quantifying Uncertainties in Practice" requires half the 95 % confidence interval as input variable (see pg 6.14 in the context to columns E and F). For normally distributed data this corresponds approximately to double the standard error. However, it can be shown, that the rules of the Gaussian calculus can be extended to deal with multiples of the standard error (cf. Equations 6.3 and 6.4 in IPCC, 2000).

Hence, the calculation of the overall uncertainty of the German agricultural greenhouse gas inventory uses twice the standard errors (expressed as percent of the mean) when dealing with entities distributed normal.

For asymmetric distributions IPCC (2000) stipulates in "Quantifying Uncertainties in Practice" (pg 6.14) that in Tier 1 approaches the larger of the two differences between the 2.5 % percentile and the mean and the 97.5 % percentile be used. This claim was translated into action.

For the relative uncertainties listed in Table 13.2 of the activity data and emission factors see Chapters 13.6.2 and 13.6.3.

Emissions of the single greenhouse gases in Table 13.2 were transformed in CO<sub>2</sub> equivalents using the global warming potentials (GWP) passed forward by the German Federal Environment Agency, i.e. 21 kg kg<sup>-1</sup> for CH<sub>4</sub>, and 310 kg kg<sup>-1</sup> for N<sub>2</sub>O.

Table 13.2 contains the various input data and their uncertainties (expressed as half the 95 % confidence interval) as well as intermediate results obtained during the calculation of the overall uncertainty of the agricultural greenhouse gas emission inventory.

Note that in contrast to the results reported in the last year's inventory (Haenel et al., 2010) Table 13.2 does not consider CO<sub>2</sub> emissions. This is due to the fact that CO<sub>2</sub> emissions are reported in the reporting sector 5 (LULUCF).

The overall uncertainty is expressed as percentage of the total emissions in 2009, and is listed at the very bot-

Parallel zu den Emissionberechnungen wurde eine Berechnung der Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars vorgenommen, s. Table 13.2.

Grundlage war das in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebene Stufe-1-Verfahren (IPCC, 2000, Kapitel 6.3.2 und Table 6.1). Es beruht auf durchgängiger Anwendung der Gaußschen Fehlerrechnung. Per Konvention bleibt unberücksichtigt, dass das Verfahren Normalverteilung der Abweichungen voraussetzt, eine Forderung, die von einigen Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren nicht erfüllt wird. Überdies arbeitet die Gaußschen Fehlerrechnung mit Standardfehlern. Im Gegensatz dazu verlangt das in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebene Verfahren (s. S. 6.14 im Absatz zu den Spalten E und F) die Eingabe des halben 95 %-Konfidenzintervalles, was bei einer Normalverteilung etwa dem Zweifachen des Standardfehlers entspricht. Es lässt sich allerdings zeigen, dass die Rechenregeln der Gaußschen Fehlerrechnung (vgl. Gleichung 6.3 und Gleichung 6.4 in IPCC, 2000) auch für Vielfache des Standardfehlers gelten. Dementsprechend wurden für die Berechnung der Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars im Falle von normalverteilten Größen als Unsicherheit das Zweifache des Standardfehlers eingegeben (in Prozent des Mittelwertes).

Für asymmetrische Verteilungen schreibt IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ (S. 6.14) vor, dass bei Anwendung der Stufe-1-Methode von den beiden Intervallen [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] das größere zu verwenden ist. Diese Forderung wurde umgesetzt.

Zu den in Table 13.2 eingesetzten relativen Unsicherheiten der Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren siehe Kapitel 13.6.2 und 13.6.3.

Die Umrechnung der Treibhausgas-Emissionen in Table 13.2 in CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurde entsprechend der Vorgabe des Umweltbundesamtes mit folgenden Umrechnungsfaktoren (GWP) durchgeführt: 21 kg kg<sup>-1</sup> für CH<sub>4</sub> und 310 kg kg<sup>-1</sup> für N<sub>2</sub>O.

Table 13.2 zeigt die die verschiedenen Eingabedaten (dabei Unsicherheiten in Form des halben 95 %-Konfidenzintervalles) sowie Zwischenergebnisse zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars.

Zu beachten ist, dass im Gegensatz zur Darstellung im Vorjahr (vgl. Haenel et al., 2010) keine CO<sub>2</sub>-Emissionen mehr berücksichtigt werden, da CO<sub>2</sub>-Emissionen im Berichtssektor 5 (LULUCF) berichtet werden.

Die Gesamtunsicherheit (als prozentualer Anteil der Gesamtemission des Jahres 2009) findet sich in Spalte H

tom of column H. It was obtained from the partial uncertainties listed in column H using the summation rule of the Gaussian calculus (cf Equation 15.3). The comparison of the entries in column H reveals that the overall uncertainty of the agricultural greenhouse gas inventory is caused mainly by the uncertainties connected to  $N_2O$  emissions from agricultural soils.

The total uncertainty of the GHG inventory of the German agriculture has increased by about a factor 2 compared to the result given in the last year's report (Haenel et al., 2010). To a large extent, this increase is due to the use of a 3.3-fold increased emission factor for leaching and run-off (see Chapter 11.5.2.2), to the higher uncertainty of this emission factor, and to the increased emissions caused by the increased emission factor.

The percentage uncertainties of the trends of the overall emissions from German agriculture is given at the bottom of column M. The calculation procedure applied equals that described for column H.

Due to the modification of the calculation of  $N_2O$  emissions from leaching and run-off as well as the elimination of  $CO_2$  from the total GHG uncertainty assessment, the uncertainty of the trend increases to about 150 % of the value reported in the last year's inventory (Haenel et al., 2010).

ganz unten. Sie ergibt sich entsprechend der Summenregel der Gaußschen Fehlerrechnung (s. Gleichung 15.3) aus den in Spalte H aufgelisteten Teilbeiträgen. Der Vergleich dieser Teilbeiträge zeigt, dass die Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars überwiegen durch Unsicherheiten von  $N_2O$ -Emissionen aus dem Bereich der landwirtschaftlich genutzten Böden verursacht wird.

Der 3,3-fach größere Emissionsfaktor bei den indirekten  $N_2O$ -Emissionen aus Auswaschung und Oberflächenabfluss (siehe Kapitel 11.5.2.2), die damit verbundenen erheblich vergrößerten  $N_2O$ -Emissionen sowie die größere Unsicherheit des erwähnten Emissionsfaktors sind der Hauptgrund dafür, dass sich die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgas-Inventars gegenüber der Vorjahresausgabe (Haenel et al., 2010) praktisch verdoppelt hat.

Die prozentuale Unsicherheit des Trends der Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft ist in Spalte M ganz unten dargestellt. Die Berechnung erfolgt analog zum oben beschriebenen Vorgehen bei Spalte H.

Durch die oben erwähnten Änderungen bei der Berechnung der  $N_2O$ -Emissionen aus Auswaschung und Oberflächenabfluss sowie der Nichtberücksichtigung von  $CO_2$ -Emissionen steigt die Trendunsicherheit gegenüber der Vorjahresausgabe in Haenel et al. (2010) auf knapp das Eineinhalbfache an.

### 13.6.2 *Uncertainties of activity data / Unsicherheiten von Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of single activity data we refer to the respective sections in chapters 4 to 11.

Uncertainties may be described in different ways. A differentiation is made between standard errors in normally distributed entities and uncertainties for asymmetric distributions. For the latter, the larger of the two intervals [difference between 2.5 % percentile and mean; difference between mean and 97.5 % percentile] is used (cf Chapter 13.6.1).

For cattle and buffalo numbers, the uncertainty has decreased over the past years. The uncertainty used is an estimated mean uncertainty. A sensitivity analysis showed that the accuracy of this estimated uncertainty has no impact on the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory.

The uncertainties of the activity data regarding direct  $N_2O$  emissions from agricultural soils are influenced by a comparatively large number of entities and their respective uncertainties. It is assumed that the overall uncertainty of the activity data does not exceed 20 to 30 % which is markedly less than the relative uncertainty of the emission factors (see Chapter 13.3.2). Hence the latter uncertainty dominates the overall uncertainty to such an extent that a more accurate assessment of the uncertainty of the activities appears unnecessary at present.

Zu den Unsicherheiten der Aktivitätsdaten siehe entsprechende Angaben in den Kapiteln 4 bis 11.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Unsicherheitsangaben in Form des Standardfehlers für normalverteilte Größen und Unsicherheitsangaben für asymmetrische Verteilungen, die das größere der beiden Intervalle [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] wiedergeben, s. dazu auch Kapitel 13.6.1.

Bei den Tierzahlen von Rindern und Büffeln hat die Unsicherheit über die Jahre abgenommen. Es wird daher mit einem geschätzten Mittelwert der Unsicherheit gerechnet. Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheiten ohne Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Treibhausgas-Inventars ist.

Die Unsicherheiten der Aktivitätsdaten bei direkten  $N_2O$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (N-Menge) sind eine Funktion einer größeren Anzahl an Einflussgrößen und deren Unsicherheiten. Es ist aber davon auszugehen, dass die relative Gesamtunsicherheit der Aktivitätsdaten nicht höher als 20 bis 30 % liegen und damit deutlich geringer als die relative Unsicherheit der Emissionsfaktoren (s. Kapitel 13.3.2) sind. Letztere dominiert somit die relative Unsicherheit der resultierenden  $N_2O$ -Emissionen, so dass eine genauere Bestimmung der Aktivitätsunsicherheiten derzeit nicht erforderlich erscheint.

### 13.6.3      *Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren*

For the uncertainties of single emission factors we refer to Chapters 13.2 and 13.3 and the respective sections in Chapters 4 bis 13.

Uncertainties may be described in different ways. A differentiation is made between standard errors in normally distributed entities and uncertainties for asymmetric distributions. Here the larger of the two intervals [difference between 2.5 % percentile and mean; difference between mean and 97.5 % percentile] is used (cf Chapter 13.6.1).

The statement of an uncertainty of 20 % (standard error) for the CH<sub>4</sub> emission factor for poultry ignores that the uncertainty for ducks and geese is likely to be larger (30 %, standard error). This assumption seems justified, because the contribution of ducks and geese to the CH<sub>4</sub> emissions from poultry manure management is negligible. A sensitivity analysis showed that this simplification has no effect on the uncertainty of the poultry emissions and hence no effect on the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory.

The relative uncertainties of the emission factors for CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O can be transferred directly into uncertainties of CO<sub>2</sub> equivalents. The multiplication with a constant factor has no effect on the relative uncertainty (see Chapter 13.1).

Zu den in der Unsicherheitstabelle eingesetzten relativen Unsicherheiten der Emissionsfaktoren wird auf die Kapitel 13.2 und 13.3 sowie die entsprechenden Angaben in den Kapiteln 4 bis 13 verwiesen.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Unsicherheitsangaben in Form des Standardfehlers bei normalverteilten Größen und Unsicherheitsangaben für asymmetrische Verteilungen, die das größere der beiden Intervalle [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] wiedergeben, s. dazu auch Kapitel 13.6.1

Die Unsicherheit des CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktors für das Geflügel-Wirtschaftsdünger-Management (20 %, Standardfehler) vernachlässigt, dass für Enten und Gänse 30 % (Standardfehler) gelten. Diese Vernachlässigung ist gerechtfertigt, da Enten und Gänse nur geringfügig zu den CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Geflügel-Wirtschaftsdünger-Management beitragen. Beispielberechnungen haben gezeigt, dass der genaue Wert der Unsicherheitsangabe für das gesamte Geflügel praktisch keinen Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Treibhausgasinventars hat.

Die relativen Emissionsfaktor-Unsicherheiten für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O können direkt für die Darstellung in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten übernommen werden, da letztere nur durch Multiplikation mit einem konstanten Faktor entstehen, der keinen Einfluss auf die relative Unsicherheit hat (s. Kapitel 13.1).

Table 13.2: Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory

Source category	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		Gas	Base year emissions, in CO <sub>2</sub> -eq.	Year 2010 emissions, in 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)	Combined uncertainty as % of total national emissions in year 2010	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	Uncertainty introduced into the trend in total national emissions
			Gg a <sup>-1</sup>	Gg a <sup>-1</sup>	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Enteric fermentation, dairy cows		CH <sub>4</sub>	13498.4	10898.6	6	40	40.4	6.5	0.00	0.13	0.02	1.11	1.11
		CH <sub>4</sub>	11843.5	8294.0	6	40	40.4	5.0	0.02	0.10	0.63	0.85	1.05
Enteric fermentation, other cattle		CH <sub>4</sub>	599.9	552.7	10	40	41.2	0.3	0.00	0.01	0.03	0.09	0.10
Enteric fermentation, pigs		CH <sub>4</sub>	548.7	350.9	10	60	60.8	0.3	0.00	0.00	0.07	0.06	0.09
Enteric fermentation, sheep		CH <sub>4</sub>	9.5	15.7	20	60	63.2	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Enteric fermentation, goats		CH <sub>4</sub>	169.7	161.3	10	60	60.8	0.1	0.00	0.00	0.02	0.03	0.03
Enteric fermentation, horses		CH <sub>4</sub>	1.8	1.8	100	60	116.6	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Enteric fermentation, mules and asses		CH <sub>4</sub>	0.0	2.7	10	60	60.8	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Enteric fermentation, buffalo		CH <sub>4</sub>	2320.1	2321.7	6	40	40.4	1.4	0.01	0.03	0.21	0.24	0.32
Manure management, dairy cows		CH <sub>4</sub>	1767.6	1186.1	6	40	40.4	0.7	0.00	0.01	0.12	0.12	0.17
Manure management, other cattle		CH <sub>4</sub>	2118.0	1933.1	10	40	41.2	1.2	0.00	0.02	0.10	0.33	0.34
Manure management, pigs		CH <sub>4</sub>	18.7	12.0	10	60	60.8	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, sheep		CH <sub>4</sub>	0.4	0.7	20	60	63.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, goats		CH <sub>4</sub>	26.3	25.0	10	40	41.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, horses		CH <sub>4</sub>	0.2	0.2	100	40	107.7	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, mules and asses		CH <sub>4</sub>	0.0	0.2	10	60	60.8	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, buffalo		CH <sub>4</sub>	73.5	93.8	20	40	44.7	0.1	0.00	0.00	0.02	0.03	0.04
Manure management, poultry		N <sub>2</sub> O	1048.8	835.0	6	100	100.2	1.2	0.00	0.01	0.02	0.09	0.09
Manure management, dairy cows		N <sub>2</sub> O	1020.6	839.6	6	100	100.2	1.2	0.00	0.01	0.01	0.09	0.09
Manure management, other cattle		N <sub>2</sub> O	367.0	463.9	10	100	100.5	0.7	0.00	0.01	0.20	0.08	0.21
Manure management, pigs		N <sub>2</sub> O	32.8	22.0	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Manure management, sheep		N <sub>2</sub> O	1.1	1.8	20	100	102.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, goats		N <sub>2</sub> O	61.7	58.8	10	100	100.5	0.1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Manure management, horses		N <sub>2</sub> O	0.7	0.7	100	100	141.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, mules and asses		N <sub>2</sub> O	0.0	0.4	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, buffalo		N <sub>2</sub> O	37.6	46.0	20	100	102.0	0.1	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02
Manure management, poultry		N <sub>2</sub> O	12722.4	9129.8	20	80	82.5	11.2	0.01	0.11	1.14	3.10	3.31
Soils, mineral fertilizers		N <sub>2</sub> O	5478.8	4680.8	60	80	100.0	6.9	0.00	0.06	0.23	4.77	4.78
Soils, application of manure		N <sub>2</sub> O	855.1	469.2	50	80	94.3	0.7	0.00	0.01	0.22	0.40	0.45
Soils, N fixing crops		N <sub>2</sub> O	5123.5	5513.7	50	80	94.3	7.7	0.02	0.07	1.31	4.69	4.86
Soils, crop residues		N <sub>2</sub> O	4814.7	4793.8	20	200	201.0	14.3	0.01	0.06	2.14	1.63	2.69
Soils, organic soils		N <sub>2</sub> O	2019.7	1334.5	40	200	204.0	4.0	0.00	0.02	0.73	0.91	1.16
Soils, grazing		N <sub>2</sub> O	2862.8	2213.5	50	100	111.8	3.7	0.00	0.03	0.13	1.88	1.89
Soils, indirect emissions (deposition)		N <sub>2</sub> O	13600.3	11054.5	170	380	416.3	68.2	0.00	0.13	0.12	31.94	31.94
Soils, indirect emissions (leaching, run-off)		N <sub>2</sub> O	166.9	170.0	20	80	82.5	0.2	0.00	0.00	0.03	0.06	0.07
Soils, sewage sludge emissions		N <sub>2</sub> O	83211.1	67478.5				72.1	← Uncertainty of 2010 emissions	Uncertainty of the trend →			
Total													33.1



### 13.7 Uncertainty of the German agricultural ammonia inventory / Unsicherheit des Ammoniak-Inventars für die deutsche Landwirtschaft

For the German agricultural ammonia emission inventory, an analysis of the uncertainties was performed using the methodology provided in IPCC (2000), chapter 6, in analogy to the greenhouse gas emission inventory.

The methodology is based on the Tier 1 approach described in "Quantifying Uncertainties in Practice" in IPCC (2000) (IPCC, 2000, Chapter 6.3.2 and Table 6.1). It is based on a consistent application of the Gauss error propagation calculus. However, it does not consider the fact that this error propagation calculus presupposes a normal distribution of deviations; this is not the case for several activity data and emission factors. In addition, the Gauss error propagation calculus is designed to use standard errors. In contrast to this, the IPCC (2000) approach in "Quantifying Uncertainties in Practice" requires half the 95 % confidence interval as input variable (see pg 6.14 in the context to columns E and F). For normally distributed data this corresponds to double the standard error. It can be shown, though, that the rules of the Gaussian calculus can be extended to deal with multiples of the standard error (cf Equations 6.3 and 6.4 in IPCC, 2000). Hence, the calculation of the overall uncertainty of the German agricultural greenhouse gas inventory uses twice the standard errors (expressed as percent of the mean) when dealing with entities distributed normal.

For asymmetric distributions, IPCC (2000) stipulates in "Quantifying Uncertainties in Practice" (pg 6.14) that in Tier 1 approaches the larger of the two differences between the 2.5 % percentile and the mean and the 97.5 % percentile be used. This claim was translated into action.

For the uncertainties of single activity data we refer to the respective sections in chapters 4 to 11.

For cattle and buffalo numbers, the uncertainty has not decreased over the past years. The uncertainty used is an estimated mean uncertainty. A sensitivity analysis showed that the accuracy of this estimated uncertainty has no impact on the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory.

The uncertainties of emission factors for manure management are described in Chapter 13.5, for the uncertainties of other relevant emission factors see Chapter 11.

Ranges of uncertainties that are given as multiples are transformed to relative uncertainties according to the recommendations made in IPCC (2000)-6.14. These result from the ratio of the 95 % confidence interval to the mean. Factors in form of multiples indicate an asymmetric frequency distribution. Here, the higher percentage is used for the assessment of the overall uncertainty.

Details of the calculations of the uncertainty of the German ammonia emission inventory are collated in Table 13.3. It is obvious that the overall uncertainty is

Für das Ammoniak-Inventar der deutschen Landwirtschaft wurde eine Unsicherheitsberechnung in Anlehnung an die von IPCC (2000), Kapitel 6, für das Treibhausgas-Inventar vorgeschriebene Verfahrensweise durchgeführt.

Dieses Verfahren beruht auf der durchgängigen Anwendung der Gaußschen Fehlerrechnung, wobei per Konvention unberücksichtigt bleibt, dass diese Fehlerrechnung Normalverteilung voraussetzt, eine Forderung, die von einigen der eingehenden Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren nicht erfüllt wird. Überdies ist die Gaußsche Fehlerrechnung darauf ausgelegt, mit Standardfehlern zu arbeiten. Im Gegensatz dazu verlangt das in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebene Stufe-1-Verfahren (s. S. 6.14 im Absatz zu den Spalten E und F) die Eingabe des halben 95 %-Konfidenzintervalles, was bei einer normalverteilten Größe etwa dem Zweifachen des Standardfehlers entspricht. Es lässt sich allerdings zeigen, dass die Rechenregeln der Gaußschen Fehlerrechnung (vgl. Gleichung 6.3 und Gleichung 6.4 in IPCC, 2000) auch für ein Vielfaches des Standardfehlers gelten. Dementsprechend wurden für die Berechnung der Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgas-Inventars im Falle von normalverteilten Größen als Unsicherheit das Zweifache des Standardfehlers eingegeben (in Prozent des Mittelwertes).

Für asymmetrische Verteilungen schreibt IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ (S. 6.14) vor, dass bei Anwendung der Stufe-1-Methode von den beiden Intervallen [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] das größere zu verwenden ist. Diese Forderung wurde umgesetzt.

Hinsichtlich der Unsicherheiten von Aktivitätsdaten wird auf Kapiteln 4 bis 11 verwiesen.

Bei Rindern und Büffeln hat sich die Unsicherheit der Tierzahl über die Jahre verringert. Es wird mit einem geschätzten Mittelwert der Unsicherheit gerechnet. Der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheit erwies sich als ohne Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Ammoniak-Inventars.

Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für das Wirtschaftsdüngermanagement gehen aus Kapitel 13.5 hervor. Zu den Unsicherheiten der übrigen Emissionsfaktoren s. Kapitel 11.

In Form von Faktoren gegebene Unsicherheitsbereiche werden nach IPCC (2000)-6.14 in prozentuale Unsicherheitsangaben transformiert. Diese ergeben sich aus dem Verhältnis von halbem 95 %-Vertrauensbereich zum Mittelwert. Bei Faktorenangaben ist von einer asymmetrischen Verteilung auszugehen. Daher geht die größere Prozentzahl in die Berechnung der Gesamtunsicherheit des Inventars ein.

Details der Berechnung der Unsicherheit des deutschen Ammoniak-Inventars sind in Table 13.3 dargestellt. Die Gesamtunsicherheit wird zu einem sehr großen

governed by the uncertainties characterizing the manure management of dairy cattle and the application of mineral fertilizers.

The uncertainty of the ammonia emission inventory remains the same if one uses an uncertainty of the emission factors for manuremanagement of all animals of 21.5 % (exemplary calculations using the data set for 2008).

The percentage uncertainties of the trends of the overall emissions from German agriculture is given at the bottom of column M. The calculation procedure applied equals that described for column H.

Anteil durch die Unsicherheiten der Beiträge aus dem Wirtschaftsdünger-Management von Milchkühen und der Mineraldünger-Anwendung bestimmt.

Für das Ammoniak-Inventar wird im Übrigen die gleiche Gesamtunsicherheit erzielt, wenn man für alle Tiere mit einer Unsicherheit von 21,5 % im Wirtschaftsdüngermanagement rechnet (Beispielrechnung für 2008).

Die prozentuale Unsicherheit des Trends der Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft ist in Spalte M ganz unten dargestellt. Die Berechnung erfolgt analog zum oben beschriebenen Vorgehen bei Spalte H.

Table 13.3: Uncertainty calculation for the German agricultural ammonia inventory

Source category	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
		Gas	Base year emissions	Year 2010 emissions	Activity data uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Combined uncertainty as % of total national emissions in year 2010	Type A sensitivity	Type B sensitivity	Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty	Uncertainty in trend in total national emissions		
			Gg a <sup>-1</sup>	Gg a <sup>-1</sup>	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Manure management, dairy cows		NH <sub>3</sub>	189.20	150.30	6	42	42.4	12.4	0.01	0.23	0.24	1.92	1.94	
		NH <sub>3</sub>	9.37	7.51	6	30	30.6	0.4	0.00	0.01	0.01	0.10	0.10	
	Manure management, calves		NH <sub>3</sub>	95.17	60.21	6	40	40.4	4.7	0.02	0.09	0.81	0.77	1.12
			NH <sub>3</sub>	80.70	43.43	6	40	40.4	3.4	0.03	0.07	1.15	0.56	1.28
	Manure management, heifers		NH <sub>3</sub>	5.09	12.70	6	38	38.5	1.0	0.01	0.02	0.50	0.16	0.53
			NH <sub>3</sub>	4.37	2.06	6	38	38.5	0.2	0.00	0.00	0.08	0.03	0.08
	Manure management, bulls (male beef cattle)		NH <sub>3</sub>	43.50	27.47	10	40	41.2	2.2	0.01	0.04	0.38	0.59	0.70
			NH <sub>3</sub>	8.18	5.84	10	38	39.3	0.4	0.00	0.01	0.03	0.12	0.13
	Manure management, suckler cows		NH <sub>3</sub>	95.50	74.27	10	38	39.3	5.7	0.00	0.11	0.02	1.58	1.58
			NH <sub>3</sub>	1.66	0.43	10	40	41.2	0.0	0.00	0.00	0.05	0.01	0.05
	Manure management, goats		NH <sub>3</sub>	5.21	3.48	10	38	39.3	0.3	0.00	0.01	0.03	0.07	0.08
			NH <sub>3</sub>	0.19	0.32	20	36	41.2	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02
	Manure management, sheep		NH <sub>3</sub>	7.51	7.34	10	34	35.4	0.5	0.00	0.01	0.08	0.16	0.18
			NH <sub>3</sub>	1.62	1.35	10	34	35.4	0.1	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
	Manure management, heavy horses		NH <sub>3</sub>	0.11	0.11	100	34	105.6	0.0	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
			NH <sub>3</sub>	0.00	0.07	10	40	41.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Manure management, light horses		NH <sub>3</sub>	24.27	15.62	20	42	46.5	1.4	0.00	0.02	0.20	0.67	0.70
			NH <sub>3</sub>	7.98	14.65	20	38	42.9	1.2	0.01	0.02	0.49	0.63	0.79
	Manure management, mules and asses		NH <sub>3</sub>	2.90	1.63	20	44	48.3	0.2	0.00	0.00	0.04	0.07	0.08
			NH <sub>3</sub>	0.29	0.10	20	30	36.1	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
Manure management, geese		NH <sub>3</sub>	0.53	0.83	20	30	36.1	0.1	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04	
		NH <sub>3</sub>	5.21	12.53	20	32	37.7	0.9	0.01	0.02	0.41	0.53	0.67	
Manure management, ducks		NH <sub>3</sub>	13.85	8.44	40	20	44.7	0.7	0.00	0.01	0.07	0.72	0.72	
		NH <sub>3</sub>	58.67	61.81	20	100	102.0	12.3	0.02	0.09	2.47	2.64	3.61	
Manure management, turkeys		NH <sub>3</sub>	1.71	0.94	50	20	53.9	0.1	0.00	0.00	0.01	0.10	0.10	
		NH <sub>3</sub>												
Animal grazing														
Mineral fertilizers														
N fixing crops														
Total			662.8	513.5				19.6	← Uncertainty of 2010 emissions	Uncertainty of the trend →			5.0	

## 14 References / Literatur

- ADR – Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (1993, and subsequent years) Rinderproduktion in Deutschland 1992 (and subsequent years). Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter, Bonn
- Amon B, Amon Th, Boxberger J, Alt Ch (2001) Emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, 103-113
- Anonymus (1997) Futterwertleistungsprüfung: Masthühnerküken-Alleinfutter im Test. DGS Intern 14/1997, Ulmer, Stuttgart, 10-11
- Anonymus (2001a) Legeleistungsprüfung für Hühner 1998 bis 2000. DGS Magazin 5/2001, Ulmer, Stuttgart, 12-18
- Anonymus (2001b) Masthühnerküken-Alleinfutter I: Futterwertleistungsprüfung 2001. DGS Magazin 40/2001, Ulmer, Stuttgart, 28-32
- Anonymus (2003) Legeleistungsprüfung für Hühner 2001/2002. DGS Magazin 31/2003, Ulmer, Stuttgart, 23-30
- Anonymus (2005) Legeleistungsprüfung für Hühner 2002/2004. DGS Magazin 1/2005, Ulmer, Stuttgart, 15-19
- Anonymus (2007a) Drei Futter – vergleichbare Wirtschaftlichkeit. DGS Magazin 1/2007, Ulmer, Stuttgart, 27-30
- Anonymus (2007b) Legehennen-Alleinfutter im Test. DGS Magazin 22/2007, Ulmer, Stuttgart, 26-32
- Anonymus (2007c) Legehennen-Alleinfutter im Test. Geringerer Unterschied bei braunen Hennen. DGS Magazin 48/2007, Ulmer, Stuttgart, 20-25
- Anonymus (2007d) Futterwertleistungsprüfung für Masthühnerküken-Alleinfutter I.  
[http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/mk\\_fwlp\\_2007.pdf](http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/mk_fwlp_2007.pdf) [2008-03-18]
- Anonymus (2009) Ergänzende Tabellen zum Beitrag „Weizen füttern und sparen?“ in Wochenblatt-Ausgabe 45/2009.  
<http://www.Wochenblatt.com/uploads/media/weizenbeifuetterung.pdf> [2010-07-06]
- Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, München  
see Statistische Landesämter
- Belitz HD, Grosch W, Schieberle P (2008) Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 6. Auflage. Springer, 1118 pp.
- Beyer M, Chudy A, Hoffmann L, Jentsch W, Laube W, Nehring K, Schiemann R (2004) Rostocker Futterbewertungssystem. Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs auf der Basis von Nettoenergie. Dummerstorf: Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere. 392 pp
- Blum JW (2002) Fütterung von Equiden.  
[http://www.vetmed.unibe.ch/studvet/download/year23/NOZ/NOZ%20ss%202003/Pferdef%FCtterung\\_Total.pdf](http://www.vetmed.unibe.ch/studvet/download/year23/NOZ/NOZ%20ss%202003/Pferdef%FCtterung_Total.pdf)
- Brehme G (2007) Emissionspapier Pekingentenhaltung. Unpublished, pp. 23.
- Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 52: Verordnung zur Durchführung des Fleischgesetzes und zur Änderung handelsklassenrechtlicher Vorschriften für Schlachtkörper von Rindern, Schweinen und Schafen. Ausgegeben zu Bonn am 18. November 2008
- BImSchG - Bundesimmissionsschutzgesetz (1974). Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG). Bundesgesetzblatt I (1974), pp. 721-1193; latest updated published version dd 26 September 2002 (Bundesgesetzblatt I 2002, pg. 3830); latest changes dd 26 November 2010 (Bundesgesetzblatt I 2010, pg. 1728).
- Bundesminister für Wirtschaft (1969) Gesetz über Einheiten im Meßwesen. BGBl. 1969, Teil I, 709-712
- Bundesminister für Wirtschaft (1970) Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen. BGBl. 1970, Teil I, 981-991
- Cai Z, Laughlin RJ, Stevens RJ (2001) Nitrous oxide and dinitrogen emissions from soil under different water regimes and straw amendment. *Chemosphere* 42, 113-121
- CEIP/EEA - Centre on Emission Inventories and Projections (2008) Annual Synthesis & Assessment report of CLRTAP and NECD inventory review Stage 2 for Germany. Created by CEIP/EEA- ETCACC: 30th May 2008. Communicated by Umweltbundesamt, Wien
- Daenischessen (2006) Die dänische Eier- und Geflügelproduktion.  
[http://www.daenischessen.de/produktion\\_markt/produktionszweige/gefluegel.htm](http://www.daenischessen.de/produktion_markt/produktionszweige/gefluegel.htm).
- Damme K (1994) LVA Kitzingen: Broiler-Herkunftsprüfung 1994. DGS Magazin 39/1994, Ulmer, Stuttgart, 8-9
- Damme K (1995) Gemischt oder getrenntgeschlechtlich? DGS Intern 51/52/1995, Ulmer, Stuttgart, 7-10
- Damme K (1997) Lehr- und Versuchsstation für Kleintierzucht Kitzingen: 12. Mastherkunftsprüfung für Jungmasthühner. DGS Intern 13/1997, Ulmer, Stuttgart, 3-5
- Damme K (2000) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2001. Ulmer, Stuttgart, pp. 197-207
- Damme K (2001) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2002. Ulmer, Stuttgart, pp. 181-192
- Damme K (2002) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2003. Ulmer, Stuttgart, pp. 193-204
- Damme K (2003) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2004. Ulmer, Stuttgart, pp. 68-79
- Damme K (2004) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2005. Ulmer, Stuttgart, pp. 74-89
- Damme K (2005) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2006. Ulmer, Stuttgart, pp. 60-76
- Damme K (2006) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2007. Ulmer, Stuttgart, pp. 67-85
- Damme K (2009) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2010. Ulmer, Stuttgart, p. 87
- Damme K (2009) Deutliche Unterschiede zwischen den Genotypen. DGS Magazin 45/2009. Ulmer, Stuttgart, 17-21

- Damme K (2010) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2011. Ulmer, Stuttgart, p. 70
- Damme K, Rychlik I (2001) 13. Bayerische Herkunftsprüfung für Masthybriden: Rasche Gewichtsentwicklung bei bester Futterverwertung. DGS Magazin 5/2001, Ulmer, Stuttgart, 24-29
- Dämmgen U (ed.) (2003): Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2004 for 2002. Landbauforsch Völkenrode, Special Issue 260
- Dämmgen U (2005) Statistical Data for Animal Numbers in German Emission Inventories. Landbauforsch Völkenrode Special Issue 291, 223-230
- Dämmgen U, Amon B, Gyldenkerne S, Hutchings NJ, Kleine Klausing H, Haenel H-D, Rösemann C (2011a) Reassessment of the calculation procedure for the volatile solids excretion rates of cattle and pigs in the Austrian, Danish and German agricultural emission inventories. Landbauforsch 61, 115 - 126
- Dämmgen U, Brade W, Schulz J, Kleine Klausing H, Hutchings NJ, Haenel H-D, Rösemann C (2011b) The effect of feed composition and feeding strategies on excretion rates in German pig production. Landbauforsch 61, 327-342
- Dämmgen U, Döhler H, Lüttich M, Eurich-Menden B, Osterburg B, Haenel H-D, Döring U, Strogies M (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 1. Emissionen. Landbauforsch Völkenrode Special Issue 291, 5-9
- Dämmgen U, Erisman JW (2005) Emission, transmission, deposition and environmental effects of ammonia from agricultural sources. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko (eds) Emissions from European Agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. pp 97-112
- Dämmgen U, Grünhage L (2001) Trace gas emissions from German agriculture as obtained from the application of simple or default methodologies. Environ Pollut 117, 23-34
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann, C, Conrad J, Lüttich M, Döhler H, Eurich-Menden B, Laubach P, Müller-Lindenlauf M, Osterburg B (2009a) Calculations of emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007. Methods and Data (GAS-EM). vTI Agricultural and Forestry Research, Special Issue 324, 9-385
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Hutchings NJ, Brade W, Lebzien P (2009b) Improved national calculation procedures to assess energy requirements, nitrogen and VS excretions of dairy cows in the German emission model GAS-EM. Landbauforsch 59, 233-252
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Brade W, Müller-Lindenlauf M, Eurich-Menden B, Döhler H, Hutchings NJ (2010a) An improved data base for the description of dairy cows in the German emission model GAS-EM. vTI Agricultural and Forestry Research 60, 87 - 100
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Eurich-Menden B, Döhler H (2010b) Derivation of TAN related ammonia emission factors in pig production. Landbauforsch 60, 241-248
- Dämmgen U, Hutchings NJ (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
- Dämmgen U, Hutchings NJ (2008) Emissions of gaseous nitrogen species from manure management - a new approach. Environmental Pollution 154, 488-497
- Dämmgen U, Lüttich M (2005) The Derivation of Nitrogen Excretions for Dairy Cows from Available Statistical Data. Landbauforsch Völkenrode Special Issue 291, 231-244
- Dämmgen U, Lüttich M, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2002) GAS-EM – ein Kalkulationsprogramm für Emissionen aus der Landwirtschaft. Landbauforsch Völkenrode 52, 19-42
- Dämmgen U, Lüttich M, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2005) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2006 for 2004. Landbauforsch Völkenrode Special Issue 291, 47-222
- Denier van der Goon HAC, Bleeker A, Ligthart T, Duijzer JH, Kuikman PJ, van Groenigen JW, Hamminga W, Kroeze C, de Wilde HPJ, Hensen A (2004) Indirect nitrous oxide emissions from the Netherlands; source strength, methodologies, uncertainties and potential for mitigation. TNO report R 2004/275. TNO Apeldoorn, 131 pp
- Deutscher Büffelverband (2008) Büffelhaltung in Deutschland. <http://www.bueffelverband-deutschland.de/haltung.html> [24.7.2008]
- DLG - Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (1986): Grundfutteraufnahme und Grundfutterverdrängung bei Milchkühen. DLG-Information 2/1986. Frankfurt/M. : Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. 8 pp
- DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2001): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen. DLG-Information 1/2001, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (ed.) (2005) Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG/Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt/Main., 69 pp
- DLG – Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2008) Empfehlungen zur Sauen- und Ferkelfütterung. DLG-Information 1/2008. DLG-Verlag, Frankfurt/M., 55 pp
- Döhler H, Eurich-Menden B, Dämmgen U, Osterburg B, Lüttich M, Bergschmidt A, Berg W, Brunsch R (2002) BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahr 2010. Forschungsbericht 299 42 256/02. Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin
- 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).
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ed.) (2004) Klärschlämme - Inhaltsstoffe und Bewertung. DWA, Hennef. 138 pp

- EEA – European Environment Agency (2011) European Environment Information and Observation Network (EIONET). <http://www.eionet.europa.eu>. [15.11.2011]
- EEC – European Economic Community (1986) Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. Official Journal L 181 , 04/07/1986 P. 0006 – 0012 40
- Ellis JL, Kebreab E, Odongo NE, McBride BW, Okine EK, France J (2007) Prediction of Methane Production from Dairy and Beef Cattle. *J Dairy Sci* 90, 3456-3466
- EMEP (2004 gpg) -EMEP/CORINAIR Good Practice Guidance – <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4/BGPG.pdf>
- EMEP (2006) -EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2006, Technical Report No 11/2006. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4>
- EMEP (2007) Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook. 5rd ed., 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>
- Eurich-Menden B, Döhler H, Van den Weghe H (2011) Ammoniakemissionsfaktoren im landwirtschaftlichen Emissionsinventar – Teil : Geflügel und Mastschweine. *Landtechnik* 66, 60-63
- Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 12th ed., Landwirtschaftsverlag, Münster, 1993
- Feldhaus L, Sieverding E (2007) Putenmast. 3rd edition, Ulmer, Stuttgart
- Freibauer A (2003) Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *European Journal of Agronomy* 19(2), 135-160
- Gauger T, Dämmgen U, Vermeulen A, Bleeker A, Erisman J-W, Schaap M, Rösemann C; Nagel H-D, Spranger T, Klimont Z (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 2. Transmission und Deposition. *Landbauforsch Völknerode Spezial Issue* 291, 11-19
- Geflügeljahrbuch (2005) Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V. und seiner Mitgliedsverbände. Ulmer, Stuttgart, 328 pp
- Gehman AM, Kononoff PJ, Mullins CR, Janicek BN (2008) Evaluation of nitrogen utilization and the effects of monensin in dairy cows fed Brown Midrib Corn silage. *J Dairy Sci* 91, 288-300
- German standard VDI 2450 Part 1 (1977) Messen von Emission, Transmission und Immission luftverunreinigender Stoffe. Begriffe, Definitionen, Erläuterungen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 4 pp
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (1987) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4. Schweine. Frankfurt/M., DLG
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (2000) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 7. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner 2000. Frankfurt/Main., DLG, 185 pp
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (2001) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtinder. Frankfurt/M., DLG, 135 pp
- 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 pp
- Haenel H-D, Dämmgen U (2007a) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 1. General considerations and pullets. *Landbauforsch Völknerode* 57(4), 349-362
- Haenel H-D, Dämmgen U (2007b) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 2. Laying hens. *Landbauforsch Völknerode* 57(4), 363-390
- Haenel H-D, Dämmgen U (2009a) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 3a. Broilers. Fattening procedures and animal properties. *Landbauforsch*, 59(1), 61-86
- Haenel H-D, Dämmgen U (2009b) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 3b. Broilers. Modelling using official statistical data. *Landbauforsch* 59(2), 87-104
- Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Döhler H, Eurich-Menden B, Laubach P, Müller-Lindenlauf M, und Osterburg B (2010) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2010 for 2008. Methods and Data (GAS-EM). *Landbauforsch, Special Issue* 334, 13 – 428
- Haenel H-D, Dämmgen U, Laubach P, Rösemann C (2011a) Update of the calculation of metabolizable energy requirements for pigs in the German agricultural emission inventory. *Landbauforsch* 61(3), 217-228
- Haenel H-D, Dämmgen U, Rösemann C (2011b) Estimating numbers of piglets, weaners and fattening pigs for the German agricultural emission inventory. *Landbauforsch* 61(3), 229-236
- Halle I (2002) Einfluss einer gestaffelten Supplementierung von Lysin und Methionin während der Aufzucht auf das Wachstum und auf Leistungsmerkmale der Hennen in der folgenden Legeperiode bei einer gestaffelten Protein- und Energieversorgung. *Arch. Geflügelk.* 66, 66-74
- Halle I, Tzschentke B (2009) Ein Grad mehr kann viel bewirken. *DGS Magazin* 31/2009, Ulmer, Stuttgart, 28-32
- Hartmann W, Heil G (1992) Amtliche Legeleistungsprüfung 1990/91: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion* 8/1992, Ulmer, Stuttgart, 219-229

- Haus Düsse (2008) Bringen 7-Phasen-Futterkonzepte in der Putenmast Vorteile? Versuchsberichte 2008.  
[http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/puten/2008\\_7\\_phasen\\_putenmast.pdf](http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/puten/2008_7_phasen_putenmast.pdf) [2011-05-05]
- Heidecke C, Kreins P, Stonner R, Gömann H (2011) Global change impacts on agricultural land use in the Baltic Coastal Zones of Germany. In: Schernewski G, Hofstede J, Neumann T (eds): Global Change and Baltic Coastal Zones. Coastal Research Library. Springer, Dordrecht, The Netherlands. pp 71-89.
- Heil G, Hartmann W (1993) Amtliche Legeleistungsprüfung 1991/92: Zusammenfassende Auswertung. DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 8/1993, Ulmer, Stuttgart, 7-15
- Heil G, Hartmann W (1994) Amtliche Legeleistungsprüfung 1992/93: Zusammenfassende Auswertung. DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 8/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-14
- Heil G, Hartmann W (1995) Amtliche Legeleistungsprüfung 1993/94: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 13/1995, Ulmer, Stuttgart, 18-29
- Heil G, Hartmann W (1996) Amtliche Legeleistungsprüfung 1994/95: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 18/1996, Ulmer, Stuttgart, 10-21
- Heil G, Hartmann W (1997) Amtliche Legeleistungsprüfung 1995/96: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 36/1997, Ulmer, Stuttgart, 12-22
- Heil G, Hartmann W (1998) Amtliche Legeleistungsprüfung 1996/97: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 40/1998, Ulmer, Stuttgart, 20-31
- Heil G, Hartmann W (2000) Amtliche Legeleistungsprüfung 1997/99: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 9/2000, Ulmer, Stuttgart, 10-17
- Henrichsmeyer W, Cypris Ch, Löhe W, Meuth M, Isermeyer F, Heinrich I, Schefski A, Neander E, Fasterding F, Neumann M, Nieberg H (1996) Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BMELF (94 HS 021), Bonn, Braunschweig
- Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden  
see Statistische Landesämter
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2005) Jahresagrarbericht 2005.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2006) Jahresagrarbericht 2006.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2007) Jahresagrarbericht 2007.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2008) Jahresagrarbericht 2008.  
[http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?uid=24607118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d](http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?uid=24607118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d)
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2009) Jahresagrarbericht 2009.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2010) Jahresagrarbericht 2010.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2011) Jahresagrarbericht 2011.  
[http://www.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?cid=8527e1d18ef246c2c1d4d79017bb47ec](http://www.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=8527e1d18ef246c2c1d4d79017bb47ec) [20.7.2011]
- Hobbs PJ, Webb J, Mottram TT, Grant B, Misselbrook TM (2004) Emissions of volatile organic compounds originating from UK livestock agriculture. J Science of Food and Agriculture 84, 1414-1420
- IGZ – Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren/Erfurt (2007) 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)
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 3. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC WGI Technical Support Unit, Bracknell
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2000) Good Practice Guidance and Uncertainty Measurement in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories programme. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry (1993) Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry. 2nd ed., Blackwell, London, 160 pp
- IUPAP – International Union of Pure and Applied Physics (1987) Symbols, Units, Nomenclature and Fundamental Constants in Physics. Physica 146A, 1-68
- Jarvis SC, Pain BF (1994) Greenhouse gas emissions from intensive livestock systems: their estimation and technologies for reduction. Climatic Change 27, 27-38
- Jeroch H, Dänicke S (2005) Faustzahlen zur Geflügelfütterung. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2006. Ulmer, Stuttgart, pp. 143-176
- Jilg T (2009) Phasenfütterung in der intensiven Lämmermast. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1109109\\_11/index1215773518694.html](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1109109_11/index1215773518694.html) [2009-12-17]
- Johnson HA, Baldwin RL (2008) Evaluating model predictions of partitioning nitrogen excretion using the dairy cow model, Molly. Animal Feed Sci Tech-nol 143, 104-126
- Jungkunst H F, Freibauer A (2005) Overview on emissions observations in Europe. In: Leip A (ed.) N<sub>2</sub>O emissions from agriculture. Report on the expert meeting on “Improving the quality for greenhouse gas inventories for N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils” under the mandate of the working group on annual inventories, Climate Change Committee, Joint Research Centre, 21-22 October 2004, Ispra. pp 48-54
- Kasimir-Klemetsson Å, Klemetsson L (2002) A critical analysis of nitrous oxide emissions from animal manure. In: Petersen SO, Olesen JE (eds.) Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries. Proc international

- workshop Helsingør, Denmark, 24-25 January 2002. Danish Institute of Agricultural Sciences. DIAS report Plant Production no. 81, pp 107-121
- Kebreab E, France J, Beever, DE, Castillo AR (2001) Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. *Nutr Cycl Agroecosyst* 60, 275-285
- Kebreab E, France J, Mills JA, Allison R, Dijkstra J (2002) A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of N excretion on the environment. *J Animal Sci* 80, 248-259
- Kirchgessner M, Roth F X, Schwarz F J, Stangl G I (2008) Tierernährung. 12. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt a.M., 635 S.
- Kirchmann H, Witter E (1989) Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition. *Plant and Soil* 115: 35-41
- Klein F W (1991a) Jungmasthühner im Test: Ergebnisse aus der LVA Kitzingen. *DGS Magazin* 16/1991, Ulmer, Stuttgart, 452-454
- Klein F W (1991b) 24. Bayerische Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. *DGS Magazin* 18/1991, Ulmer, Stuttgart, 510-512
- König G, Brunda M, Puxbaum H, Hewitt CN, Duckham SC, Rudolph J (1995) Relative contribution of oxygenated hydrocarbons to the total biogenic VOC emissions of selected Mid-European agricultural and natural plant species. *Atmospheric Environment* 29, 861-874
- Kruif A de, Mansfeld R, Hoedemaker M (2006): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Enke, pg. 113
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2004) Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05. KTBL-Datensammlung. 19th ed., Darmstadt: KTBL, 573 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2005a) Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13th ed., Darmstadt: KTBL, 1095 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (2005b): Methodenaktualisierung für die Emissionsberechnung 2003. F+E Vorhaben 203 412 53 des UFOPLAN 2003. Teilvorhaben 04: EF Landwirtschaft: Landwirtschaft – Ermittlung und Anpassung von Emissionsfaktoren (CRF 4). Abschlussbericht. KTBL, Darmstadt, 90 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2006a) Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren. Methode zur Bewertung von Tierhaltungsanlagen hinsichtlich Umweltwirkungen und Tiergerechtigkeit. KTBL-Schrift 446, Darmstadt: KTBL, 778 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2006b) Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. KTBL-Datensammlung. 20th ed., Darmstadt: KTBL, 672 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2009) Faustzahlen für die Landwirtschaft. 14th ed., Darmstadt: KTBL, 1179 pp
- Laber H (2005) Biologische N<sub>2</sub>-Fixierung von Gemüseeerbsen und -buschbohnen. In: Infodienst 02/2005 für Beratung und Schule der Sächsischen Agrarverwaltung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) (2005), 81-89.
- Lægrend M, Aastveit AH (2002) Nitrous oxide emissions from field-applied fertilizers. In: Petersen SO, Olesen JE (eds.) Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries. Proc international workshop Helsingør, Denmark, 24-25 January 2002. Danish Institute of Agricultural Sciences. DIAS report Plant Production no. 81, pp 122-134
- Lampe C, Dittert K, Sattelmacher B, Wachendorf M, Loges R, Taube F (2006) Sources and rates of nitrous oxide emissions from grazed grassland after application of <sup>15</sup>N-labelled mineral fertilizer and slurry. *Soil Biol Biochem* 38, 2602-2613
- Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf  
see Statistische Landesämter
- Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Brandenburg, Potsdam (until 2006)  
see Statistische Landesämter
- Lebzien P, Brade W, Flachowsky G (2008) Der Milchnitrostoffgehalt: Ein Indikator für die Energie- und Proteinversorgung, aber auch für die N-Emissionen in der Milcherzeugung. *Übers Tierernährung* 36, 59-74
- Leip A, Dämmgen U, Kuikman P, van Amstel A (2005) The quality of European (EU-15) greenhouse gas inventories from agriculture. *Environmental Sciences* 2, 177-192
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.) (2004a) Basisdaten für die Ermittlung des Düngebedarfs und Umsetzung der Düngeverordnung, Stand Dezember 2004. <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/10536/>
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004b) Futterberechnungen für Schweine. 14th ed. Freising. LfL. [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen\\_url\\_1\\_27.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen_url_1_27.pdf) [23.03.2011]
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004c) Perspektiven, Strukturentwicklung und Wettbewerbsfähigkeit der Ferkelerzeugung in Bayern. <http://www.lfl.bayern.de/internet/stmlf/lfl/ilb/tier/05645/index.php>
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006a) (undated) Basisdaten zur Berechnung des KULAP-Nährstoffsaldos 2006, Stand: August 2006. Tabelle 8: Nährstoffgehalte tierischer Produkte. [http://www.alf-kf.bayern.de/pflanzenbau/linkurl\\_0\\_4\\_0\\_2.pdf](http://www.alf-kf.bayern.de/pflanzenbau/linkurl_0_4_0_2.pdf) [31.01.2008]
- LfL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006b) Tabellen zum ILB-Internet-Beitrag „Ferkelerzeugung 2995/96: Rückgang in der Wirtschaftlichkeit trotz Leistungsprüfung“. [http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/23602/linkurl\\_0\\_10.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/23602/linkurl_0_10.pdf) [24.7.07]
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.) (2011) Gruber Tabellen zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Mastriinder, Schafe, Ziegen. 33th ed., Freising, LfL. [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p\\_36967.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_36967.pdf) [2011-05-25]



- Liu X J, Mosier A R, Halvorson A, Reule C A, Zhang F S (2007) Dinitrogen and N<sub>2</sub>O emissions in arable soils: Effects of tillage, N source and soil moisture. *Soil Biol. Biochem.* 39, 2362-2370
- LKV – Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern (2003) Fleischleistungsprüfung in Bayern. [www.bayern.de/media/FLP-JAHRESBERICHT2003.pdf](http://www.bayern.de/media/FLP-JAHRESBERICHT2003.pdf)
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2005) Jahresbericht 2004. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2006) Jahresbericht 2005. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2007) Jahresbericht 2007. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2008) Jahresbericht 2008. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2009) Jahresbericht 2009. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2010) Jahresbericht 2010. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=download&dld=187> [20.07.2011]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2007) Kurzfassung Schweinereport Baden-Württemberg, Wirtschaftsjahr 2005/2006. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1202507\\_11/LSZ\\_Schweinereport%20Kurzfassung-07.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1202507_11/LSZ_Schweinereport%20Kurzfassung-07.pdf) [24.7.2007]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2008a) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2007/2008. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232304\\_11/LSZ\\_Schweinermast\\_Schweinereport\\_doc.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232304_11/LSZ_Schweinermast_Schweinereport_doc.pdf) [17.6.2008]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2008b) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2007/2008. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1233125\\_11/LSZ\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1233125_11/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport.pdf) [17.6.2008]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2009a) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2008/2009. <http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1277103/index.pdf> [17.5.2010]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2009b) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2008/2009. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1284923\\_11/LSZ\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport2009.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1284923_11/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport2009.pdf) [17.5.2010]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezucht Boxberg, Baden-Württemberg (2010) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2009/2010. [https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1313448\\_11/LSZ\\_Teil%201\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport2010%20biol.pdf](https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1313448_11/LSZ_Teil%201_Ferkelerzeugung_Schweinereport2010%20biol.pdf) [20.7.2011]
- LWK-NI – Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2007) Düngeempfehlungen Stickstoff. Getreide, Raps, Hackfrüchte. <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/8200.html>
- LWK-NW (2006) Verfahrenstechnik in der Broilermast. <http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/tierproduktion/gefluegelhaltung/management/broilermast.htm> [15.03.2008]
- LWK-SH – Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (2010) Schweinereport 2010. [http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Tier/Tier\\_2010/Schweinereport\\_2010.pdf](http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user_upload/Downloads/Tier/Tier_2010/Schweinereport_2010.pdf) [20.07.2011]
- Mathieu O, Lévêque J, Hénault C, Milloux M-J, Bizouard F, Andreux F (2006) Emissions and spatial variability of N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> and nitrous oxide mole fraction at the field scale, revealed with <sup>15</sup>N isotopic techniques. *Soil Biol Biochem* 38, 941-951
- Mayer H, Holst Th, Brugger U, Kirchgässner A (2005) Trends der forstlich relevanten Klimavariablen Lufttemperatur und Niederschlag im Südwesten Deutschlands von 1950 bis 2000. *Allg Forst Jagd Z* 176, 45-56
- MEG – Marktinfo Eier und Geflügel (ab 2009). MEG-Marktbilanz Eier und Geflügel, ab 2009. Ulmer, Stuttgart
- Menke A (2010) Futter für die Kälberaufzucht und Rindermast im Test. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <http://www.riswick.de/versuche/tierhaltung/futterwertpruefung/rindermastfutter-527.htm> [2011-01-13]
- Menke A (2011) Milchleistungsfutter im Test. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <http://www.riswick.de/versuche/tierhaltung/futterwertpruefung/milchleistungsfutter-540.htm> [2011-05-26]
- MLUR-BB – Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2002) Agrarbericht 2002. Bericht zur Lage der Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2002.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2002.pdf)
- MLUR-BB – Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2007) Agrarbericht 2007. Bericht zur Lage der Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2007.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2007.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2005) Agrarbericht 2005 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2005.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2005.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2006) Agrarbericht 2006 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2006.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2006.pdf)

- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2007) Agrarbericht 2007 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg.  
[http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2007.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2007.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2008) Agrarbericht 2008 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg.  
[http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2008.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2008.pdf)
- Monteith JL (1984) Consistency and convenience in the choice of units for agricultural science. *Expl Agric* 20, 105-117
- Monteny GJ, Erisman JW (1999) Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Netherlands J Agric Sci* 46, 225-247
- Mosier AR, Guenzi WD, Schweizer EE (1986) Soil losses of Dinitrogen and Nitrous Oxide from Irrigated Crops in North-eastern Colorado. *Soil Sci Soc Amer J* 50, 344-347
- Niedersächsisches Landesamt für Statistik, Hannover  
see Statistische Landesämter
- NIR 2009 – National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2007, Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Dessau, Germany, May 2009, pp 565
- NIR 2011 – National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2009, Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Dessau, Germany, May 2011, pp 770
- NMELF – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Tierproduktion in Niedersachsen. Annual reports. <http://edok.ahb.niedersachsen.de/07/365398365.htm>
- Offermann F, Banse M, Ehrmann M, Gocht A, Gömann H, Haenel H-D, Kleinhanß W, Kreins P, von Ledebur O, Osterburg B, Pelikan J, Rösemann C, Salamon P, Sanders J (2012) vTI-Baseline 2011 – 2021: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. *Landbauforsch, Special Issue* 355
- Osterburg B, Dämmgen U (2009) Annahmen für die Prognose der Gasemissionen aus der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2010, 2015 und 2020. In: Dämmgen U (ed) (2009) Calculations of emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007. vTI Agricultural and Forestry Research, Special Issue 324, 397-410
- Oura N, Shindo J, Fumoto T, Toda H, Kawashima H (2001) Effects of nitrogen deposition on nitrous oxide from the forest floor. *Water Air Soil Pollut* 130, 673-687
- Pennstate College of Agricultural Sciences (2011) Calf Rumen Images. <http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/nutrition/calves/rumen> [2011-02-15]
- Petersen J (1993) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1994. Ulmer, Stuttgart, pp. 160-173
- Petersen J (1994) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1995. Ulmer, Stuttgart, p. 164
- Petersen J (1995) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1996. Ulmer, Stuttgart, p. 181
- Petersen J (1996) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1997. Ulmer, Stuttgart, pp. 176-191
- Petersen J (1997) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1998. Ulmer, Stuttgart, p. 192
- Petersen J (1998) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1999. Ulmer, Stuttgart, p. 193
- Petersen J (1999) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 2000. Ulmer, Stuttgart, pp. 186-200
- Poteracki P (1991) Jungmasthühner im Test: Ergebnisse aus der LVA Haus Düsse. *DGS Magazin* 13/1991, Ulmer, Stuttgart, 365-367
- Poteracki P (1994) LVA Haus Düsse: Broiler-Herkunftsprüfung 1994. *DGS Magazin* 39/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-7
- Poteracki P (1995) 60. Futterwertleistungsprüfung für Masthühnerküken-Alleinfutter. Große Unterschiede in Bezug auf Wirtschaftlichkeit. *DGS Intern* 27/1995, Ulmer, Stuttgart, 6-8
- Poteracki P (1996) Haus Düsse: Broiler-Herkunftsprüfung 1995. *DGS Intern* 16/1996, Ulmer, Stuttgart, 4-5
- Poteracki P, Adam F (1993a) LVA Haus Düsse: 56. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. *DGS Magazin* 1/1993, Ulmer, Stuttgart, 7-9
- Poteracki P, Adam F (1993b) LVA Haus Düsse: 57. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. *DGS Magazin* 5/1993, Ulmer, Stuttgart, 10-12
- Poteracki P, Sommer W, Stalljohann G (1994) LVA Haus Düsse: 59. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. *DGS Magazin* 21/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-8
- RAMIRAN – Recycling Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture Network (2003) Glossary of terms on livestock manure management 2003. <http://www.ramiran.net/DOC/Glossary2003.pdf>
- Reidy B, Dämmgen U, Döhler H, Eurich-Menden B, Hutchings NJ, Luesink HH, Menzi H, Misselbrook TH, Monteny G-J, Webb J (2008) Comparison of models used for the calculation of national NH<sub>3</sub> emission inventories from agriculture: liquid manure systems. *Atmospheric Environment* 42, 3452-3467
- Reifsnnyder WE, McNaughton KG, Milford JR (1991) Symbols, units, notation. A statement of journal policy. *Agric Forest Meteorol* 54, 389-397
- RHG – Raiffeisen Hauptgenossenschaft Hannover (2006) Geflügel-Mischfutter Sackwarenp-Programm mit Einsatzempfehlung. <http://www.rhg-hannover.de/pdf/futtermittel/gefluegelfutterflyer.pdf> [2006-10-12]
- Rolston DE, Hoffman DL, Toy DW (1978) Field measurement of denitrification: I. Flux of N<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O. *Soil Sci Soc Amer J* 42, 863-869

- Rom HB, Sorensen CG (2001) Sustainable Handling and Utilisation of Livestock Manure from Animals to Plants. Proceedings, NJF-Seminar no. 320, Denmark, 16-19 January 2001. DIAS report Animal Husbandry no. 21.  
<http://www.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/djfh21.pdf>
- Rösemann C, Haenel H-D, Poddey E, Dämmgen U, Döhler H, Eurich-Menden B, Laubach P, Dieterle M, und Osterburg B (2011) Calculations of gaseous and particulate emissions from German Agriculture 1990 – 2009. Landbauforsch, Special Issue 342, pp 389
- Rudaz AO, Wälti E, Kyburz G, Lehmann P, Fuhrer J (1999) Temporal variation in N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> fluxes from a permanent pasture in Switzerland in relation to management, soil water content and temperature. Agriculture Ecosystems Environment 73, 83-91
- Scholz A, Zacharias B (2008) Schweinereport Baden-Württemberg 2006/2007. Landinfo 1/2008.  
[http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1220152/landinfo\\_Schweinereport%20\(Scholz,%20Dr.%20Zacharias\).pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1220152/landinfo_Schweinereport%20(Scholz,%20Dr.%20Zacharias).pdf)
- Schultheiß U, Klages-Haberkorn S, Döhler H (2000) Auswirkungen rechtlicher Regelungen auf die landbauliche Verwertung von Sekundärrohstoffdüngern, insbesondere Klärschlamm. KTBL, Darmstadt
- Segger V (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, Schwäbisch Gmünd) (2005a) Ferkelproduktion in Süddeutschland – Chancen und Grenzen aus betriebswirtschaftlicher Sicht.  
[http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1187451\\_11/Ferkelproduktion\\_in\\_%20Suedd\\_kurz\\_051125.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1187451_11/Ferkelproduktion_in_%20Suedd_kurz_051125.pdf)
- Segger V (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, Schwäbisch Gmünd) (2005b) Schweinemast in Süddeutschland – Chancen und Risiken. [http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1187452/Schweinemast\\_in\\_Sueddeutschl\\_kurz\\_291105.pdf](http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1187452/Schweinemast_in_Sueddeutschl_kurz_291105.pdf)
- Seskeviciene, J., J. Jankowski, and K. Kozłowski. 2005. Effect of probiotic preparation and phytogeneous feed additive on digestibility of nutrients, metabolizability of gross energy and content of metabolizable energy of a practical feed ration for fattening turkeys. Arch. Geflügelkd. 69:107-109.
- Simon I (2001) Herkunftsprüfung 2000 für Masthühner auf Haus Düsse: Sehr gute Mastendgewichte. DGS Magazin 14/2001, Ulmer, Stuttgart, 10-13
- Simon I, Stegemann J (2005) Erste Erfahrungen mit der neuen Cobb. Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. [http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/cobb\\_iii\\_2005.pdf](http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/cobb_iii_2005.pdf) [17.01.2007]
- Simon I, Stegemann J (2007) Neue Hähnchenlinien im Fokus. DGS Magazin 35/2007, Ulmer, Stuttgart, 25-28
- Simon I, Stegemann J (2009) Mit Weizen die Futterkosten senken. DGS Magazin 45/2009, Ulmer, Stuttgart, 38-42
- SLL – Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004). Sächsischer Tierzuchtreport 2003.  
<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/9203.htm>
- Smil V (1999) Nitrogen in crop production: An account of global flows. Global Biogeochem Cycles 13, 647-662
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2000). Sächsischer Agrarbericht 2000.  
[http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/3\\_erzeugung\\_und\\_vermarktung.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/3_erzeugung_und_vermarktung.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2002). Sächsischer Agrarbericht 2002.  
[http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/agrarbericht\\_2002.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/agrarbericht_2002.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2003). Sächsischer Agrarbericht 2003.  
[http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/Agrarbericht\\_2003\\_2\\_MB.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/Agrarbericht_2003_2_MB.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2005). Sächsischer Agrarbericht 2004  
[http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/pdf\\_agrarbericht2004.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/pdf_agrarbericht2004.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2007). Sächsischer Agrarbericht 2006  
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/showDetails.do?id=9223>
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2008). Schweine-Report 2007  
[http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3965\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3965_1.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2009). Schweine-Report 2008  
[http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4560\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4560_1.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2010). Agrarbericht in Zahlen 2010.  
<https://publikationen.sachsen.de/bdb/showDetails.do?id=4303100>
- Spiekers H (2002): Empfehlungen zur Fütterung der Hochleistungskuh in den Phasen Laktationsende, Trockenstehzeit und Laktationsbeginn. 29. Viehwirtschaftliche Tagung, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein 2002, pg. 3
- StatBA FS3 R 3 - Statistisches Bundesamt (annual reports A). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 3: Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung 1993. Metzler-Poeschel, Stuttgart
- StatBA FS3 R 4 - Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4: Viehbestand und tierische Erzeugung (annual reports). Wiesbaden : Statistisches Bundesamt
- StatBA FS3 R 4.1 - Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4.1: Rinder und Schafbestand (annual reports). Wiesbaden : Statistisches Bundesamt
- StatBA FS3 R 4.2.1 - Statistisches Bundesamt (annual reports A). Fachserie 3 Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- StatBA FS4 R 8.2 - Statistisches Bundesamt (annual reports A). Fachserie 4 Reihe 8.2 Düngemittelversorgung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- Statistische Landesämter

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, Hamburg and Kiel  
 Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin  
 Statistisches Amt Saarland, Saarbrücken  
 Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart  
 Statistisches Landesamt Berlin, Berlin (until 2006)  
 Statistisches Landesamt Bremen, Bremen  
 Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, Kamenz  
 Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Bad Ems  
 Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Halle/Saale

Reihen (published in 19XX or 20XX) by Statistische Landesämter

Reihe C III 2-j/XX	Schlachtungen und Fleischerzeugung
Reihe C III 3-j/XX	Milcherzeugung
Reihe C III 6-j/XX	Brut und Schlachtungen von Geflügel
Reihe C III 7-j/XX	Legehennenhaltung und Eierzeugung
Reihe C III-1-j/XX	Viehbestand
Reihe C II-j/XX	Ernteberichterstattung und Feldfrüchte
Reihe C I-j/XX:	Bodennutzung

- Stehfest E, Bouwman L (2006) N<sub>2</sub>O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modelling of global emissions. *Nutr. Cyl. Agroecosyst.* 74, 207-228
- Stevens RJ, Laughlin RJ (1998) Measurement of nitrous oxide and di-nitrogen emissions from agricultural soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52, 131-139
- StMLF - Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (o.J.): HI-Tier – Datenbank. <http://www.hi-tier.de/zdb-adress.html>
- Streitz E (2008) Die Reserven aufspüren. *DGS Magazin* 5/2008, Ulmer, Stuttgart, 10-14
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2002) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2002 (Berichtsjahr 2001). <http://www.tll.de/agnb01/pdf/agnb02-2.pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2003) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2003 (Berichtsjahr 2002). [http://www.tll.de/agnb03/pdf/agnb03\\_1.pdf](http://www.tll.de/agnb03/pdf/agnb03_1.pdf)
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2005) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2003 (Berichtsjahr 2002). <http://www.tll.de/agnb05pdf/agnb052pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2006) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2006 (Berichtsjahr 2005). <http://www.tll.de/agnb06/pdf/agnb06.pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2007) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2007 (Berichtsjahr 2006). <http://www.tll.de/agnb07/pdf/agnb07.pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2009) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2009 (Berichtsjahre 2007 und 2008). <http://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1013.pdf>
- Thüringer Landesamt für Statistik, Erfurt  
 see Statistische Landesämter
- TLL – Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2011): Entwicklung der Tierzucht in Thüringen, Berichtsjahr 2010. Schriftenreihe Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen, Heft 4/2011. [http://www.tll.de/ainfo/pdf/tzb\\_0611.pdf](http://www.tll.de/ainfo/pdf/tzb_0611.pdf)
- Tüller R (1999) Faustzahlen zur Geflügelmast. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 2000. Ulmer, Stuttgart, pp. 120-135
- UBA – Umweltbundesamt (2008) Deutsches Treibhausgasinventar 1990 – 2006. Nationaler Inventarbericht 2008. Bericht-erstellung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Umweltbundesamt, Berlin. 534 pp.
- UFOP – Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (2004) Anbauratgeber Süßlupine. UFOP-Praxisinformationen. [www.ufop.de/downloads/Praxisinfo\\_blaueSuesslupine.pdf](http://www.ufop.de/downloads/Praxisinfo_blaueSuesslupine.pdf)
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2011) [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/5888.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/5888.php) [23.08.11]
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2009) Report of the individual review of the greenhouse gas inventories of Germany submitted in 2007 and 2008. [http://unfccc.int/documentation/documents/advanced\\_search/items/3594.php?rec=j&preref=600005219#beg](http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/3594.php?rec=j&preref=600005219#beg)
- Van Cleemput O (1998) Subsoils: chemo- and biological denitrification, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions. *Nutrient Cycling Agroecosystems* 52, 187-194
- van Es AJH (1975) Feed evaluation for dairy cows. *Livest Prod Sci* 2, 95-107
- Vermoesen A, van Cleemput O, Hofman G (1996) Long-term measurements of N<sub>2</sub>O emissions. *Energy Convers Management* 6-8, 1279-1284
- Versuchswesen Pflanzenbau Rheinland-Pfalz (2005) Versuchsbericht Körnerleguminosen 2005. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum. Bericht 6 / 2005. Bad Kreuznach: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum. 44 pp
- Walenzik G (1996) Auswirkungen von Bodenverdichtungen durch landwirtschaftliche Nutzung auf die N<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Boden. PhD Thesis Universität Hannover, Fachbereich Gartenbau, 130 pp
- Webb J (2001) Estimating the potential for ammonia emissions from livestock excreta and manures. *Environ. Pollut.* 111, 395-406

- Webb J, Misselbrook TH (2004) A mass-flow model of ammonia emissions from UK livestock production, *Atmospheric Environment* 38, 2163-2176
- Webb J, Misselbrook TH, Sutton MA (2005) Ammonia emission inventories, uncertainty and sensitivity analysis. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko (eds) *Emissions from European Agriculture*. Wageningen : Wageningen Academic Publishers, pp 113-124
- Weier KL, MacRae IC, Myers RJK (1993) Denitrification in a clay soil under pasture and annual crop: estimation of potential losses using intact soil cores. *Soil Biol Biochem* 25, 991-997
- Weiβ, J (2010) Grundfutterleistung einheitlich berechnen. <http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grundfutter.pdf> [2010-06-29]
- Weingarten P (1995) Das „Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“ (RAUMIS). *Ber Landwirtschaft* 73, 272-302
- Wiedmann S, Damme K (2008) Klare Unterscheide in der Leistung. *DGS Magazin* 9/2008, Ulmer, Stuttgart, 24-34
- ZDS – Zentralverband der Deutschen Schweineproduktion e.V. (1991 to 2009) Zahlen aus der Deutschen Schweineproduktion. Annual reports. ZDS, Bonn
- ZMB – Zentrale Milchmarkt Berichterstattung GmbH (2009). *ZMB-Jahrbuch Milch*. ZMB, Berlin
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (1990 to 2008). Eier und Geflügel. Annual reports. ZMP, Bonn
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (1990 to 2008). Milch. Annual reports. ZMP, Bonn



**Lieferbare Sonderhefte / Special issues available**

- |     |  |         |
|-----|--|---------|
| 325 | Frank Offermann, Martina Brockmeier, Horst Gömann, Werner Kleinhanß, Peter Kreins, Oliver von Ledebur, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Petra Salamon (2009)<br><b>vTI-Baseline 2008</b>  | 8,00 €  |
| 326 | Gerold Rahmann (Hrsg.) (2009)<br><b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2008</b>   | 8,00 €  |
| 327 | Björn Seintsch, Matthias Dieter (Hrsg.) (2009)<br><b>Waldstrategie 2020</b><br>Tagungsband zum Symposium des BMELV, 10.-11. Dez. 2008, Berlin  | 18,00 € |
| 328 | Walter Dirksmeyer, Heinz Sourell (Hrsg.) (2009)<br><b>Wasser im Gartenbau</b> – Tagungsband zum Statusseminar am 9. und 10. Februar 2009 im Forum des vTI in Braunschweig. Organisiert im Auftrag des BMELV  | 8,00 €  |
| 329 | Janine Pelikan, Martina Brockmeier, Werner Kleinhanß, Andreas Tietz, Peter Weingarten (2009)<br><b>Auswirkungen eines EU-Beitritts der Türkei</b>  | 8,00 €  |
| 330 | Walter Dirksmeyer (Hrsg.) (2009)<br><b>Status quo und Perspektiven des deutschen Produktionsgartenbaus</b>   | 14,00 € |
| 331 | Frieder Jörg Schwarz, Ulrich Meyer (2009)<br><b>Optimierung des Futterwertes von Mais und Maisprodukten</b>  | 12,00 € |
| 332 | Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2009)<br><b>Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2009</b>  | 8,00 €  |
| 333 | Frank Offermann, Horst Gömann, Werner Kleinhanß, Peter Kreins, Oliver von Ledebur, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Petra Salamon, Jörn Sanders (2010)<br><b>vTI-Baseline 2009 – 2019: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland</b>  | 10,00 € |
| 334 | Hans-Dieter Haenel (Hrsg.) (2010)<br><b>Calculations of Emissions from German Agriculture - National Emission Inventory Report (NIR) 2010 for 2008</b><br><b>Berechnung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft - Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2010 für 2008</b>  | 12,00 € |
| 335 | Gerold Rahmann (Hrsg.) (2010)<br><b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2009</b>   | 8,00 €  |
| 336 | Peter Kreins, Horst Behrendt, Horst Gömann, Claudia Heidecke, Ulrike Hirt, Ralf Kunkel, Kirsten Seidel, Björn Tetzlaff, Frank Wendland (2010)<br><b>Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser</b> | 22,00 € |
| 337 | Ulrich Dämmgen, Lotti Thöni, Ralf Lump, Kerstin Gilke, Eva Seitler und Marion Bullinger (2010)<br><b>Feldexperiment zum Methodenvergleich von Ammoniak- und Ammonium-Konzentrationsmessungen in der Umgebungsluft, 2005 bis 2008 in Braunschweig</b>   | 8,00 €  |
| 338 | Janine Pelikan, Folkhard Isermeyer, Frank Offermann, Jörn Sanders und Yelto Zimmer (2010)<br><b>Auswirkungen einer Handelsliberalisierung auf die deutsche und europäische Landwirtschaft</b>  | 10,00 € |
| 339 | Gerald Schwarz, Hiltrud Nieberg und Jörn Sanders (2010)<br><b>Organic Farming Support Payments in the EU</b>   | 14,00 € |
| 340 | Shrini K. Upadhyaya, D. K. Giles, Silvia Haneklaus, and Ewald Schnug (Editors) (2010)<br><b>Advanced Engineering Systems for Specialty Crops: A Review of Precision Agriculture for Water, Chemical, and Nutrient - Application, and Yield Monitoring</b>  | 8,00 €  |
| 341 | Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2010)<br><b>Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2010</b>  | 8,00 €  |

342	Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Eike Poddey, Ulrich Dämmgen, Helmut Döhler, Brigitte Eurich-Menden, Petra Laubach, Maria Dieterle, Bernhard Osterburg (2011) <b>Calculation of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2009</b> <b>Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2009</b>	12,00 €
343	Katja Oehmichen, Burkhard Demant, Karsten Dunger, Erik Grüneberg, Petra Hennig, Franz Kroiher, Mirko Neubauer, Heino Polley, Thomas Riedel, Joachim Rock, Frank Schwitzgebel, Wolfgang Stümer, Nicole Wellbrock, Daniel Ziche, Andreas Bolte (2011) <b>Inventurstudie 2008 und Treibhausgasinventar Wald</b>	16,00 €
344	Dierk Kownatzki, Wolf-Ulrich Kriebitzsch, Andreas Bolte, Heike Liesebach, Uwe Schmitt, Peter Elsasser (2011) <b>Zum Douglasienanbau in Deutschland – Ökologische, waldbauliche, genetische und holzbiologische Gesichtspunkte des Douglasienanbaus in Deutschland und den angrenzenden Staaten aus naturwissenschaftlicher und gesellschaftspolitischer Sicht</b>	10,00 €
345	Daniel Heinrich Brüggemann (2011) <b>Anpassungsmöglichkeiten der deutschen Rindermast an die Liberalisierung der Agrarmärkte</b>	14,00 €
346	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2011) <b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2010</b>	8,00 €
347	Hiltrud Nieberg, Heike Kuhnert und Jörn Sanders (2011) <b>Förderung des ökologischen Landbaus in Deutschland – Stand, Entwicklung und internationale Perspektive – 2., überarbeitete und aktualisierte Auflage</b>	12,00 €
348	Herwart Böhm (Hrsg.) (2011) <b>Optimierung der ökologischen Kartoffelproduktion</b>	12,00 €
349	Klaus Nehring (2011) <b>Farm level implications of high commodity prices – An assessment of adaptation strategies and potentials in selected regions in Australia and Germany –</b>	18,00 €
350	Josef Frýdl, Petr Novotný, John Fennessy and Georg von Wühlisch (eds.) (2011) <b>COST Action E 52 Genetic resources of beech in Europe – current state</b>	18,00 €
351	Stefan Neumeier, Kim Pollermann, Ruth Jäger (2011) <b>Überprüfung der Nachhaltigkeit des Modellprojektes Einkommenssicherung durch Dorftourismus</b>	12,00 €
352	Bernhard Forstner, Andreas Tietz, Klaus Klare, Werner Kleinhanß, Peter Weingarten (2011) <b>Aktivitäten von nichtlandwirtschaftlichen und überregional ausgerichteten Investoren auf dem landwirtschaftlichen Bodenmarkt in Deutschland – Endbericht</b>	8,00 €
353	Wilfried Brade, Ottmar Distl, Harald Sieme und Annette Zeyner (Hrsg.) (2011) <b>Pferdezucht, -haltung und -fütterung – Empfehlungen für die Praxis</b>	10,00 €
354	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2011) <b>Praxis trifft Forschung — Neues aus dem Ökologischen Landbau und der Ökologischen Tierhaltung 2011</b>	8,00 €
355	Frank Offermann, Martin Banse, Markus Ehrmann, Alexander Gocht, Horst Gömann, Hans-Dieter Haenel, Werner Kleinhanß, Peter Kreins, Oliver von Ledebur, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Claus Rösemann, Petra Salamon, Jörn Sanders (2012) <b>vTI-Baseline 2011 – 2021: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland</b>	10,00 €
356	Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich Dämmgen, Eike Poddey, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Brigitte Eurich-Menden, Sebastian Wulf, Maria Dieterle, Bernhard Osterburg (2012) <b>Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2010</b> <b>Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2010</b>	14,00 €







**Landbauforschung**  
*vTI Agriculture and  
Forestry Research*

**Sonderheft 356**  
*Special Issue*

**Preis / Price 14 €**

