Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Forschungsbericht 202 41 356

Emissionen und Emissionsprognose von H-FKW, FKW und SF_6 in Deutschland - Aktueller Stand und Entwicklung eines Systems zur jährlichen Ermittlung

Emissionsdaten bis zum Jahr 2003 und Emissionsprognosen für die Jahre 2010 und 2020

von

Dr. Winfried Schwarz

Öko-Recherche
Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH
Frankfurt/Main

unter Mitarbeit von

Sina Wartmann
Ecofys GmbH
Nürnberg

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

31. Juli 2005

Berichts - Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Emissionen und Emissionsprognose von H-FKW, FKW und SF_6 in Deutschland - Aktueller Stand und Entwicklung eines Systems zur jährlichen Ermittlung. Emissionsdaten bis zum Jahr 2003 und Emissionsprognosen für die Jahre 2010 und 2020		
5. Autoren, Namen, Vornamen Dr. Winfried Schwarz, Sina Wartmann	8. Abschlussdatum 31.07.2005 9. Veröffentlichungsdatum Oktober 2005	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Öko-Recherche, Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Münchener Str. 23, 60329 Frankfurt am Main	10. UFOPLAN - Nr. 202 41 356 11. Seitenzahl V + 107	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, D-06844 Dessau Fachbegleitung: Katja Schwaab, Dr. Cornelia Elsner	12. Literaturangaben 13. Tabellen 18 14. Abbildungen	
15. Zusätzliche Angaben: Die Studie ist auch auf Englisch vorhanden.		

16. Kurzfassung

Die Klimarahmenkonvention (UNFCCC) und ihre Folgeregelungen enthalten konkrete Verpflichtungen zur Übermittlung klimawirksamer Emissionen, einschließlich der zu ihrer Ermittlung verwendeten Basisdaten (Aktivitätsdaten) und Erhebungs- und Berechnungsmethoden. In Bezug auf die fluorierten Klimagase HFKW, FKW und SF_6 sind für die nationale Emissionsberichterstattung zu ermitteln:

- Emissionen von HFKW, FKW (ca. 20 Einzelstoffe) und SF_6 in Tonnen und CO_2-Äquivalenten aus industriellen Prozessen, aufgegliedert nach Sektoren.
- Emissionsprognosen für HFKW, FKW und SF_6 .
- Umgesetzte und geplante Maßnahmen zur Emissionsreduktion und sich daraus ergebende Effekte.

Dieser Forschungsbericht entstand in diesem Zusammenhang. Er besteht aus drei Teilen.

Teil I präsentiert einen Vorschlag für das künftige nationale F-Gas-Monitoring-System, der gleiche Datenqualität (Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren) mit weniger Aufwand erzielen soll. Seine Grundzüge – Straffung, Institutionalisierung, Hebung der Datenqualität – sind erstens durch abgestufte Präzisionsanforderungen bei Emissionsquellen innerhalb von "Hauptquellgruppen" und zweitens durch Nutzung des neuen Umweltstatistikgesetzes und neuer Datenbanksysteme für Kältemittel gegeben. Das neue Monitoringsystem wird Sektor für Sektor erläutert.

Teil II zeigt die für die Emissionsberichterstattung erforderlichen jährlichen Emissionen fluorierter Treibhausgase für die Jahre 1999 bis 2003. Er enthält außerdem Emissionsprognosen für die Jahre 2010 und 2020 nach vier verschiedenen Szenarien, von denen dasjenige sicher das wichtigste ist, das die Wirkung der geplanten EU-Verordnung über bestimmte fluorierte Treibhausgase und der EU-Richtlinie zum HFKW-134a-Ausstieg bei Kfz-Klimaanlagen enthält.

Teil III enthält historische Emissionsdaten des Jahres 1990. Deren rückwirkende Abschätzung und Dokumentation ist für die Konsistenz der Emissionsberichterstattung nach UNFCCC erforderlich. Aufgrund des extrem hohen GWP der emittierenden F-Gase SF_6, HFKW-23 und CF_4 lag das Emissionsniveau damals nur wenig unter dem des Jahres 2003, das durch neue HFKW geprägt ist.

17. Schlagwörter

Fluorierte Treibhausgase; Monitoring, Emissionsprognose, Emissionen, F-Gase; Berichterstattung; CRF, ZSE; Aktivitätsdaten; Emissionsfaktoren; HFKW, FKW; SF_6 ; UNFCCC

18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB	2.	3.

4. Report Title

Emissions and Emission Projections of HFC, PFC and SF_6 in Germany – Present State and the Development of a Monitoring System. Emissions 1990, 1999-2003 and Emissions Forecasts for 2010 and 2020

5. Authors, Family Names, First Names Dr. Winfried Schwarz, Sina Wartmann	8. Report Date 31.07.2005 9. Publication Date October 2005
6. Performing Organization (Name, Address) Öko-Recherche, Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Münchener Str. 23, D-60329 Frankfurt am Main	10. UFOPLAN - Ref. No. 202 41 356 11. No. of Pages V + 107
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (German Federal Environmental Agency), Wörlitzer Platz 1, D-06844 Dessau	12. No. of References 13. No. of Tables 18 14. No. of Figures

15. Supplementary Notes
A full-length German version of this report is available at the sponsoring agency.

16. Abstract

The Framework Convention on Climate Change and its follow-up regulations include special commitments on the transmission of emission data as well as the data basis (activity data) and the applied methodologies. National emission reporting on the fluorinated greenhouse gases HFCs, PFCs, and SF_6 requires establishing

- Emissions of HFCs, PFCs (about 20 individual fluids), and SF_6 in metric tonnes and CO_2 equivalents from industrial processes, by individual sectors,
- Emission Projections of HFCs, PFCs and SF_6 in Germany,
- Rating of the effects of implemented and intended emission reduction measures.

In this context the following report was prepared. It consists of three parts.

Part I presents a proposal for a future national F-gas monitoring system designed to provide equal quality of activity data and emission factors with less expenditure. Its main features are tightening, institutionalisation, and increase in data quality. This can be achieved by making gradual precision demands on emission sources within "key emission sources" and, additionally, by using the new Environmental Statistics Law as well as database systems on refrigerants being developed now. The new monitoring system is explained sector by sector.

Part II contains both emission data for the years 1999 to 2003 as required for Germany's emission reporting on F-gases, and emissions forecasts for 2010 and 2020. The latter are each based on four different scenarios one of which considers the emission reduction effect of the forthcoming EU Regulation on Certain Fluorinated Greenhouse Gases and EU Directive on HFC-134a Phase-out from Passenger Car Air Conditioners.

Part III provides historic emission data for the year 1990. Their retroactive estimation and documentation is necessary to meet the completeness criterion set out by UNFCCC for national emission reporting. Due to the extremely high GWP of the then emitting F-gases SF_6, HFC-23, and CF_4, the 1990 emission level was not very far below that of the year 2003 which is characterised by the new and specifically produced HFCs.

17. Keywords

Fluorinated Greenhouse Gases; Emissions; Emissions Forecast, Reporting; CRF, ZSE; Activity data; Emission factors; Hydrofluorocarbons (HFCs); Perfluorocarbons (PFCs); Sulphur Hexafluoride (SF_6)

Price	19.	20.	

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung **V**

Teil I Das neue F-Gas-Monitoring-System **1**

Aufgabenstellung: Gleiche Datenqualität mit weniger Aufwand *2*

Erstes Kapitel Die Grundzüge des neuen Monitoring-Systems *4*
I. Straffung durch abgestufte Präzisionsanforderungen 4
1. Drei Hauptquellgruppen und ihre Unterteilung 4
2. Die Zwei-Drittel-Abschneidegrenze 5
3. Unterquellgruppen für hohe Datenpräzision 7
4. Anforderungen auf der Ebene der Einzelquellen 7
5. Weniger Erhebungsaufwand durch abgestufte Präzisionsanforderungen 8
II. Institutionalisierung durch vereinbarte Emissionsmeldung 10
III. Nutzung neuer Instrumente zur Hebung der Datenqualität 11
1. Das Umweltstatistikgesetz 11
2. Neue Datenbanksysteme zur Kältemittel-Verwaltung 17

Zweites Kapitel. Altes und neues Monitoring für sämtliche F-Gas-Einzelquellen *20*
I. FKW und SF_6 bei der Metall-Produktion (2.C) 20
1. SF6 in Magnesium-Gießereien 20
2. HFKW-134a in Magnesium Gießereien 20
3. SF6 in Aluminium-Gießereien 21
4. FKW aus der Aluminium-Produktion 21
II. Produktion halogenierter Kohlenwasserstoffe und SF_6 (2.E) 22
1. Nebenprodukt-Emissionen von HFKW-23 aus R-22 (2.E.1) 22
2. Flüchtige Emissionen (2.E.2) 22
III. Verbrauch von HFKW, FKW und SF_6 (2.F) 23
1. Kälte- und Klimaanlagen (2.F.1) 23
2. Hartschaum (2.F.2) 32
3. Feuerlöschmittel (2.F.3) 36
4. Aerosole und Medizinische Dosiersprays (2.F.4) 36
5. Lösemittel (2.F.5) 38
6. Halbleiterherstellung (2.F.6) 38
7. Betriebsmittel zur Übertragung und Verteilung von Elektrizität (2.F.7) 40
8. Sonstige SF6-Anwendungen (2.F.8) 40

Teil II Emissionsdaten 1999 bis 2003 und Emissionsprognosen für 2010 und 2020 **45**

Aufgabenstellung: Aktuelle Emissionen und Emissionsprognosen *46*

Erstes Kapitel. Emissionsdaten bis zum Jahr 2003 *47*
I. Die Emissionen von 1999 bis 2003 (Kurzfassung) 48
1. HFKW 1995-2003 48
2. FKW 1995-2003 49
3. SF6 1995-2003 50
II. Die Datenquellen für die Emissionen 2002 und 2003 51

Zweites Kapitel. Emissionsprognosen für die Jahre 2010 und 2020 *61*
I. Emissionsprognosen 2010 und 2020 nach vier Szenarien 61
II. Prognosen nach Stoffgruppen und sektoralen Annahmen 66
1. HFKW-Emissionen 2010 und 2020 66
2. FKW-Emissionen 2010 und 2020 77
3. SF6-Emissionen 2010 und 2020 80
III. Tabellen-Anhang 85

Teil III Historische Emissionsdaten für 1990 **99**

Einleitung *100*

Erstes Kapitel. Die Quellgruppen 2.C und 2.E im Jahr 1990 *101*

Zweites Kapitel. Die Quellgruppe 2.F im Jahr 1990 *104*

Drittes Kapitel. Ökologische Bewertung der Emissionen von 1990 *106*

Anhang: Die verwendeten GWP-Werte *107*

Zusammenfassung

Die Klimarahmenkonvention (UNFCCC) und ihre Folgeregelungen enthalten auch für Deutschland konkrete Verpflichtungen zur Übermittlung von klimawirksamen Emissionen, einschließlich der zu ihrer Ermittlung verwendeten Basisdaten (Aktivitätsdaten) und Erhebungs- und Berechnungsmethoden. Im Zusammenhang mit den internationalen Vereinbarungen zum Klimaschutz sind gleichfalls Emissionsdaten an die Europäische Kommission zu melden.

In Bezug auf die fluorierten Klimagase HFKW, FKW und SF_6 sind folgende Daten für die nationale Emissionsberichterstattung zu ermitteln:

- Emissionen von HFKW, FKW (ca. 20 Einzelstoffe) und SF_6 in Tonnen und CO_2-Äquivalenten aus industriellen Prozessen, aufgegliedert nach Sektoren.
- Emissionsprognosen für HFKW, FKW und SF_6.
- Umgesetzte und geplante Politiken und Maßnahmen zur Emissionsreduktion und die sich daraus ergebenden Effekte.

Dieser Forschungsbericht entstand in diesem Zusammenhang. Er besteht aus drei Teilen.

Teil I präsentiert einen Vorschlag für das künftige nationale F-Gas-Monitoring-System, der gleiche Datenqualität (Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren) mit weniger Aufwand erzielen soll. Seine Grundzüge – Straffung, Institutionalisierung, Hebung der Datenqualität – sind erstens durch abgestufte Präzisionsanforderungen bei Emissionsquellen innerhalb von "Hauptquellgruppen" und zweitens durch Nutzung des neuen Umweltstatistikgesetzes und neuer Datenbanksysteme für Kältemittel gegeben. Das neue Monitoring-System wird Sektor für Sektor erläutert.

Teil II zeigt die für die Emissionsberichterstattung erforderlichen jährlichen Emissionen fluorierter Treibhausgase für die Jahre 1999 bis 2003, die mittlerweile an die internationalen Instanzen weitergeleitet worden sind. Er enthält außerdem Emissionsprognosen für die Jahre 2010 und 2020 nach vier verschiedenen Szenarien, von denen dasjenige sicher das wichtigste ist, das die Wirkung der geplanten EU-Verordnung über bestimmte fluorierte Treibhausgase und der EU-Richtlinie zum HFKW-134a-Ausstieg bei Kfz-Klimaanlagen enthält.

Teil III enthält quasi als Nachlieferung historische Emissionsdaten des Jahres 1990. Deren rückwirkende Abschätzung und Dokumentation ist für die Konsistenz der Emissionsberichterstattung nach UNFCCC erforderlich.

Verfasser der Studie ist Winfried Schwarz. An Teil I hat Sina Wartmann mitgearbeitet..

Frankfurt, 30. Juli 2005

Teil I

Das neue F-Gas-Monitoring-System

Aufgabenstellung: Gleiche Datenqualität mit weniger Aufwand

Das jährliche Emissionsinventar fluorierter Treibhausgase im Sinne der CRF-Berichtstabellen gemäß Klimarahmenkonvention wird bisher von Öko-Recherche erstellt, das alle Daten sammelt und bis zur Eingabefähigkeit in das Zentrale System Emissionen (ZSE) aufbereitet. Ausgangspunkte sind zwei grundlegende Studien:

- Schwarz, W./Leisewitz, A.: Aktuelle und künftige Emissionen treibhauswirksamer fluorierter Verbindungen in Deutschland, im Auftrag des UBA, Berlin, Dez. 1996.
- Schwarz, W./Leisewitz, A.: Emissionen und Minderungspotential von HFKW, FKW und SF_6 in Deutschland, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, Oktober 1999.

Seitdem werden emissionsrelevante Daten für vierzig Sektoren vor allem durch eigene Erhebungen, Befragungen von Herstellern, Anwendern, Händlern, Verbänden und anderen Branchenexperten gesammelt. Vereinzelt greift das Forschungsbüro auf freiwillige Mitteilungen im Rahmen von Branchen-Selbstverpflichtungen zurück. Das System ist ausführlich beschrieben im UBA-Text 14/05[1].

Diesem Vorhaben wurde u. a die Aufgabe gestellt, das F-Gas-Monitoring-System unabhängiger von den zahlreichen personengebundenen Direktbefragungen durch das Öko-Recherche zu machen. Dafür sollten u. a. Möglichkeiten der Direktmeldung an das Umweltbundesamt durch Untenehmen und Verbände auf freiwilliger, aber verbindlicher Basis erkundet werden. In der Hauptsache sollten jedoch Vorschläge für ein System der Erhebung emissionsrelevanter Daten zur Erfüllung der jährlichen nationalen Berichtspflichten erarbeitet werden, das künftig mit weniger Aufwand auskommt und dennoch gleich oder sogar stärker belastbare Emissionsdaten gewinnt.

Das ZSE ist seit kurzem die nationale Datenbank zur Emissionsberechnung und –Berichterstattung, die zahlreiche Arbeitsschritte der Berichterstattung automatisiert, sobald es die Aktivitätsdaten früherer Berichtsjahre als Zeitreihen sowie die zugehörigen Emissionsfaktoren enthält. Es reduziert deutlich den Aufwand für den Gesamtprozess der Emissionsberichterstattung. Der jährliche Teilprozess der Gewinnung derjenigen Daten, die in das ZSE neu einzugeben sind, ist dadurch jedoch noch nicht weniger aufwendig geworden.

Die Vorschläge für ein zeitgemäßes und weniger aufwendiges Monitoring sollen sich an den Rahmenbedingungen orientieren, die durch die UNFCCC reporting guidelines als Anforderungen an die Berichterstattung auf der einen und durch national bereits vorhandene oder realisierbare "Werkzeuge" auf der anderen Seite gegeben sind. In diesem Zusammenhang sollte vor allem untersucht werden, in wie weit die jährlichen Erhebungen nach dem Umweltstatistikgesetz (UStatG) genutzt oder durch Mitarbeit an seiner Novellierung nutzbar gemacht werden könnten.

Die in Teil I vorgestellten Reformen sind mit drei Schlüsselbegriffen charakterisierbar:

1. **Straffung,**
2. **Institutionalisierung,**
3. **Erhöhung der Datenqualität.**

[1] Winfried Schwarz: Emissionen, Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren von fluorierten Treibhausgasen (F-Gasen) in Deutschland für die Jahre 1995-2002. Anpassung an die Anforderungen der internationalen Berichterstattung und Implementierung der Daten in das zentrale System Emissionen (ZSE), für das Umweltbundesamt, Dessau, Juni 2005, http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-l/2902.pdf

Zu 1. Straffung
Eine wesentliche Vereinfachung der Datenerhebung ist dadurch möglich, dass erstmals die Präzisionsanforderungen für die einzelnen Emissionsquellen (Sektoren) bestimmt sind. Bislang wurde versucht, höchstmöglichen Detaillierungsgrad überall anzuwenden. Als Standpunkt des UBA steht mittlerweile fest, dass in "Hauptquellgruppen", zu denen alle F-Gas-Sektoren gehören, nicht mehr als zwei Drittel der Emissionen so hoher Präzision genügen müssen (mindestens "Tier 2" nach IPCC Good Practice Guidance 2000). Das eröffnet die Möglichkeit, sich in kleineren Sektoren, deren Vollerhebung keineswegs weniger Aufwand verursacht als große, mit Schätzungen zu begnügen. Nach fast zehn Jahren kompletter Direkterhebungen ist in vielen Fällen Ersatz durch trendbasierte Schätzungen und Fortschreibungen möglich. Zwischen Direkterhebungen können die Abstände auf mehrere Jahre ausgedehnt werden, vereinzelt können sie ganz wegfallen.

Zu 2. Institutionalisierung
Bis heute gibt es von drei Branchenverbänden Selbstverpflichtungen (SV), die außer einem Reduktionsziel für Emissionen auch deren jährliche Meldung an das Umweltbundesamt beinhalten. So verfahren Aluminiumhersteller (FKW), Hersteller und Betreiber von Betriebsmitteln zur Elektrizitätsübertragung (SF_6) und die Halbleiterindustrie (FKW, SF_6, HFKW). SV machen die Datengewinnung von persönlichen Kontakten unabhängig und damit langfristig sicherer und verbindlicher. Weitere SV mit Reduktionszielen stehen kurzfristig nicht bevor. Allerdings sind fast alle befragten Verbände und führenden Unternehmen bereit, mit dem UBA schriftliche Vereinbarungen, die auf jährliche Direktmeldungen von Emissionen (oder deren Berechnung erlaubender Aktivitätsdaten) begrenzt sind, abzuschließen.

Zu 3. Erhöhung der Datenqualität
Das Umweltstatistikgesetz mit seinen jährlichen Erhebungen der inländischen Verwendung von HFKW und FKW seit 1997 wurde bisher für die Datengewinnung nicht genutzt, obwohl sich die Totalerhebungen an 8000 auskunftspflichtige Unternehmen richten. Dies lag vor allem daran, dass die UStatG-Erhebung nach Wirtschaftszweigen mit dem Monitoring nach CRF nicht kompatibel war. Im Zuge der Vorbereitung des neuen UStatG konnten wichtige Anpassungen vorgenommen werden (u. a. bei Treibmitteln für Aerosole und Schäume), und die Aufnahme von SF_6 in die Erhebungen wurde durchgesetzt. Damit ist das neue UStatG in mehreren Bereichen in der Lage, Verbrauchsmengen und zum Teil sogar Emissionen CRF-konform zu erheben. Bisher anderweitig erhobene Daten werden somit entweder durch zuverlässigere ersetzt oder können mit ihnen kontrolliert werden.

Gegenwärtig werden zur Verwaltung von Kälte-Klimaanlagen zwei Datenbank-basierte Systeme entwickelt, die künftig für die Emissionsinventare bei Kältemitteln verwendet werden können: Ecoklima und VDKF-LEC. Grundsätzlich, wenn eine genügend große Zahl von Kälte- und Klimaanlagen nach Typ und Kältemittel-Erst- und Nachbefüllung erfasst ist, kann mit den Daten die Emissionssituation ganzer Einsatzgebiete wie Gewerbe-, Industrie-, Transportkälte oder Gebäudeklima abgebildet werden. In diesen großen F-Gas-Sektoren ist die Datensicherheit gegenwärtig mit am niedrigsten. Daher ist mittelfristig ein Qualitätsschub für die Daten zu erwarten, zunächst wahrscheinlich für die derzeit im nationalen F-Gas-Emissionsinventar (ZSE) verwendeten Kältemittel-Emissionsfaktoren.

Erstes Kapitel
Die Grundzüge des neuen Monitoring-Systems

Nachfolgend werden zunächst die drei genannten Grundzüge des neuen Monitoring-Systems für sich betracht, und zwar in dieser Reihenfolge:

(I) Straffung durch abgestufte sektorale Anforderungen an die Datenpräzision,
(II) Institutionalisierung durch vereinbarte Direktmeldungen an das UBA,
(III) Erhöhung der Datenqualität durch Nutzung von neuem Umweltstatistikgesetz und neuen Datenbanksystemen zur Kältemittel-Verwaltung.

Anschließend stellt das zweite Kapitel das künftige Monitoring für sämtliche F-Gas-Emissionsquellen im Einzelnen vor.

I. Straffung durch abgestufte Präzisionsanforderungen

Vor der Datenerhebung sind grundsätzlich die Methoden und damit der Grad der Detaillierung der Emissions-Modellierung und -Berechnung festzulegen, der sich aus der Einordnung von Quellgruppen als "Hauptquellgruppen" oder nicht ableitet. Der Begriff "Daten" umfasst (nach QSE-Handbuch) sowohl Daten im Sinne von Zahlenwerten (Aktivitätsdaten, Emissionsraten, statistische Unsicherheiten) als auch z. B. Dokumentationen, die in den nationalen Inventarbericht einfließen sollen.

1. Drei Hauptquellgruppen und ihre Unterteilung

Nach der Klassifikation des Common Reporting Format (CRF) gibt es im Bereich der F-Gase drei Quellgruppen: 1. Metallproduktion (Quellgruppe 2.C), 2. Produktion halogenierter Kohlenwasserstoffe (2.E) und 3. Verbrauch von F-Gasen (2.F). Eine Hauptquellgruppe ist nicht nur durch ihre Größe bestimmt. Sie ist eine im nationalen Inventar herausgehobene Quellgruppe, deren Emissionen einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtemissionen der Treibhausgase haben – entweder in der absoluten Höhe oder im Beitrag zum zeitlichen Emissionstrend. Das letztere Bestimmungskriterium meint rasche Veränderung (Anstieg oder Rückgang) der Emissionen. Dieses Merkmal trifft lt. Tab. 1 auf alle drei F-Gas-Quellgruppen zu.

Tabelle 1: F-Gas-Quellgruppen nach Beitrag zum Treibhauseffekt 2003 und nach Emissionstrend seit 1995

Quellgruppen nach CRF	Emissionen in Tsd. t CO_2-Äqu. 2003	Veränderung gegen 1995 in %
2. C Metal production	2007	+ 15%
2. E Production of halocarbons	772	- 82%
2. F Consumption of halocarbons	10911	+ 17%
- davon SF_6	*2607*	*- 62%*
- davon FKW	*381*	*+ 93%*
- davon HFKW	*7893*	*+ 248%*
Alle Quellgruppen	13690	- 12%

Quelle: Tabellenanhang zu Teil II dieser Studie.

Tabelle 1 veranschaulicht das rasche Auf- und Ab der Emissionen in den drei F-Gas-Quellgruppen. So stiegen innerhalb von acht Jahren die Emissionen der Quellgruppe 2.C und der großen Quellgruppe 2.F um 15% bzw. 17%, während die Emissionen der Quellgruppe 2.E (dank Emissionsreduktion von HFKW-23 bei der R-22-Produktion) um 82% sanken. Der 17%-ige Anstieg des Emissionsbeitrags der Quellgruppe 2.F (Consumption) setzt sich seinerseits aus gegenläufigen Trends zusammen: plus 248% bei HFKW, plus 93% bei FKW und minus 62% bei SF_6.

Aus der Begriffsbestimmung, die das UBA teilt, folgt, dass alle F-Gas-Quellgruppen als Hauptquellgruppen gelten. Dies ist hier wichtig. Denn auf sie ist grundsätzlich die jeweils höchste Anforderungsstufe ("tier") an die Daten-Genauigkeit anzuwenden, die die zurzeit gültigen IPCC Guidelines von 2000 (IPCC GL 2000) vorgeben.

2. Die Zwei-Drittel-Abschneidegrenze

Der "grundsätzliche" Anspruch ist allerdings zu relativieren. Nach der aktuellen UBA-Auslegung der internationalen Vorgaben ist "in allen Hierarchiestufen bei Hauptquellgruppen für die Unterquellgruppen, die zwei Drittel der zugehörigen Emissionen verursachen, mindestens das vorgegebene Tier-2-Verfahren oder ein vergleichbarer nationaler dokumentierter Ansatz zu verwenden" (Schreiben von Michael Strogies, 29.6.2005). Anders ausgedrückt: Innerhalb jeder der drei CRF-Quellgruppen 2.C, 2.E, 2.F wird hoher Detaillierungsgrad (i.d.R. Tier 2) für mindestens zwei Drittel der für 2003 (letztes Berichtsjahr) ermittelten Emissionen verlangt. Das heißt umgekehrt, dass dies für ein Drittel nicht gefordert ist. Daher genügen dort gröbere Ansätze wie etwa Schätzungen oder Trendfortschreibungen.

Aus Tabelle 2 auf der nächsten Seite, die alle seit 1995 erfassten Emissionsquellen nach CRF-Hierarchieebenen zusammenstellt, leiten sich Aussagen über den erforderlichen Präzisionsgrad der Datengewinnung nach Sektoren (Quellen) ab.

Die Tabelle enthält in der ersten Spalte alle Emissionsquellen, d.h. die drei Hauptquellgruppen, deren (nummerierte) Unterquellgruppen, und schließlich die Einzelquellen der untersten Ebene, die entweder im CRF vorgegeben sind (grau unterlegt, auch Teilquellgruppen genannt) oder ohne CRF-Vorgabe in der Vergangenheit erhoben wurden (weiß und kursiv).

In der zweiten Spalte sind ihnen jeweils die 2003er Emissionen in Tsd. t CO_2-Äquivalente zugeordnet.

Die dritte Spalte gibt die prozentualen Emissionsbeiträge der Quellen zu ihrer jeweils als 100% gesetzten Hauptquellgruppe an.

In der vierten Spalte werden die drei größten Untergruppen der Hauptquellgruppe 2.F (Verbrauch) erneut untergliedert, und zwar "Refrigeration and Air Conditioning Equipment", "Foam Blowing" und "Other SF_6 Applications", um auch hier die prozentualen Emissionsbeiträge nach Quellen ersehen zu können. (Daher sind die Prozentsätze in der vierten Spalte höher als in der dritten, in der sie sich auf die Summe sämtlicher F-Gas-Emissionen aus dem Verbrauch beziehen.)

Tab. 2: Haupt-, Unter-, Teilquellgruppen und Einzelquellen der deutschen F-Gas-Emissionen 2003, in Tsd. t CO_2-Äquivalenten – nach CRF			
Key- and Sub Sources, Single Sources	**Tsd. t CO_2 eq.**	**% of key source**	**% of sub source**
2.C PFCs and SF_6 from Metal prod.	2007	**=100%**	
SF_6 (and HFC-134a)	1532	76%	
Magnesium Foundries SF_6	*457*	*23%*	
Magnesium Foundries HFC-134a	*0,3*	*0,01%*	
Aluminium Foundries SF_6	*1075*	*54%*	
PFCs from Aluminium Production	475	24%	
2.E Production of Halocarbons and SF_6	772	**=100%**	
1. By-product Emissions HFC-23	Confidential	Confidential	
2. Fugitive Emissions	Confidential	Confidential	
HFC-134a	Confidential	Confidential	
HFC-227ea	Confidential	Confidential	
SF_6	Confidential	Confidential	
2.F Consumption of Halocarbons and SF_6	10911	**=100%**	
1. Refrigeration and Air Conditioning	5886	53,9%	**=100%**
Domestic Refrigeration	2	0,02%	0,03%
Commercial Refrigeration	2391	21,9%	40,6%
Transport Refrigeration	208	1,9%	3,5%
Refrigerated vehicles	*167*	*1,5%*	*2,8%*
Refrigerated containers	*40*	*0,4%*	*0,7%*
Industrial Refrigeration	705	6,5%	12,0%
Stationary Air-Conditioning +	219	2,0%	3,7%
Centralized AC systems	*186*	*1,7%*	*3,2%*
Room Air Conditioners	*28*	*0,3%*	*0,5%*
Heat pumps	*5*	*0,04%*	*0,1%*
Mobile Air-Conditioning	2362	21,6%	40,1%
Passenger Cars	*2101*	*19,3%*	*35,7%*
Trucks	*91*	*0,8%*	*1,6%*
Buses	*91*	*0,8%*	*1,5%*
Agricultural machines	*45*	*0,4%*	*0,8%*
Ships	*2*	*0,02%*	*0,03%*
Railcars	*32*	*0,3%*	*0,5%*
2. Foam Blowing (Hard foam)	1442	13%	**=100%**
XPS	698	6,4%	*48,4%*
OCF	587	5,4%	*40,7%*
Integral skin	113	1,0%	*7,8%*
Other PU hard foam	45	0,4%	*3,1%*
3. Fire Extinguishers	6	0,05%	
4. Aerosols/Metered Dose Inhalers	655	6%	
MDI	*318*	*2,9%*	
Techn. Aerosols	*213*	*1,9%*	
Novelties	*124*	*1,1%*	
5. Solvents	1,9	0,02%	
6. Semiconductor Manufacture	351	3,2%	
7. Electrical Equipment	629	5,8%	
8. Other SF_6 applications	1940	17,8%	**=100%**
Car tires	*143*	*1,3%*	*7,4%*
Soundproof glazing	*1155*	*10,6%*	*59,6%*
Military Radar+Shoe soles	*273*	*2,5%*	*14,1%*
Glass fibres	*96*	*0,9%*	*4,9%*
Particle accelerators	*117*	*1,1%*	*6,0%*
Capacitors	*143,4*	*1,3%*	*7,4%*
Tracer gas	*13*	*0,1%*	*0,6%*

Erläuterung: Buchstaben (C,E,F) bedeuten Hauptquellgruppen. Zahlen (1.-8.), grau unterlegt, sind deren Unterquellgruppen nach CRF. Nicht nummeriert, weiß unterlegt, in Normalschrift sind Teilquellgruppen einer CRF-Untergruppe. Eingerückt, kursiv und nicht nummeriert sind Einzelquellen der untersten Hierarchiestufe.

3. Unterquellgruppen für hohe Datenpräzision

1. In der Metallproduktion (2.C) machen die Emissionen vom Magnesiumguss (SF_6 und HFKW-134a zusammen) nur 23% aus. Hier könnte auf maximale Datenexaktheit verzichtet werden. Da gegenwärtig jedoch HFC-134a das SF_6 in dieser Anwendung ablöst, ist mit einem starken HFKW-Wachstum zu rechnen. Darum wird empfohlen, diese Quellen wie die anderen zu behandeln, zumal der eigenständige Erhebungsaufwand in Zukunft u. a. dank Umweltstatistikgesetz sinkt.

2. In der Produktion von F-Gasen (2.E) könnte formal auf die detaillierte Ermittlung zweier - hier aus Vertraulichkeitsgründen nicht genannter - Emissionsquellen verzichtet werden. Da alle Daten ohnehin gemeinsam und freiwillig gemeldet werden, wäre damit keine Verringerung des eigenen Aufwands verbunden.

3. In der Hauptquellgruppe 2.F (Verbrauch von F-Gasen) kann dagegen der Erhebungsaufwand deutlich reduziert werden. Betrachtet man die Ebene der acht Unterquellgruppen nach Emissionsbeiträgen, so rangiert an der Spitze "1. Kälte- und Klimaanlagen" (53,9%) vor "8. Sonstige SF_6-Anwendungen" (17,8%) und "3. Hartschaum" (13%). Streng genommen ist hohe Datenpräzision nur für die ersten beiden erforderlich, da sie alleine bereits über zwei Drittel der Emissionen bilden. Wegen des künftigen Emissionsrückgangs aus "Sonstigen SF_6-Anwendungen" und des erwarteten Wachstums bei "Hartschaum" schlagen wir allerdings vor, hohe Präzision auf die drei Unterquellgruppen anzuwenden, auf die in 2003 zusammen 84,7% der Hauptquellgruppen-Emissionen entfielen.

Weniger strenge Erhebungsnormen gelten demnach für 3. Feuerlöschmittel, 4. Aerosole, 5. Lösemittel, 6. Halbleiterindustrie und 7. Betriebsmittel zur Elektrizitäts-übertragung, die für nur wenig mehr als 15% der 2.F-Emissionen verantwortlich sind.

4. Anforderungen auf der Ebene der Einzelquellen

Die UBA-Interpretation der Zwei-Drittel-Abschneidegrenze betrifft "alle Hierarchiestufen". Das heißt, dass auch in den drei größten Unterquellgruppen wiederum nur zwei Drittel der Emissionen hohe Datenpräzision verlangen. Diesem Prinzip folgend sind aus Spalte 4 diejenigen Einzelquellen der drei Untergruppen zu ermitteln, die jeweils zwei Drittel ihrer Emissionen verursachen. Es zeigt sich:

Für hohe Datenpräzision bleiben in der Untergruppe "Kälte- und Klimaanlagen" zwei Einzelquellen übrig: Gewerbekälte mit 40,6% und Pkw-Klimaanlagen mit 35,7%. In der Untergruppe "Sonstige SF_6-Anwendungen" sind dies Schallschutzscheiben (59,6%) und Autoreifen (7,4%). (Die quantitativ größere Quelle "Military Radar+Shoe soles" ist eine Sammelgruppe und wegen Vertraulichkeit ungeeignet.) Von der Untergruppe "Hartschaum" bleiben nur XPS-Schaum (48,4%) und Montageschaum (40,7%). (Die Prozentzahlen beziehen sich jeweils nur auf die Untergruppen – nach Tab. 2, Spalte 4.)

Werden mit hoher Präzision nur die sechs Quellen untersucht, die sich aus dieser – zweistufigen - Auslegung der Zwei-Drittel-Abschneidegrenze ergeben, dann bleiben von Hauptquellgruppe 2.F nur sechs Einzelquellen übrig, die zusammen 64% ihrer Emissionen bewirken.

5. Weniger Erhebungsaufwand durch abgestufte Präzisionsanforderungen

Generell sollte schematischer Umgang mit der Zwei-Drittel-Abschneidegrenze vermieden werden. In Sektoren, wo die emissionsrelevanten Daten in höherer Präzision als gefordert entweder mit vertretbarem Aufwand erhältlich sind oder aufgrund politischer oder sonstiger Interessenlagen besondere Aufmerksamkeit verdienen, sollte hohes Präzisionsniveau immer beibehalten werden.

Jene sechs Quellen, die zusammen 64% der Emissionen der 2.F-Hauptquellgruppe bewirken, halten wir für zu wenige, zumal ihr prozentualer Anteil in kommenden Jahren noch sinken kann. Daher befürworten wir eine Erweiterung des Kreises von Einzelquellen, auf die hohe Präzision der Datengewinnung anzuwenden ist.

So sollten die Unterquellgruppen "6. Halbleiterindustrie" und "7. Elektrische Betriebsmittel", die zusammen für 9% der 2.F-Emissionen verantwortlich sind, nicht unter die Datengenauigkeit früherer Jahre gesenkt werden. Der zusätzliche Aufwand für das UBA ist gering. Die emissionsrelevanten Daten werden im Rahmen bestehender Sebstverpflichtungen ohnehin gemeldet. Darüber hinaus sollten innerhalb der Unterquellgruppe "Kälte- und Klimaanlagen" zusätzlich zu – mobilen - Pkw-Klimaanlagen und - stationärer – Gewerbekälte wegen des inneren Zusammenhangs mit diesen auch die mittelgroßen Teilquellgruppen "Industriekälte", "Transportkälte (Kühlfahrzeuge)" und "Zentralanlagen zur Gebäudeklimatisierung" hoher Datenpräzision unterliegen. Damit sind es in der Hauptquellgruppe 2.F elf Einzelquellen für höchste Datenpräzision. Ihr Anteil an den Emissionen dieser Hauptquellgruppe lag 2003 bei 83% (siehe Tabelle 2).

Von den insgesamt 33 Einzelquellen der Hauptquellgruppe 2.F gilt folglich für 22 eine niedrigere Anforderungsstufe der Datengewinnung. Diese Einzelquellen sind:

1. Haushaltskühlgeräte, Kühlcontainer, Raumklimageräte, Wärmepumpen,
2. Klimaanlagen für Lkw, Busse, Landmaschinen, Schiffe, Schienenfahrzeuge,
3. Integralschaum, Sonstige PU-Schaumanwendungen,
4. Feuerlöschmittel, MDI, Allgemeine Aerosole, Novelties, Lösemittel,
5. Flugzeugradar, Opt. Glasfasern, Teilchenbeschleuniger, Kondensatoren, Sportschuhsohlen, Spurengas.

Das bedeutet keineswegs, dass dort künftig Daten-Willkür herrscht. Wie im zweiten Kapitel bei der Einzeldarstellung des künftigen Monitoring-Systems gezeigt wird, sind die vorgesehen Änderungen für das UBA zeitsparend und dabei kaum mit Verlust an Datenqualität verbunden. Denn das Konzept der abgestuften Datenpräzision erlaubt es, in den kleineren Emissionsquellen angepasste Lösungen zu etablieren.

- In der Hälfte der 22 kleineren Sektoren besteht die Änderung darin, die bisherigen detaillierten Direkterhebungen bzw. Expertenschätzungen nicht mehr alljährlich durchzuführen, sondern in größeren Abständen. In den Zwischenjahren sollen trendbasierte Fortschreibungen nahezu ebenbürtige Datenqualität liefern. Dieses Verfahren ist für alle kleineren Kälte- und Klimasektoren (sub 1. und 2) vorgesehen, sowie für Teilchenbeschleuniger (sub 5).

- In weiteren sechs Fällen, nämlich Integral- und sonstiger PU-Schaum (sub 3), Feuerlöschmittel (sub. 4), Flugzeugradar, Glasfasern, Kondensatoren (sub 5), wird

zwar der Eigenaufwand, aber nicht die Datenpräzision gesenkt. Dies ist dadurch möglich, dass dort die Daten künftig über andere Instrumente, vorwiegend das neue Umweltstatistikgesetz, erfasst werden.

- In vier der sechs restlichen Sektoren wird keine Änderung vorgeschlagen. Bei Allgemeinen Aerosolen, Novelties (sub 4), Sportschuhsohlen und Spurengas (sub 5) basieren die Emissionsdaten schon bisher auf relativ groben Expertenschätzungen und Trendfortschreibungen (in Einklang mit den IPCC Guidelines!).

- Lediglich für zwei Einzelquellen schlagen wir, die bisherigen detaillierten Direkterhebungen bei inländischen Vertreibern zugunsten von Expertenschätzungen aufzugeben. Das betrifft MDIs und Lösemittel (beide sub 4).

Aus Erfahrung lässt sich sagen, dass der Aufwand zur Datengewinnung nicht so sehr von der absoluten Höhe der Emissionen einer Quelle abhängt, sondern weit mehr von deren innerer Komplexität. Das Konzept der abgestuften Datenpräzision (Zwei-Drittel-Abschneidegrenze) gestattet daher für die Datenerhebung in der Hauptquellgruppe 2.F eine Senkung des Eigenaufwands, die deutlich über den Emissionsbeitrag der betroffenen Einzelquellen von zusammen 17% hinausgeht.

II. Institutionalisierung durch vereinbarte Emissionsmeldung

Häufig sind sektorspezifische Daten zu inländischen Emissionen auf Daten zum Inlandsmarkt angewiesen, d.h. auf an inländische Verbraucher verkaufte Mengen von F-Gasen in fertigen Produkten. Aktivitätsdaten wie "Im Inland verkaufte Einheiten in Stück" sind bei der Datengewinnung oft unverzichtbarer Ausgangspunkt zur Abschätzung nationaler Emissionen, die dann in die ZSE-Datenbank einzugeben sind.

Solches Spezialwissen über den Markt ist auf der Ebene von Branchenverbänden oder einzelner Unternehmen mit bevorzugter Marktposition entweder vorhanden oder kurzfristig aktivierbar, wird aber aus Gründen des Wettbewerbs nicht publiziert. Im Rahmen von Selbstverpflichtungen werden Daten einzelner Unternehmen meist auf Verbandsebene zusammengefasst, anonymisiert und an das Umweltbundesamt gemeldet. Wo keine SV vorliegt, nutzt das Forschungsbüro Öko-Recherche Kontakte zu Experten in führenden Branchen-Unternehmen oder in Branchenverbänden, um die Daten in Erfahrung zu bringen. Nur in einem Fall geschieht dies auf Basis einer schriftlichen Vereinbarung mit dem Informationsgeber.

Eine vertragliche Regelung zwischen Unternehmen oder Verband einerseits und dem UBA andererseits über regelmäßige Datenbereitstellung ist auch unabhängig von Selbstverpflichtungen möglich. Denkbar sind schriftliche Vereinbarungen über jährliche direkte Lieferung der gewünschten Daten an das Umweltbundesamt.

Im Rahmen dieses Projekts wurde bei sechs Unternehmen mit gutem Marktüberblick und sechs Branchenverbänden nach der Bereitschaft gefragt, schriftliche Melde-Vereinbarungen mit dem UBA abzuschließen. Die Reaktion war durchweg positiv von je einem führenden Unternehmen und einem Branchenverband abgesehen. Damit liegen zehn Bereitschaftserklärungen, noch nicht die Vereinbarungen selbst, vor. Sie beziehen sich auf:

- Raumklimageräte
- Montageschaum
- XPS-Dämmschäume
- PU-Integralschaum
- Feuerlöschmittel
- Allgemeine Aerosole
- Novelties
- Lösemittel
- Schutzgas für Magnesiumguss (HFKW-134a)
- Nebenprodukt-Emission von HFKW-23
- Flüchtige Emissionen von der HFKW- und SF_6-Herstellung

Diese Art der Institutionalisierung sichert erstens die langfristige Verfügbarkeit der Daten über die Dauer persönlicher Beziehungen hinaus. (Jeder Wechsel in den Datenquellen bringt das Risiko von Inkonsistenzen in den Datensätzen mit sich.) Zweitens erhöht sie die Verbindlichkeit der Datenbereitstellung, so dass diese nicht immer wieder angefordert werden muss.

III. Nutzung neuer Instrumente zur Hebung der Datenqualität

1. Das Umweltstatistikgesetz

Das Umweltstatistikgesetz (UStatG) ist bisher kaum für das nationale Emissionsinventar für fluorierte Treibhausgase genutzt worden, obwohl auf seiner Basis seit 1997 auch Daten zur Verwendung von HFKW und FKW erhoben werden. Da in den Projektzeitraum die Novellierung des Gesetzes vom 21. September 1994 fiel, gingen die Autoren dieser Studie zusammen mit dem Umweltbundesamt (Katja Schwaab) und dem Statistischem Bundesamt verstärkt der Frage nach, welchen Beitrag das UStatG künftig im Rahmen der nationalen Emissionsberichterstattung leisten könnte.

1.1. Begrenzte Eignung durch Erhebung der "Verwendung zur Herstellung"

In seinem § 11 "Erhebung bestimmter ozonschichtschädigender und klimawirksamer Stoffe" nennt der Abs. 2 ausdrücklich "Fluorderivate der aliphatischen Kohlenwasserstoffe" als der Erhebung unterliegende klimawirksame Stoffe, mithin HFKW und FKW. Der Wortlaut ist wie folgt.

Gesetz über Umweltstatistiken (UStatG 1994)
§ 11 Erhebung bestimmter ozonschichtschädigender und klimawirksamer Stoffe

(2) Die Erhebung erfasst bei Unternehmen, die Fluorderivate der aliphatischen Kohlenwasserstoffe mit bis zu sieben Kohlenstoffatomen in Mengen von mehr als 50 kg pro Stoff und Jahr zur Herstellung, Instandhaltung oder Reinigung von Erzeugnissen verwenden, jährlich, beginnend 1997, jeweils für das Vorjahr, die Erhebungsmerkmale Art und Menge der Stoffe als solche oder in Zubereitungen.

Motiv für ihre Erhebung war ursprünglich, nicht nur den FCKW-Ausstieg, sondern auch den komplementären Anstieg der Ersatzstoffe statistisch zu dokumentieren. Die jährlichen Erhebungen zu beiden Stoffgruppen richteten sich an Unternehmen, die solche Stoffe in Mengen von jeweils über 50 kg zur Herstellung und Instandhaltung von Erzeugnissen im Inland verwenden. (Bei ozonschichtschädigenden Stoffen - hier abgek. ODS - wurden zudem inl. Produktion sowie Im- und Export erfragt.)

Die praktische Durchführung ist eine Totalerhebung durch die Statistischen Landesämter. Sie erfolgt durch Versand von Erhebungsbogen an über 8000 Unternehmen in 50 Wirtschaftszweigen (WZ), die in einer Vorerhebung über 50 kg jährliche Verwendung angegeben hatten. (Die Adressen werden laufend aktualisiert.) Im Fragebogen selbst wird außer nach ODS nach der Verwendung von HFKW/FKW gefragt, und zwar (1) als Kältemittel (für Erstfüllung oder Instandhaltung/Umrüstung), (2) als Treibmittel zur Herstellung von Aerosolen, (3) als Treibmittel zur Herstellung von Kunst- und Schaumstoffen und (4) als sonstiges Mittel. Den Verwendungsarten ist jeweils eine Stoffliste zugeordnet, die neben ODS auch alle wichtigen HFKW und FKW als Einzelstoffe bzw. Mischungen enthält.

Außer einem allgemeinen Fragebogen Nr. 11 (Zahl entspricht dem § im UStatG) werden zwei zielgruppenspezifische Fragebögen verschickt: 11-45 und 11-50. Die Zahlen hinter 11 bedeuten die Wirtschaftszweige 45 und 50 nach der Klassifikation des Statistischen Bundesamtes. WZ 45 enthält die Kälte-Klima-Fachbetriebe, WZ 50 Handel und Reparatur von Kfz. Diese Fragebögen sind bewusst kürzer. Um die Unternehmen zu entlasten, fragen sie nur nach der Verwendung von Kältemitteln.

Die Erhebung zielt ausdrücklich auf Verwendung der Stoffe, und zwar auf Verwendung zur Herstellung von Erzeugnissen im Inland. (Bei Kältemitteln auch auf Verwendung zur Instandhaltung). Sie fragt nicht danach, was davon auf den inländischen Markt gelangt, um bei Anwendung zu emittieren. So wird etwa bei Aerosolen die im Inland abgefüllte Treibmittelmenge erfragt, nicht aber die im Inland abgesetzte und versprühte Menge. Sie fragt auch nicht nach Bestand in geschlossenen Systemen oder nach Entsorgung. Solche für das nationale F-Gas-Emissionsinventar, das sich an der Klassifikation nach CRF orientiert, zentralen Aktivitätsdaten werden durch das UStatG nicht erfasst. Damit ist das UStatG für umfassende Emissionsinventare grundsätzlich nur begrenzt nutzbar.

1.2. Der Nutzen im Bereich Treibmittel für Aerosole und Schaum

Andererseits deckt sich die "Verwendung zur inländischen Herstellung" (UStatG) begrifflich mit "amount of fluid filled in new manufactured products". Dies ist im CRF die erste von drei Aktivitätsdaten-Gruppen, aus denen "manufacturing emissions" errechnet werden, die erste der drei Emissions-Gruppen (neben Bestands- und Entsorgungsemissionen). Dafür kann das UStatG sehr wohl herangezogen werden.

Das ist unmittelbar einsichtig bei der Verwendung als Treibmittel für Aerosole und Schaum. Die sektorspezifischen Emissionsraten bei Herstellung sind unterschiedlich, aber bekannt. Sie reichen von 1 bis 2% bei der Herstellung (Abfüllung) von MDI, Allgemeinen Aerosolen, PU-Montageschaum über 25% bei XPS-Schaum (134a) bis 100% bei PU-Integralschaum und XPS-Schaum (152a). Die Berechnung der herstellungsbedingten Emissionen setzt nur voraus, dass das UStatG die zur Herstellung verwendeten Mengen in den einzelnen Anwendungssektoren bereitstellt.

Erhebungsbogen 11 ist in seiner bisherigen Fassung aber noch zu grob dafür. Denn er unterteilt die Treibmittelverwendung nur nach Aerosolen und Schaumstoffen. Das führt nicht nur zu Zuordnungsunsicherheit beim Montageschaum, der teils Aerosol- und teils Schaumstoffeigenschaften aufweist. Sondern die beiden erhobenen Mengendaten lassen keinen Schluss mehr auf die unterschiedlich emissionswirksamen Anwendungen zu und können letztlich nur zum Abgleich der auf anderen Wegen gewonnenen Daten dienen, was zwar nützlich, aber nicht ausreichend ist.

Aus der Diskussion zwischen Statischem Bundesamt, Umweltbundesamt und den Autoren dieser Studie resultiert daher der Vorschlag, künftig Aerosole und Schäume tiefer zu untergliedern. Teil C von Fragebogen 11 (jetzt 10) [2] wäre dann wie folgt:

[2] Die Nummer des Fragebogens entspricht dem entsprechenden Paragraphen im UStatG. Der bisherige §10 Luftverunreinigungen ist im nov. UStatG weggefallen, so dass der frühere §11 zu §10 wurde; damit tragen jetzt die Fragebögen zu "bestimmten klimawirksamen Stoffen" die Ziffer 10 anstatt 11.

Neuvorschlag Fragebogen 10 (früher 11)

C Verwendung als Treibmittel, Lösemittel u. ä.

Stoffe	Verwendete Stoffe									
	als **Treibgas** bei der Herstellung von **Aerosolen**			als **Treibmittel** bei der Herstellung von **Schaum- und Dämmstoffen**					als **sonstiges Mittel**	
	insg.	dav. medizin. Aerosole	dav. sonstige Aerosole	insg.	dav. Montage-schaum (PU)	dav. Integral-schaum (PU)	dav. Sonstiger PU-Schaum	dav. Extrudiert. Polystyrol (XPS)	insg.	darunter Löse-mittel
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
134a										
152a										
227ea										
236fa										
245fa										
365mfc										
43-10mee										
Sonstige										

1.3. Geringe Kompatibilität von UStatG und CRF bei Kälte- und Klima

Bei Kältemitteln ist die Situation schwieriger. Werden zunächst die für Instandhaltung/Umrüstung separat angegebenen Verwendungsmengen subtrahiert, erhält man in sämtlichen Wirtschaftszweigen die zur Herstellung von Erzeugnissen verwendete Menge von HFKW/FKW-Kältemitteln, als Einzelstoff (R-134a usw.) oder in Blends (R-404A usw.). Von hier ab zeigt das UStatG allerdings immanente Grenzen. Bei Kältemitteln ist seine Klassifikation nach Wirtschaftszweigen nämlich weitgehend nicht kompatibel mit der Einteilung nach CRF, die für das Monitoring im Rahmen der Emissionsberichterstattung an das UNFCCC-Sekretariat vorgegeben ist.

CRF teilt die Unterquellgruppe Kälte- und Klimaanlagen in Teilquellgruppen nach ihren Einsatzgebieten ein: Kälteanlagen in Haushalt, Gewerbe, Industrie, Transport; Klimaanlagen in Fahrzeugen und Gebäuden. Von diesen sechs Teilquellgruppen decken sich nur zwei mit entsprechenden WZ. Haushaltskühlgeräte stimmen mit WZ 2971 "Herstellung von elektrischen Haushaltsgeräten" überein. Mengenmäßig bedeutender ist die Deckung der Teilquelle "Mobilklimaanlagen" mit WZ 3410 "Herstellung von Kraftwagen". Dies bedeutet, dass über das UStatG das Quantum Kältemittel (hier kommt nur 134a infrage) direkt erhoben werden kann, das jährlich in Deutschland in neue Klimaanlagen von Pkw, Lkw, Bussen, Traktoren gefüllt wird.

Für die restlichen, mengenmäßig sehr wichtigen, vier CRF-Teilquellen "Gewerbekälte", "Industriekälte", "Transportkälte" und "Stationäre Klimaanlagen" kann das UStatG keine spezifischen Angaben zur Kältemittelverwendung liefern. Die über die Fragebögen 11, 11-45 und 11-50 außerhalb der Kraftwagenproduktion erhobenen Kältemittel entfallen zu zwei Drittel auf den WZ 2923 "Herstellung von kälte- und lufttechnischen Erzeugnissen, nicht für den Haushalt", eine Branche des Maschinenbaus; ein weiteres Viertel auf WZ 4533, zu dem die Kälte- und Klimafachbetriebe gehören. Anders gesagt, das UStatG erhebt die Kältemittelverwendung für Kälte- und Klimaanlagen nach den Wirtschaftszweigen, in denen diese erstbefüllt und instand gehalten werden. Ein Bezug zu den im CRF geforderten Einsatzgebieten ist hier nicht möglich.

1.4. Datenabgleich bei Kältemitteln

Der Nutzen des UStatG für das F-Gas-Emissionsinventar ist bei Kältemitteln zwar geringer als bei Treibmitteln. Aber er besteht durchaus, wenn es darum geht, anderweitig gewonnene Daten über inländischen Verbrauch zur Herstellung (= Erstbefüllung) neuer Kälte- und Klimaanlagen zu kontrollieren. Denn streng genommen ist der aus allen Teilquellen addierte Neuverbrauch nach CRF gleich der in allen WZ zur Herstellung verwendeten Menge nach UStatG. Eine derartige Datenkontrolle ist bei Mobilklimaanlagen sogar sektorspezifisch möglich, wenn auch nur dort. Da die Übereinstimmung nach UStatG und nach CRF in der Summe für jedes einzelne Kältemittel gilt, kann der Nutzen für den Abgleich anderer Datenquellen in Einzelfällen beträchtlich sein. Dies trifft besonders auf die Kleinmengen-Kältemittel zu wie R-23, R-116, R-218, R-227ea, R-410A, R-508A/B u. dgl., zumal einige davon nur in einer oder zwei Teilquellen vorkommen.

Die Rolle als Instrument zur Kontrolle und Verbesserung anderer Kältemittel-Datenquellen braucht nicht auf die Verwendung zur Herstellung begrenzt zu bleiben, sie kann auch auf Bestandsemissionen angewandt werden. Alle Erhebungsbögen stellen nämlich auch die Frage nach der Verwendung zur Instandhaltung (= Nachfüllung in bestehende Anlagen). Da es international gängige Praxis ist, Nachfüllmengen zum Emissionsausgleich zumindest mittelfristig den Emissionen selbst gleichzusetzen, erlaubt das UStatG grundsätzlich auch den summarischen Datenabgleich in Bezug auf Emissionen nach einzelnen Kältemitteln. Im Falle der Mobilklimaanlagen ist er sogar sektorspezifisch möglich. Fragebogen 11 (10) -50 ist dafür speziell konzipiert.

1.5. Chancen durch neue Fragebögen und neues Umweltstatistikgesetz 2005

Zwei Hindernisse für diese Art der indirekten und summarischen Emissionserhebung wurden in den Diskussionen zwischen Statistischem Bundesamt, Umweltbundesamt und den Autoren dieser Studie ausgemacht. Erstens darf in den Fragebögen die Nachfüllung in bestehende Anlagen nicht mehr mit Umrüstung von Altanlagen gleichgesetzt werden. Letztere ist ihrer Natur nach Erstfüllung und zählt begrifflich zur Herstellung. Zweitens, und dieser Punkt ist viel wichtiger, die gesetzliche Mengenschwelle von 50 kg pro Kältemittel ist zu hoch, um die Nachfüllungen der im Service tätigen zahlreichen kleinen Unternehmen überhaupt zu erfassen.

Dem Gliederungsvorschlag der Kältemittelverwendung in (1) Erstfüllung von Neuanlagen, (2) Erstfüllung umgerüsteter Altanlagen, und (3) Instandhaltung bestehender Anlagen tragen erstmals 2005 die Erhebungsbogen für 2004 Rechnung.

Der direkt das Gesetz, nicht seine Ausführung, betreffende Vorschlag nach einer Absenkung der Mengengrenze ist ebenfalls zu großem Teil befolgt worden. Absatz 1 des § 10 des neuen "Gesetzes zur Straffung der Umweltstatistik", das im Juli 2005 das alte Umweltstatistikgesetz abgelöst hat, enthält nicht nur die seit langen geforderte Erhebung von Herstellung, Ein- und Ausfuhr von HFKW/FKW, sondern auch generell eine neue Mindestgrenze pro Stoff und Jahr von 20 kg.

Der Wortlaut des neuen § 10 kann dem folgenden Kasten entnommen werden. Die Umnummerierung kommt durch den Wegfall der Erhebung der Luftverunreinigungen (bisher § 10) zustande. Anzumerken ist, dass die Erhebung von Stoffen, die zum

Abbau der Ozonschicht beitragen, generell nicht mehr vorgesehen ist. Andererseits beseitigt die Aufnahme von Schwefelhexafluorid (Abs. 2) einen großen Mangel des alten UStatG.

Gesetz zur Straffung der Umweltstatistik (2005)
§ 10 Erhebung bestimmter klimawirksamer Stoffe

(1) Die Erhebung erfasst bei Unternehmen, die Fluorderivate der aliphatischen und cyclischen Kohlenwasserstoffe mit bis zu sechs Kohlenstoffatomen

1. herstellen, einführen oder ausführen oder
2. in Mengen von mehr als 20 Kilogramm pro Stoff und Jahr zur Herstellung, Instandhaltung, Wartung oder Reinigung von Erzeugnissen verwenden,

jährlich, beginnend mit dem Berichtsjahr 2006, die Erhebungsmerkmale Art und Menge der Stoffe als solche oder in Zubereitungen.

(2) Die Erhebung erfasst bei Unternehmen, die Schwefelhexafluorid

1. herstellen, einführen oder ausführen oder
2. in Mengen von mehr als 200 Kilogramm pro Jahr im Inland abgeben,

jährlich, beginnend mit dem Berichtsjahr 2006, das Erhebungsmerkmal Menge des Stoffes und im Falle der Nummer 2 auch den vorgesehenen Verwendungszweck. Die Erhebung erstreckt sich nicht auf Unternehmen, die Produkte und Einrichtungen herstellen, die Schwefelhexafluorid zu deren Funktionieren benötigen.

1.6. Die Erhebung von Schwefelhexafluorid

Schwefelhexafluorid (SF_6) ist kein FCKW-Ersatzstoff und darum nicht im alten UStatG enthalten. Der extrem klimawirksame Stoff (GWP: 23.900) wurde 1997 in das Kyoto Protokoll der zu reduzierenden Treibhausgase aufgenommen; über seine Verbrauchs- und Emissionsmengen wird jährlich nach CRF berichterstattet. In der Diskussion um die Novellierung des UStatG wurden daher Möglichkeiten gesucht, SF_6 in die Erhebung aufzunehmen - bei vertretbarem zusätzlichem Verwaltungsaufwand.

SF_6 bildet immerhin 76% der Emissionen der Hauptquellgruppe 2.C "Metallproduktion" (nur F-Gase) durch seine Anwendung in Magnesium- und Aluminiumgießereien. In der Hauptquellgruppe 2.F "Verbrauch von F-Gasen" stammen 24% der Emissionen aus SF_6-Anwendungen wie Schallschutzscheiben, Betriebsmitteln zur Energieübertragung und –Verteilung, Autoreifen, Flugzeugradar, Spurengas u. a.

Dazu kommt, dass die Anlage des UStatG, nämlich die Erhebung der inländischen Stoff-Verwendung, im Falle von SF_6 kaum zu solchen Einschränkungen führt wie bei HFKW-Kältemitteln. Von den zehn SF_6-Einsatzgebieten (nach nov. UStatG "Verwendungszwecken") sind fünf grundsätzlich offene Anwendungen. Hier ist inländischer Verbrauch entweder direkt oder zeitverzögert der inländischen Emission größengleich. In diesen Fällen sind außer dem UStatG keine weiteren Datenquellen mehr erforderlich. In den restlichen Anwendungen kann das UStatG nützliche Informationen zur Kontrolle von anderweitig erhobenen oder geschätzten Daten liefern.

Sämtliches SF_6 wird in Deutschland entweder direkt vom Hersteller oder indirekt von rund zwanzig Gas-Händlern an die inländischen Verwender geliefert. Da die SF_6-

Daten für das nationale F-Gas-Inventar in den vergangenen Jahren bereits auf Dokumentation und Schätzung des Spezial-Gasehandels über die SF_6-Vertriebskanäle beruhten, wurde zwischen Statistischem Bundesamt, Umweltbundesamt, den Autoren dieser Studie und Vertretern führender Spezial-Gashändler die gesetzliche Verankerung dieser Vorgehensweise erörtert. Diese sollte es erlauben, eine aufwendige Befragung der zahlreichen Einzelanwender zu umgehen, und das gleiche Ergebnis durch Befragung der überschaubaren Zahl der Gasehändler zu erreichen.

Alle Seiten stimmten zu, dass im Falle von SF_6 nur die Unternehmen angeschrieben werden, die jährlich eine Mindestmenge von SF_6 "abgeben", d.h. verkaufen. Diese werden um anonyme Aufstellung des SF_6-Absatzes nach zehn verschiedenen Verwendungszwecken gebeten. Dafür wird ein eigener Fragebogen (10-51) erarbeitet, der im Entwurf vorliegt. Er kann verwendet werden, sobald das neue UStatG die Erhebung von SF_6 vorsieht. Dies ist nun der Fall. Der Fragebogen besteht im Kern aus der Zuordnung des SF_6-Absatzes (kg) in die verschiedenen Anwendungszweige.

Vorschlag Fragebogen 10-51
B Abgabe / Verkauf von Schwefelhexafluorid

Haben Sie **Schwefelhexafluorid** in der Größenordnung von **mehr als 200 kg pro Stoff** im Jahr 200X abgegeben? *Bitte ankreuzen*	
Wenn ja, bitte tragen Sie die Insgesamt-Mengen für **Schwefelhexafluorid** in nachfolgende Tabelle ein, die Befragung Ihres Unternehmens ist abgeschlossen.	
Industriezweig	- kg im Jahr 200X -
Magnesium-Gießereien (Schutzgas)	
Aluminium-Gießereien (Reinigungsgas)	
Fensterhersteller, Ausbaugewerbe (Isoliergas)	
Energieversorger (Isoliergas)	
Elektroindustrie, Apparatebau (Isoliergas)	
Kfz-Werkstätten, Reifenhandel	
Militär, Streitkräfte (militärische Zwecke)	
Halbleiterindustrie (Ätzgas)	
Chemikalienhandel	
Sonstige	
Insgesamt	

1.7. Fazit

Mit dem (a) neuen Fragebogen (10-51) für SF_6, dem (b) überarbeiteten Treibmittel-Teil im Fragebogen 10, der (c) veränderten Gliederung der Kältemittelverwendung in allen bisherigen Fragebögen (10, 10-45, 10-50), mit (d) einer aktualisierten Stoffliste der eingesetzten Einzelsubstanzen und Mischungen und mit (e) der Senkung der Schwellenwerts von 50 auf 20 kg (HFKW/FKW) ist das nov. Umweltstatistikgesetz in der Lage, zur jährlichen Erstellung des Emissionsinventars für fluorierte Klimagase nach CRF einen wichtigen Beitrag zu leisten. Dies bezieht sich in erster Linie auf die zur Herstellung neuer Produkte im Inland verwendeten Mengen. In einigen Fällen können aber direkt oder über im ZSE hinterlegte Zwischenschritte auch Emissionen erfasst werden.

2. Neue Datenbanksysteme zur Kältemittel-Verwaltung

In den letzten Jahren sind zwei Datenbank-basierte Systeme zur Verwaltung von Kälte-Klimaanlagen entwickelt worden, die bisher noch nicht für die Datengewinnung genutzt werden: Ecoklima und VDKF-LEC. Innerhalb Deutschlands stehen Daten aus beiden Projekten potenziell für das nationale F-Gas-Emissionsinventar zur Verfügung. Die Systeme werden im Folgenden kurz vorgestellt, und es wird Ihre Anwendbarkeit für die zukünftige Emissionserfassung im Bereich Kälte-Klimaanlagen diskutiert.

2.1. EcoKlima

Die folgenden Informationen stammen überwiegend von Günter Lanz vom Hess. Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Gespräch am 19.07.2005) und von www.ecoklima.de.

Im Rahmen der "Umweltallianz Hessen" wurde von der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik in Maintal die Anwendung Ecoklima entwickelt. Die Bundesfachschule ist auch in Zukunft für die Pflege des Programms (z.B. in Bezug auf neue rechtliche und fachliche Entwicklungen) sowie die Datenauswertung zuständig. EcoKlima ist eine internetbasierte Anwendung zur Verwaltung, Dokumentation und Wartung von stationären Kälteanlagen. Die Anwendung richtet sich an Kälte-Klima-Fachbetriebe sowie an Unternehmen, die ihre Anlagen eigenständig warten. Sie beinhaltet eine Datenbank mit allen technischen und umweltbezogenen Informationen zu den verfügbaren Kältemitteln, insbesondere auch Daten zum Ozonabbau- und Klimaschädigungspotenzial bei Freisetzung sowie weitere Hilfsmittel wie Merkblätter, Vertragsmuster, Standardwartungspläne etc. Unternehmen können die Anwendung gegen eine Jahresgebühr von ca. € 100 nutzen.

Ziel von EcoKlima ist, dass sowohl Inhaber als auch Wartungsunternehmen von Kälte- und Klimaanlagen die Daten der Anlagen und darin eingesetzten Kältemitteln sowie die vorgenommenen Reparaturen revisionssicher erfassen, verwalten und an die zuständigen Behörden online übertragen zu können.

Ecoklima bietet für das nationale Emissionsinventar folgende relevanten Funktionalitäten:

- Erfassung und Pflege von Kälteanlagendaten,
- Erfassung und Pflege von Wartungs- und Reparaturdaten sowie Entsorgungs- und Auffülldaten von Kältemitteln,
- Informationen zu Kältemitteln, Verordnungen und Vorschriften zu deren Verwendung sowie zur Dichtheitsprüfung,
- Auswertungen zu Mengenbilanzen (u. a. entsorgte, verbrauchte, substituierte und freigesetzte Kältemittelmengen).

Da Füll-, Auffüll- und Entsorgungsmengen der Kältemittel erfasst werden, enthält Ecoklima die emissionsrelevanten Daten der in dieser Datenbank geführten Kälteanlagen. Eine Datenauswertung über die Bundesfachschule Kälte-Klimatechnik ist vorgesehen. Für die nationale Berichterstattung notwendige Auswertungen, z.B.

jährliche Emissionen tief gestaffelt nach Anlagentypen und Kältemittelarten, können vorab mit der Bundesfachschule abgesprochen werden. Die Auswertungen können auf Wunsch durch das Umweltbundesamt direkt vorgenommen werden.

2.2. VDKF-LEC

Nachfolgende Informationen stammen vorwiegend von Yorick Lowin, der beim VDKF das System betreut (Gespräch am 26.07.2005) und von www.vdkf-lec.de.

Das Leckage- und Energie-Kontrollsystem (Leakage & Energy Control - LEC) des Verbands Deutscher Kälte-Klima-Fachbetriebe (VDKF) wird ab 01.01.2006 für alle Verbandsmitglieder – derzeit ca. 1.000 Betriebe, d.h. ca. 50% der Kälte-Klima-Fachbetriebe in Deutschland - verbindlich. Anders als bei EcoKlima ist die anvisierte Zielgruppe grundsätzlich der Kältefachbetrieb, der seinerseits eine Vielzahl von stationären Kälte-Klima-Anlagen (ev. auch von Transportkälteaggregaten) in unterschiedlichen Einsatzgebieten betreut.

Die Anwendung wurde durch den VDKF zusammen mit dem Zentrum für integrierten Umweltschutz (ZiU) in Kassel entwickelt und beansprucht, eine Gesamtlösung für die rechtlichen Aufzeichnungs- und Meldepflichten für Kälteanlagen aller Art zu sein. Ähnlich Ecoklima fällt eine Jahresgebühr von €120 für die Nutzung an.

Die Anwendung bietet folgende für die nationale Berichterstattung relevanten Funktionalitäten:

- Erfassung und Verwaltung von Anlagendaten,
- Erkennung und Vermeidung von Verstößen gegen geltende Rechtsnormen,
- Auswertungen von Mengenbilanzen und Erstellen von Klimabilanzen (ODP, GWP, CO_2),
- Unterstützung der Service- und Wartungsplanung,
- Dokumentation der Kältemittelverwendung: Erstbefüllung, Nachfüllen, Entsorgung nach Kältemittelarten und -mengen.

Im Gegensatz zu Ecoklima handelt es sich nicht um eine internetbasierte Anwendung. VDKF-LEC wird bei den Kälte-Klima-Fachbetrieben selbst installiert. Um ein branchenweites Monitoring von Seiten des Verbandes zu ermöglichen, können über eine Exportfunktion von VDKF-LEC anonyme Daten bereitgestellt und an den VDKF weitergeleitet werden. Diese können dort branchenübergreifend statistisch neutral (anonymisiert) ausgewertet werden.

Wie Ecoklima soll auch VDKF-LEC über die registrierten Kältemittelnachfüllungen Daten über die Anlagenemissionen enthalten. Eine Auswertung mit dem Ziel der Emissionserhebung für die nationale Berichterstattung wurde bei der Entwicklung des Systems mit eingeplant.

Der VDKF ist bereit, entsprechende Daten an das Umweltbundesamt zu übermitteln und hierfür auch spezielle Auswertungsläufe (z.B. jährliche Emissionen nach Anlagentypen und Kältemittelarten) durchzuführen. Ein erster allgemeiner Auswertungslauf zur Probe ist bereits 2005 geplant, danach soll jährlich eine Auswertungsrunde stattfinden.

2.3. Verwendbarkeit für die nationale Berichterstattung

Sowohl für Ecoklima als auch für VDKF-LEC gilt, dass erst dann, wenn eine genügend große Zahl von Betreibern bzw. Wartungsbetrieben teilnimmt, die erhobenen und ausgewerteten Daten für Hochrechnungen auf die Emissionssituation ganzer oder zumindest partieller Einsatzgebiete, die nach CRF vor allem Gewerbe-, Industrie-, Transportkälte und Stationäre Klimaanlagen sind, verwendet werden können. Hierzu sind Informationen über die Repräsentativität der Anlagentypen in dem jeweiligen datenbankbasierten System notwendig.

Denkbar ist bei beiden Systemen zunächst eine Verwendung der Daten für die nationale Berichterstattung in Teilbereichen der Gewerbe- und Industriekälte, bei VDKF-LEC auch ev. für Kühlfahrzeuge und Wärmepumpen. Betreuer solcher Anlagen sind ebenfalls Mitglieder des VDKF, Betreiber solcher Anlagen können mit EcoKlima arbeiten. Allerdings ist hier noch weniger als bei Gewerbe und Industrie oder Gebäudeklima zu erwarten, dass der komplette bundesweite Anlagenbestand in kurzer Frist erfasst wird.

Für die Gewinnung der Aktivitätsdaten sowie von Hochrechungen jeder Art ist die Frage nach dem Anteil der effektiv erfassten Anlagen am realen bundesweiten Gesamtbestand entscheidend. Sie muss auch im Zusammenhang damit gesehen werden, dass selbständige Kälte-Klimafachbetriebe nicht die einzigen Akteure in der Wartung von Kälte- und Klimaanlagen sind, in manchen Einsatzbereichen nicht einmal die wichtigsten im Vergleich mit betriebseigenem Wartungspersonal oder dem Kundendienst industrieller Kälte-Klima-Unternehmen.

Derzeit ist bei beiden Systemen die Anzahl der Teilnehmer noch begrenzt. Auch ist in beiden Fällen klärungsbedürftig, wie kurz- und mittelfristig Hochrechnungen der Daten nach Anlagentypen auf relevante Gesamt- oder Teilbestände hin aussehen könnten. Allerdings bietet sich auch ohne flächendeckende Beteiligung die Verwendung der Daten zur Kalkulation von Emissionsfaktoren für die unterschiedlichen Anlagentypen an.

Hierdurch kann schon ein sehr wichtiger Beitrag zur Überprüfung und Weiterentwicklung der derzeit im nationalen F-Gas-Emissionsinventar verwendeten Emissionsfaktoren geleistet werden.

Zweites Kapitel.
Altes und neues Monitoring für sämtliche F-Gas-Einzelquellen

Nachfolgend wird in allen drei Hauptquellgruppen - 2.C Metallproduktion, 2.E Produktion halogenierter Kohlenwasserstoffe und 2.F Verbrauch von F-Gasen - für jede Einzelquelle das bisherige Monitoringsystem kurz skizziert und ein Vorschlag für die künftige Datenerhebung gemacht. Dabei werden erstens die abgestuften Präzisionsanforderungen für die Einzelquellen berücksichtigt. Zweitens wird der Einsatz neuer Erhebungsinstrumente berücksichtigt: (1) freiwillige Vereinbarungen zur direkten Datenmeldung an das UBA, (2) das neue Umweltstatistikgesetz (UStatG), und (3) Datenbanksysteme zur Kältemittel-Verwaltung.

I. FKW und SF_6 bei der Metall-Produktion (2.C)

1. SF_6 in Magnesium-Gießereien

Anwendung: SF_6 dient als Schutzgas, um eine Entzündung der heißen Schmelze zu verhindern. Bisher wird Verbrauch und Emission des Gases gleichgesetzt. Etwa fünfzehn Gießereien setzen zurzeit SF_6 in Mengen von 40 bis 10000 kg/a ein. Nach der bevorstehenden EU-Verordnung wird dieses Gas ab 2008 über einer Einsatzmenge von 850 kg/a verboten. In den betroffenen Betrieben wird an der Umstellung gearbeitet, die meistens auf den HFKW-134a hinausläuft.

Bisherige Erfassung: Öko-Recherche fragt bei jeder einzelnen Gießerei die jährlich eingekauften Mengen von SF_6 - seit 2002 auch von 134a - direkt ab. Die zuvor vom Gasehandel erhaltenen Liefermengen in die Anwendung "Gießereien" hatten bei Gegenkontrollen Zweifel ausgelöst, die nur auf betrieblicher Ebene zu bereinigen waren. So beruhte die Verdreifachung der Lieferung an eine Großgießerei auf deren Weiterexport. Zum anderen zeigte sich, dass mehrere Gießereien von kleinen Gasehändlern beliefert wurden, die nicht abgefragt worden waren.

Künftige Erfassung: Die Erhebung des Verbrauchs erfolgt nach neuem UstatG (vorgeschlagener Fragebogen 10-51, Industriezweig Magnesium-Gießereien - Schutzgas) durch amtliche Befragung des Gasehandels. Da im Gegensatz zur bisherigen Praxis nicht nur die großen, sondern alle ca. 20 Gasehändler befragt werden, ist mit der Vollständigkeit der verwendeten Mengen zu rechnen.

2. HFKW-134a in Magnesium Gießereien

Anwendung und bisherige Erfassung: Der HFKW-134a wird seit 2002 als Ersatz für SF_6 getestet und mittlerweile bereits vereinzelt eingesetzt. Bisher wurden die Einsatzmengen im Zuge der SF_6-Direktbefragung aller Betriebe mit erhoben.

Künftige Erfassung: Die zeitaufwendige Direktbefragung der Betriebe kann auch im Falle von HFKW-134a vermieden werden. Als Alternative kommt zwar nicht der Gasehandel infrage, weil der Handel mit HFKW-134a (Kältemittel!) viel zu zersplittert ist. Seine Nutzung als Magnesium-Schutzgas ist jedoch patentiert, so dass (nach bisherigem Rechtsstand) die Käufer eine mengenabhängige Lizenzgebühr an den

Patentinhaber AMT- Advanced Magnesium Technologies zu zahlen haben. Der deutsche AMT-Vertreter (Christian Kettler) erklärte sich zu einer schriftlichen Vereinbarung mit dem Umweltbundesamt bereit, diesem jährlich die ihm auf diese Weise bekannt gewordenen Einsatzmengen von HFKW-134a aggregiert mitzuteilen. Dieses Verfahren schätzen wir als ausreichend datensicher ein.

Anmerkung zum Emissionsfaktor. Wie bei SF_6, so gibt es auch bei 134a Debatten darüber, inwieweit das Schutzgas bei Nutzung zersetzt wird. Bisher wird Verbrauch und Emission noch gleichgesetzt. Sobald das IPCC andere Emissionsfaktoren als 100% empfiehlt, ist dem bei der Datengewinnung Rechnung zu tragen.

3. SF_6 in Aluminium-Gießereien

Anwendung: Als Additiv zu Inertgasen zum Reinigen der Schmelze kommt SF_6 seit einigen Jahren nicht mehr zum Einsatz. Dagegen hat in wenigen Gießereien seit Ende der neunziger Jahre reines SF_6 Anwendung gefunden. Die Mengen sind sehr groß und bilden über die Hälfte der F-Gas-Emissionen der Quellgruppe 2.C (2003). Solange keine sicheren Erkenntnisse über den Zersetzungsgrad des Gases in der Schmelze vorliegen, wird Verbrauch gleich Emission gesetzt.

Bisherige Erfassung: Obwohl es sich nur um wenige Anwender handelt, wird die eingesetzte SF_6-Menge bisher vom zuliefernden Gasehandel erfragt.

Künftige Erfassung: Die bisherige Praxis erleichtert die Befragung nach neuem UStatG. Erhebungsbogen 10-51 (Vorschlag) fragt alle Händler von Industriegasen (siehe vorigen Abschnitt) gezielt nach ihrem aggregierten Absatz an Aluminium-Gießereien (Reinigungsgas).

4. FKW aus der Aluminium-Produktion

Entstehung: Die Emissionen der FKW CF_4 und C_2F_6 sind keine Folge gezielter Anwendung der Gase, sondern entstehen als Nebeneffekt der elektrolytischen Reduktion von Aluminiumoxid zu Aluminium. Neue Ofentypen in Verbindung mit computergestützten Dosiertechnologien haben die Emissionen deutlich reduziert.

Bisherige Erfassung: Aufgrund einer SV der Aluminiumindustrie vom Juni 1997 berichtet der Fachverband Primäraluminium im Gesamtverband der Deutschen Aluminiumindustrie e.V. (GDA) jährlich für das Vorjahr über die Emissionen der fünf inländischen Hütten (2003). Die Daten basieren auf zwei Messkampagnen, die 1996 und 2001 durchgeführt wurden (Tier 3b Methode nach IPCC-GL 2000). Der Monitoringbericht mit detaillierten Angaben zu den einzelnen Hütten wird nicht veröffentlicht, aber dem Bundesministerium für Umwelt vorgelegt.

Künftige Erfassung: Die bestehende Selbstverpflichtung läuft im Jahr 2005 aus. Aus den guten Erfahrungen mit dem Monitoring ergibt sich die Empfehlung, sich für eine Verlängerung der bisherigen Praxis einzusetzen.

II. Produktion halogenierter Kohlenwasserstoffe und SF_6 (2.E)

1. Nebenprodukt-Emissionen von HFKW-23 aus R-22 (2.E.1)

Entstehung. Bei der Synthese des HFCKW-22 fallen prozessbedingt bis zu 3% HFKW-23 als Nebenprodukt an. Der HFCKW-22 seinerseits dient entweder direkt als Kältemittel (mit abnehmender Tendenz) oder als Ausgangsmaterial für den Kunststoff PTFE (stabile Nachfrage). In beiden deutschen Anlagen (Frankfurt und Bad Wimpfen) wird nach der Abtrennung vom Reaktionsgemisch der HFKW-23 aufgefangen und der Zerstörung zugeführt oder - in gewissem Umfang - als Fertigprodukt vermarktet. Ein Teil gelangt allerdings ungewollt in die Atmosphäre.

Die Frankfurter Anlage ist direkt mit der benachbarten Spaltanlage für FCKW und HFKW verbunden, so dass bei ihr nennenswerte Emissionen von HFKW-23 nicht auftreten können. An der Anlage in Bad Wimpfen entstehen trotz Auffangens und Eisenbahn-Transports zur Frankfurter Spaltanlage noch Emissionen, wenn auch mittlerweile nur noch in signifikant geringerem Umfang der früheren Höhe.

Bisherige Erfassung: Die Emissionen werden vom Betreiber der Anlage, der Solvay Fluor und Derivate GmbH, messtechnisch erfasst und jährlich an Öko-Recherche gemeldet. Bedingung war die schriftliche Verpflichtung, die Daten "streng vertraulich zu behandeln und nur an die direkt involvierten Mitarbeiter des Umweltbundesamtes im Rahmen von Abstimmungsfragen zur Datenaggregation weiterzuleiten".

Künftige Erfassung: Das neue UStatG kann keine Angaben zu Emissionen einfordern. Für die absehbare Zukunft wird vorgeschlagen, das bisher bewährte bilaterale Abkommen zwischen Öko-Recherche und Solvay Fluor und Derivate GmbH in ein bilaterales Abkommen zwischen Umweltbundesamt und dem Chemieunternehmen umzuwandeln. Die Bereitschaft dazu ist auf Seiten der Solvay Fluor und Derivate GmbH vorhanden.

2. Flüchtige Emissionen (2.E.2)

2.1 HFKW-134a
2.2 HFKW-227ea
2.3 SF_6

Entstehung: Bei der inländischen Produktion der drei F-Gase kommt es zu flüchtigen Emissionen. Die Mengen bestimmt der Betreiber über eine Massenbilanz. Diese kann als Differenz zwischen der durch den Rohstoffeinsatz bedingten und der wirklich in Tanks abgefüllten und gewogenen Produktionsmenge bezeichnet werden.

Bisherige Erfassung: Die Emissionen werden vom Betreiber, wiederum der Solvay Fluor und Derivate GmbH, aufgrund der gleichen oben genannten Vereinbarung jährlich an Öko-Recherche gemeldet.

Künftige Erfassung: Auch in diesem Falle wird für die Zukunft ein direktes Melde-Abkommen zwischen dem Betreiber und dem Umweltbundesamt befürwortet. Nach dem neuen UStatG muss Solvay nur die Produktion der beiden HFKW und von SF_6 an das zuständige Statistische Landesamt melden, nicht Emissionen.

III. Verbrauch von HFKW, FKW und SF_6 (2.F)

1. Kälte- und Klimaanlagen (2.F.1)

1.1. Haushaltskühlgeräte

Anwendung: Der Beitrag der Haushaltskühlgeräte zu den Emissionen der großen Unterquellgruppe "Kälte- und Klimaanlagen" ist mit 0,03% marginal. In inländische Kühlgeräte werden nur noch natürliche Kältemittel eingefüllt. Bestandsemissionen von HFKW-134a (EF = 0,3%) gehen auf den einzigen vollen Jahrgang 1994 zurück sowie auf seitdem importierte Geräte im Umfang von 1% des jährlichen Zugangs.

Bisherige Erfassung: Der jährliche Neuzugang im Umfang von 1% der Neugeräte ist eine Schätzung führender Kühlgerätehersteller. Die jährlich neue HFKW-Menge erhöht den im ZSE als Zeitreihe hinterlegten, seit 1994 kumulierten HFKW-Bestand. Mit dem EF = 0,3% werden die Bestandsemissionen automatisch generiert.

Künftige Erfassung: Wegen Geringfügigkeit der Teilquelle werden keine höheren Anforderungen an die Datenpräzision verlangt. Der 1%-Anteil HFKW-haltiger Geräte wird fortgeschrieben und sollte in drei- bis fünfjährigen Intervallen überprüft werden. Ab 2009 wird das ZSE, in dem eine Lebensdauer von 15 Jahren hinterlegt ist, die um 15 Jahre zurückliegenden HFKW-Zugänge als Entsorgungsmengen ausweisen. Für sie ist eine (länderspezifische) Emissionsrate der Entsorgung von 30% vorgesehen.

1.2. Gewerbekälte

Anwendung: Diese Teilquellgruppe ist mit 22% Emissionsbeitrag zur Hauptquellgruppe 2.F und 41% zur Untergruppe "1. Kälte- und Klimaanlagen" die größte HFKW-Einzelquelle und verlangt einen Tier-2 Ansatz zur Datenerhebung. Das ist nicht einfach. Denn der Sektor ist zugleich der heterogenste, was Bauart, Größe und Emissionsdichtheit seiner Kälteanlagen betrifft; er umfasst außer Supermärkten den weiten Bereich der Kühleinrichtungen in Metzgereien, Gastronomie, Landwirtschaft usw. usw. Anders als etwa bei Haushaltsgeräten oder Pkw-Klimaanlagen sind Serienmodelle selten gegenüber betreiberspezifischen Einzellösungen. Da auch Anlagenbauer und -Betreuer, die die Systeme vor Ort errichten und Kältemittel neu- und nachfüllen, sehr heterogen sind (u. a. Kältefachbetriebe, industrielle Kälteunternehmen, betreibereigenes Personal), ist direkte Erfassung des jährlichen Kältemittelneuzugangs bisher nicht möglich. Wichtigster HFKW ist heute das Gemisch R-404A, das HFKW-134a überholt hat. Auch R-407C spielt eine Rolle sowie – in der Tiefsttemperatur – HFKW-23 und FKW-116. Zurzeit sind noch große Mengen des H-FCKW-22 im Bestand.

Bisherige Erfassung: Der besondere Ansatz, der nur in der Gewerbe- und Industriekälte praktiziert wird, besteht darin, den inl. Kältemittelbestand nicht über die jährlichen Neuzugänge zu ermitteln, sondern quasi umgekehrt: Auf Basis tief gestaffelter empirischer "bottom-up" Expertenschätzungen, die in UBA-Text 14/05 dokumentiert sind, wurde 2002-2004 der detaillierte inl. Kältemittelbestand für einen Zielzustand abgeschätzt, in dem sämtliche Kälteanlagen keine chlorhaltigen

Kältemittel mehr enthalten. Dieser modellierte "Zielbestand" wird vom Umfang her als mittelfristig stabil angenommen, was im Unterschied zu stark wachsenden Anwendungen wie Raumklimageräten oder Mobilklimaanlagen durchaus realistisch ist. Im Zielzustand können, da die innere Anlagenstruktur des Bestands nach Bauart, Größe, Kältemitteln und spezifischen Emissionsraten modelliert ist, die laufenden Emissionen unmittelbar errechnet werden.

Der Aufbau des Zielbestands verläuft, sofern vom Gesetzgeber nicht vorzeitige Maßnahmen verordnet werden (wie im Falle von R-12), jahrgangsweise durch Neuanlagen mit HFKW-Kältemitteln, die Altanlagen mit chlorhaltigen Kältemitteln ersetzen, die am Ende ihrer Lebensdauer ausscheiden,. Somit kann auch der jährliche Neuzugang pro Kältemittel grob bestimmt werden, und zwar als Zielbestand dividiert durch die mittlere Lebensdauer der Anlagen (hier: 10 Jahre).

Allgemein gilt 1997 als Beginn des vollen jahrgangsweisen Einsatzes von HFKW in Neuanlagen. Vorher enthielten Neuanlagen häufig auch noch H-FCKW-Kältemittel. Der Zielbestand ist daher im Allgemeinen erst 2007 erreicht. Vorher entsprechen die jährlichen Entsorgungsmengen von HFKW noch nicht dem HFKW-Neuzugang des gleichen Jahres, sondern dem (niedrigeren) Zugang vor 10 Jahren (Lebensdauer).

Künftige Erfassung: Auch künftig basiert die Emissionsberechung auf dem Modell des Bestands, das im ZSE hinterlegt ist. Allerdings soll es Schritt für Schritt in seinen Bestandteilen verfeinert und realitätsgerechter werden. Dies soll auch mit Hilfe des UStatG, aber vor allem über datenbankbasierte Monitoring-Systeme geschehen.

Wichtigstes Kontrollinstrument der so gewonnenen Daten ist bisher die jährliche Abfrage der Summe der inl. Verkäufe der vier Hersteller Solvay, DuPont, Ineos und Arkema (früher Atochem) nach Kältemitteln in alle Sektoren der stationären Kälte. Da sich aus dem Bestandsmodell der Gewerbekälte sowie der Industriekälte jährliche Gleichgewichtsmengen des Verbrauchs für Neuanlagen und Emissionsausgleich ableiten lassen, können diese mit den Herstellerangaben verglichen werden. Hier kann auch das UStatG genutzt werden, das die insgesamt im Inland neu verwendeten Kältemittel nach Typen erhebt und vom Verbrauch der Mobilklimaanlagen getrennt ausweisen kann. Mehr als eine Plausibilitätskontrolle, die ev. Korrekturen der Bestandsmodelle auslösen kann, ist dies jedoch nicht. Hersteller und UStatG trennen nicht nach Gewerbekälte und Industriekälte; die Hersteller wiederum unterscheiden nicht nach Neufüllung und Nachfüllung, erst recht nicht nach Anlagen mit niedriger oder hoher Emissionsrate.

Tiefere Einsichten in die innere Anlagenstruktur der Gewerbekälte nach Emissionsdichtheit bei Aufstellung, Betrieb und Außerbetriebnahme sowie nach Bauart, Lebensdauer und verwendeten Kältemitteln erwarten wir von den derzeit im Aufbau befindlichen Datenbanksystemen zur Kältemittel-Verwaltung. Nach Angaben der Entwickler werden die Daten über die einzelnen Kälteanlagen so detailliert sein, dass gezielte Auswertungen auch zur Erfüllung der Anforderungen der nationalen Emissionsberichterstattung denkbar sind. (Siehe Kap. 1, III, 2).

Auf absehbare Zeit ist jedoch Expertenhilfe weiterhin notwendig, auch zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit der Datenbanksysteme.

1.3. Transportkälte

Der Beitrag dieser Teilquelle zu den Unterquellgruppen-Emissionen ist mit 3,5% recht gering. Er stammt zu über drei Viertel aus Kühlfahrzeugen.

1.3.1. Kühlfahrzeuge

Anwendung: Auf dem Dach oder an der Stirnwand der gedämmten Fahrzeuge sind Kälteaggregate montiert, deren Größe und Kältemittelfüllung mit dem Volumen des Frachtraums variiert. Von nur vorübergehenden Servicekältemitteln abgesehen, werden drei verschiedene HFKW-Typen eingesetzt: R-134a, R-404A und R-410A.

Bisherige Erfassung: Die für das ZSE notwendige Eingabe von Aktivitätsdaten erfolgt in zwei Stufen. Vom KBA (Reihe 3) liegen im Dezember des folgenden Jahres die jährlichen Neuzulassungen von Lkw und Anhängern nach der Aufbauart "Geschlossener Kasten mit Isolieraufbau und Kühlung" in 23 Gewichtsklassen vor. Diese 23 Klassen werden zunächst auf vier Hauptgruppen reduziert. Dann wird das mithilfe von Branchenexperten entwickelte – zuletzt 2004 aktualisierte - Kältemittel-Modell herangezogen. Es weist für jede der vier Gewichtsklassen die mittlere Kältemittelfüllung in kg und die HFKW-Verteilung in Prozent aus. Durch Kombination von Neuzulassungszahlen und Kältemittel-Modell errechnet sich für jedes der drei HFKW-Kältemittel der jährliche Neuzugang zum - als Zeitreihe im ZSE hinterlegten - Bestand. Der im ZSE enthaltende EF = 15% generiert die aktuellen Bestandsemissionen. (Vergleichbares gilt für inl. Fertigungsemissionen bei der Befüllung). Aufgrund der zehnjährigen Lebensdauer (ZSE-Wert) werden automatisch die um diesen Zeitraum zurückliegenden Zugänge als Entsorgungsmenge errechnet und mit einem Emissionsfaktor der Entsorgung (EF im ZSE = 30%) multipliziert.

Künftige Erfassung: Es liegt nahe, weiterhin sowohl die amtlichen KBA-Daten als auch ein robustes Kältemittelmodell zu verwenden. Letzteres ist der kritische Punkt in der Aktivitätsdatenermittlung. Gewichtsklassenspezifische Kältemittelfüllungen und HFKW-Anteile unterliegen der Veränderung und müssen in regelmäßigen Intervallen (etwa alle drei Jahre) aktualisiert werden, um Datenfehler einzuschränken.

Sowohl für die Aktualisierung des Kältemittelmodells als auch die Überprüfung der Emissionsfaktoren (Befüllung, Bestand, Entsorgung) könnten die in Entstehung befindlichen Systeme der datenbankbasierten Kältemittel-Verwaltung einen Beitrag leisten und somit die Datengenauigkeit steigern. Von Seiten der Entwickler dieser Systeme sind Stichproben auf Aktivitätsdaten und Emissionen auch in der Transportkälte ins Auge gefasst. Voraussetzung ist eine ausreichende Einbeziehung von Kühlfahrzeugen in diese Monitoring-Systeme.

Das UStatG kann mit Einschränkungen der Datenkontrolle dienen. Fragebogen 10-50 fragt nach verwendeten Kältemitteln bei Reparatur und Instandhaltung von Kraftfahrzeugen (WZ 5010, 5020), trennt aber nicht die Nachfüllungen in Kälteaggregate von denen in Klimaanlagen. Für beide wird als Kältemittel HFKW-134a verwendet. Nur so weit die nur Kühlfahrzeug-spezifischen Kältemittel R-404A und R-410A erhoben werden, sind sie eindeutig der Transportkälte zuzurechnen.

Die Hilfe von Branchenexperten bleibt notwendig, auch wenn ihre Befragung nicht alljährlich erfolgen muss.

1.3.2. Kühlcontainer

Anwendung: Die Aggregate mit den HFKW-Kältemitteln R-134a und R-404A sind an den Kühlboxen angebracht, die auf Schiffen transportiert werden. Die Zuordnung dieser Emissionsquelle ist methodisch nicht unstrittig. Emissionen erfolgen vor allem in internationalen Gewässern, für die Nationalstaaten nicht direkt zuständig sind. Wir zählen die von der weltweiten Containerflotte verursachten Kältemittelemissionen zu 10% zu Deutschland, entsprechend dem 10%-igen Anteil am Welthandel.

Bisherige Erfassung: Die Neuproduktion von Kühlcontainern (Stückzahl) wird jährlich vom World Container Census erhoben und im Internet veröffentlicht (www.worldcargonews.com). Um die weltweit in neue Kälteaggregate gefüllte HFKW-Menge zu errechnen, wird ein im ZSE hinterlegtes Kältemittel-Modell genutzt. Es enthält die mittlere Kältemittelfüllung pro Container, je für R-134a und R-404A, sowie die Anteile beider HFKW-Typen in Prozent. Aus den Stückzahlen und dem Kältemittelmodell resultiert die HFKW-Menge, die durch 10 dividiert und ins ZSE eingegeben wird. Da dort der bisherige Bestand als Zeitreihe enthalten ist, werden automatisch Bestandsemissionen und – nach Ende der Lebensdauer – Entsorgungsemissionen errechnet.

Künftige Erfassung: Sofern es dabei bleiben sollte, die Emissionen aus Kühlcontainern national zuzurechnen, sehen wir keinen einfacheren Weg für die Zukunft als bisher. Das bezüglich Füllmengen und HFKW-Typen variable Kältemittel-Modell sollte alle drei bis fünf Jahre durch Branchenexperten aktualisiert werden.

1.4. Industriekälte

Anwendung: Diese Teilquellgruppe zählt mit 6,5% Emissionsbeitrag zur Hauptquellgruppe 2.F und 12% zur Untergruppe "1. Kälte- und Klimaanlagen" zu den größeren. Wie in der Gewerbekälte kommt eine Vielzahl von Kältemitteln zur Anwendung - mit R-404A an der Spitze vor R-134a. Kälteanlagen in der Industrie sind noch stärker als in der Gewerbekälte für den jeweiligen Produktionsprozess (überwiegend Nahrungsmittelindustrie) konzipiert. Betreut werden sie von eigenem Fachpersonal aber auch von Fremdfirmen aus der Kältebranche. Wie in der Gewerbekälte ist bisher aufgrund der Heterogenität des Sektors eine direkte Erfassung des jährlichen Kältemittelneuzugangs nicht möglich.

Bisherige Erfassung: Analog zur Gewerbekälte wurde ein empirisch-basiertes Modell für den HFKW-Zielbestand aufgestellt (siehe UBA-Texte 14/05), das mittelfristig den gegenwärtigen Kühl- und Gefrierbedarf, der durch chlorhaltige und chlorfreie fluorierte Kältemittel gedeckt wird, als stabil annimmt. Davon ausgehend können die jährlichen Verbräuche pro Kältemittel grundsätzlich über Division von Zielbestand durch Anlagen-Lebensdauer in Jahren errechnet werden. Abschläge für teilweisen Einsatz von R-22 in Neuanlagen bis 1997 werden berücksichtigt. Entsorgungsmengen sind mit dem um die Lebensdauer zurückliegenden HFKW-Verbrauch für Neuanlagen identisch. Emissionsfaktoren stammen aus Expertenschätzungen und sind, wie das Kältemittel-Modell als ganzes, im ZSE hinterlegt.

Künftige Erfassung: Auch zukünftig soll die Emissionsberechung auf dem Modell des Bestands basieren. Allerdings soll es Schritt für Schritt in seinen Bestandteilen

verfeinert und realitätsgerechter werden. Dies soll vor allem durch Informationen erfolgen, die über datenbankbasierte Monitoring-Systeme (z.B. EcoKlima, VDKF-LEC) gewonnen werden. Für die Nutzung des UStatG gelten die gleichen Möglichkeiten und Grenzen, die bei der Gewerbekälte (siehe dort) beschrieben werden. Hilfe von Branchenexperten bleibt bis auf Weiteres erforderlich.

1.5. Stationäre Klimaanlagen, Raumgeräte, Wärmepumpen

Stationäre Klimaanlagen tragen 3,7% zu den Emissionen der Unterquelle "Kälte- und Klimaanlagen" bei, wenn Raumklimageräte (0,5%) und Wärmepumpen (0,1%) mitgerechnet werden. Sie sind daher eine geringfügige Emissionsquelle. Für die Erhebung werden dennoch weiterhin Tier 2-Ansätze (bottom up) vorgeschlagen.

1.5.1. Zentrale Klimaanlagen

Anwendung: Klimaanlagen über 20 kW Kälteleistung werden zur Temperierung ganzer Gebäude oder großer Räume eingesetzt. Überwiegend kommen zentrale Systeme mit Kältemittel im Primär- und Wasser im Sekundärkreislauf zur Anwendung, aber im unteren Leistungsbereich finden auch direkt verdampfende Systeme Verbreitung. HFKW-Kältemittel sind bislang R-407C und R-134a. Emissionen entstehen bei Befüllung, aus dem Bestand und bei der Entsorgung.

Bisherige Erfassung: Der Emissionsberechnung liegt ein Kältemittelmodell im ZSE (Stand: Anfang 2003) zu Grunde, das die Klimaanlagen nach drei Leistungsstufen kategorisiert, denen drei Verdichtertypen zugeordnet sind, und zwar Turboverdichter im oberen, Schraubenverdichter im mittleren, Kolben- und Scrollverdichter im unteren Kälteleistungsbereich. Allen drei Kategorien entsprechen typische HFKW-Sorten und –Füllmengen. Wie das Kältemittel-Modell, das zudem die Lebensdauern der Anlagen enthält, mit Branchenexperten entwickelt wurde, so stammt von diesen auch die zahlenmäßige Schätzung neu installierter Anlagen. Diese werden jährlich einmal erfragt. Nach Eingabe ihrer Zahl ins ZSE, wo der bisherige Bestand als Zeitreihe vorliegt, werden aufgrund der gleichfalls enthaltenen Emissionsfaktoren für Befüllung, Nutzung und Entsorgung die aktuellen Emissionen automatisch generiert.

Künftige Erfassung: Die Emissionsberechnung soll weiterhin einerseits auf Expertenschätzung der jährlichen Neuinstallationen und andererseits auf dem ZSE-Kältemittel-Modell basieren, das allerdings bald durch Experten aktualisiert werden muss (2005/2006). Mittelfristig kann mit Hilfe datenbankbasierter Monitoring-Systeme (EcoKlima, VDKF-LEC) die Bestandsstruktur sicherlich weiter verfeinert werden. Das gilt ebenso für die auf reinen Expertenschätzungen beruhenden Emissionsraten. Das UStatG ist für spezifische Daten zu Klimaanlagen-Emissionen ungeeignet.

1.5.2. Raumklimageräte

Anwendung: Raumklimageräte in mobiler, Split- und Multisplit-Ausführung kühlen die Innenraumluft einzelner Wohn- und Arbeitsräume bzw. ganzer Stockwerke. Die Geräte im Leistungsbereich unterhalb und knapp oberhalb 20 kW erleben ein starkes Absatzwachstum. Seit 1998 werden in den durchweg importierten Systemen statt R-22 die HFKW-Kältemittel 407C und zunehmend 410A eingesetzt.

Bisherige Erfassung: Wie für Klima-Zentralanlagen ist auch für dezentrale Raumgeräte ein im ZSE hinterlegtes Kältemittel-Modell Grundlage der Emissionsberechnung. Es enthält für die Bauarten "mobil", "Split" und "Multi-Split" die Anteile von 407C gegenüber 410A und die mittleren HFKW-Füllmengen, dazu Lebensdauern und Emissionsfaktoren. Die im Inland neu abgesetzten Geräte nach Bauart und Stückzahl werden jährlich von Branchenexperten erfragt, die diese Daten abschätzen, und ins ZSE zur Emissionsberechnung eingegeben.

Künftige Erfassung: Gerade in diesem Bereich sind datenbankbasierte Monitoring-Systeme auf längere Sicht bestenfalls zu (mehr oder weniger repräsentativen) Teilerhebungen in der Lage, nicht aber zu Vollerhebungen. Darum halten wir sie nicht für überlegen gegenüber Expertenschätzungen der Aktivitätsdaten für die Emissionsberechnung. Jährlich legen alle ca. dreißig Importeure ihre eigenen Verkaufszahlen bei der Fachzeitschrift CCI.Print nieder, die ihnen (nur ihnen!) daraufhin die Gesamtdaten mitteilt. Aus diesem Grunde kennen die Importeure den Gesamtmarkt genau. Sie sollten daher weiterhin um Schätzungen gebeten werden. Mit ihrer Hilfe kann auch das Kältemittel-Modell periodisch aktualisiert werden.

1.5.3. Wärmepumpen

Anwendung: Mittels eines Kältemittelkreislaufs wird aus Umgebungswärme in Luft, Erdreich oder Grundwasser Nutzwärme zur Heizung von Innenräumen sowie für Warmwasser erzeugt. Die bezüglich ihres Emissionsbeitrags fast vernachlässigbaren Wärmepumpen (WP) werden hier unter Klimaanlagen geführt, mit denen sie die Temperierung von Innenräumen gemeinsam haben. Ohnehin können sie grundsätzlich auch auf Klimaanlagenbetrieb umgeschaltet werden.

Bisherige Erfassung: Ein mit Expertenhilfe für das ZSE entwickeltes Kältemittel-Modell ordnet allen vier WP-Kategorien mittlere HFKW-Füllmengen und prozentuale Anteile der HFKW-Typen zueinander zu, und enthält zudem Lebensdauern und alle Emissionsraten. Die Zahl der inländischen Neuinstallationen wird jährlich vom Verband (BWP) veröffentlicht - für alle vier WP-Kategorien: Luft, Grundwasser, Erdreich und Warmwasser. Nach Eingabe der BWP-Daten ins ZSE werden die Emissionen automatisch berechnet.

Künftige Erfassung: Das bisherige System ist sehr viel detaillierter, als es aufgrund des geringen Emissionsbeitrags (0,1%) von Wärmepumpen sein müsste. Dennoch sollte es beibehalten werden, zumal die jährlichen Neuinstallationen nach WP-Kategorien ohnehin erhoben werden. Das Kältemittelmodell sollte allerdings im Abstand von drei bis fünf Jahren mit Hilfe von Branchenexperten aktualisiert werden. Ob dabei datenbankbasierte Monitoring-Systeme helfen können, bleibt abzuwarten.

1.6. Fahrzeug-Klimaanlagen

1.6.1. Pkw-Klimaanlagen

Anwendung: Pkw-Klimaanlagen tragen zu den Emissionen der Hauptquellgruppe 2.F über 19% bei. Sie sind damit deren zweitgrößte Einzelquelle. Die folglich hohen Ansprüche an Datenpräzision werden eingehalten. Aufgrund der rapide wachsenden Ausrüstung mit Klimaanlagen ist für neu zugelassene Pkw eine Sättigung absehbar.

Emissionen fallen bei Befüllung, Nutzung und Entsorgung an. Nach der bevorstehenden EU-Richtinie zu Kfz-Klimaanlagen ist von 2011 bis 2017 das Kältemittel R-134a zu ersetzen.

Bisherige Erfassung: Die Ermittlung des jährlichen HFKW-Neuzugangs zum – im ZSE als Zeitreihe hinterlegten Bestand – erfolgt in drei Schritten. Bereits im Januar des Folgejahres liegen vom KBA die inl. Pkw-Neuzulassungen nach allen Herstellern und deren Modellen vor; außerdem vom VDA die jährliche Neuproduktion der Hersteller nach Modellen. Dann wird für die Neuzulassungen wie Neuproduktionen die durchschnittliche Klimaanlagen-Ausrüstung (Klimaquote in %) sowie die mittlere Kältemittelfüllung pro Anlage erhoben. Da im ZSE die mittlere Pkw-Lebensdauer ebenso hinterlegt ist wie die Emissionsraten, werden Emissionen bei Befüllung, Betrieb und Entsorgung nach Eingabe der aktuellen Daten automatisch generiert.

Es ist eine Besonderheit der Pkw-Klimaanlagen, dass Klimaquoten und Füllmengen nicht auf einem durch Expertenschätzung gewonnenen Kältemittel-Modell gründen. Seit 1995 werden vielmehr jährlich rund 30 Automobilunternehmen für ihre jeweils 5 bis 15 Modelle nach Klimaquote und Füllmenge direkt befragt. Somit werden 100% der Neuzulassungen inländischer Hersteller und 90-95% der Neuzulassungen ausländischer Hersteller vollständig erhoben. Da auch die Emissionsrate während der Nutzungsphase (EF = 10%) auf neuen empirischen Studien basiert, ist die Datenpräzision überdurchschnittlich hoch.

Künftige Erfassung: Mittlerweile fast zehn Jahre detaillierter Direkterhebung der Aktivitätsdaten Klimaquote und Füllmenge bieten angesichts der Sättigung der Klimatisierung die Möglichkeit, die Trends fortzuschreiben und sie nur noch alle drei bis vier Jahre durch Vollerhebungen zu überprüfen. Darum schlagen wir vor, ab Berichtsjahr 2005 die Vollerhebung auszusetzen und auf die amtlichen KBA- sowie die VDA-Daten extrapolierte Klimaquoten und Füllmengen anzuwenden. Ab 2011 sollte jedoch eine Erhebungsform gefunden werden, die den jährlichen Fortgang des Ausstiegs der Pkw-Klimatisierung aus HFKW-134a dokumentieren kann.

1.6.2. Lkw-Klimaanlagen

Anwendung: Bei Lastkraftwagen wird zunehmend die Fahrerkabine klimatisiert, wenngleich noch auf deutlich niedrigerem Niveau als bei Pkw. Dies gilt vor allem für die Masse der Fahrzeuge, die leichten Nutzfahrzeuge bzw. Lieferwagen. Lediglich bei schweren Lkw (Nutzlastklasse über 7,5 t) wird die hohe Klimaquote der Pkw erreicht. Die EU-Richtlinie zu Kfz-Klimaanlagen sieht für Lkw eine Überprüfung der Notwendigkeit des Kältemittels HFKW-134a vor, aber vorerst noch keinen Ausstieg.

Bisherige Erfassung: Aktivitätsdaten werden über eine Kombination aus amtlicher Statistik, gezielter Herstellerbefragung und Hochrechnung ermittelt. Das KBA veröffentlicht die jährlichen Zulassungen von Lkw und Sattelzugmaschinen in zehn Nutzlastklassen, die in einem ersten Bearbeitungsschritt zu drei Segmenten zusammengefasst werden. Für jedes der drei Segmente sind "typische" Fahrzeugmodelle ausgewählt, deren Klimaquoten und Füllmengen beim Hersteller direkt erhoben und auf die Gesamtheit jährlicher Neuzulassungen übertragen werden. Im ZSE sind der bisherige Bestand als Zeitreihe hinterlegt, zudem die

mittlere Lkw-Lebensdauer und Nutzlast-spezifische Emissionsraten, so dass nach Eingabe der neuen Daten die aktuellen Emissionen automatisch errechnet werden.

Künftige Erfassung: Der aufwendigste Teil der Erfassung, die Herstellerbefragung zu Klimaquoten und Füllmengen (VW: Transporter, LT, Caddy; DaimlerChrysler: Vito, Sprinter, Atego, Axor, Actros; Renault: Kangoo, Master) könnte künftig in größeren Intervallen erfolgen, zur Überprüfung der Fortschreibung der bis 2004 ermittelten Trends. Nach wie vor bleiben die KBA-Daten zur Zulassung und die VDA-Daten zur Neuproduktion als verlässliches Ausgangsmaterial erhalten. Da der Emissionsbeitrag zur Hauptquellgruppe 2.F nur 0,8% und zur Untergruppe "Kälte- und Klimaanlagen" 1,5% beträgt, ist die damit verbundene Verringerung der Datensicherheit tragbar.

1.6.3. Bus-Klimaanlagen

Anwendung: Busse werden ebenfalls zunehmend klimatisiert. Dabei sind von den drei Kategorien (Reisebus, Überlandbus, Linienbus) Reisebusse schon seit 1999 zu 100% mit Klimaanlage ausgestattet. Überlandbusse sind auf dem Weg dahin. Linienbusse werden allerdings zur Hälfte ohne Klimaanlage in Betrieb genommen. Die EU-Richtlinie zu Kfz-Klimaanlagen sieht auch für Busse eine Überprüfung der Notwendigkeit des Kältemittels HFKW-134a vor, aber vorerst noch keinen Ausstieg.

Bisherige Erfassung: Ausgangspunkt der jährlichen Aktivitätsdatenabschätzung ist die amtliche KBA-Statistik über neu zugelassene Kraftomnibusse, die allerdings nicht nach Reise-, Überland- und Linienbussen unterscheidet. Die prozentuale Aufteilung in die drei Buskategorien ist in dem Kältemittel-Modell enthalten, das mit Experten der beiden führenden inl. Bushersteller Evobus (DaimlerChrysler) und MAN (Marktanteil zusammen 80-90%) entwickelt wurde. Es enthält außerdem die mittleren Kältemittelfüllungen sowie Abschätzungen von Emissionsrate und Lebensdauer. Da das Kältemittelmodell samt Bestands-Zeitreihe im ZSE enthalten ist, müssen jährlich lediglich die Experten der beiden deutschen Hersteller nach den Klimaquoten bei Überland- und Linienbusse befragt werden, um auf Basis der öffentlichen Zulassungs- und Produktionszahlen (letztere vom VDA) diejenigen ZSE-Eingaben machen zu können, aus denen die aktuellen Emissionen errechnet werden.

Künftige Erfassung: Angesichts des geringen Emissionsbeitrags von 0,8% zur Hauptquellgruppe und 1,5% zur Untergruppe "Kälte- und Klimaanlagen" kann auch hier in Zukunft die Direktbefragung zeitlich gestreckt werden. Der Trend der Klimaquoten, der sich bis 2004 abzeichnet, kann danach weitere drei Jahre fortgeschrieben werden. Dann sollte allerdings nicht nur eine erneute Direkterhebung der Klimaquoten erfolgen, sondern auch das zu Grunde liegende Kältemittel-Modell aus dem Jahre 2002 sollte gründlich mit Expertenhilfe überarbeitet werden.

1.6.4. Landmaschinen-Klimaanlagen

Anwendung: Maschinen in der Landwirtschaft werden seit den 90er Jahren zunehmend mit Klimaanlagen ausgerüstet. Zahlenmäßig bedeutsam sind vor allem Ackerschlepper mit jährlichen Neuzulassungen von etwa 25.000 Stück. Dazu kommen Mähdrescher und Feldhäcksler, beides Erntemaschinen für den Sommer. Der Beitrag zu den Emissionen der Hauptquellgruppe 2.F ist mit 0,4% sehr gering.

Bisherige Erfassung: Das KBA veröffentlicht jährlich nur die Zulassungen von Ackerschleppern. Die Zulassungen von Mähdreschern und Feldhäckslern stammen von Branchenexperten und Unternehmensquellen. Mit Branchenexperten wurde auch das Kältemittel-Modell fürs ZSE aufgestellt, das mittlere Kältemittelfüllmengen der drei Landmaschinentypen und spezifische Emissionsraten enthält. Jährlich wird bei Branchenexperten eine Schätzung der Klimaquoten der neu zugelassenen Landmaschinen (alle drei Typen) eingeholt, so dass der jährliche HFKW-Zugang und mit ihm via ZSE die aktuellen Emissionen berechnet werden können.

Künftige Erfassung: Es wird vorgeschlagen, ab 2004 (Berichtsjahr) fünf Jahre lang von externen jährlichen Daten nur die öffentliche Statistik über Ackerschlepper (Zulassungen, Stückzahl der Produktion) zu benutzen. Ansonsten sollten die mittleren Füllmengen der Klimaanlagen ebenso wie die Klimaquoten selbst und die Zulassungen von Mähdreschern und Feldhäckslern dem Trend der letzten fünf Jahre folgend fortgeschrieben werden. Auch die Emissionsraten können unverändert bleiben. Alle fünf Jahre sollte eine Überprüfung des Trends der Aktivitätsdaten und der verwendeten Emissionsraten mit Hilfe von Branchenexperten erfolgen.

1.6.5. Schiffs-Klimaanlagen

Anwendung: Die seit 1998 neu gebauten Fahrgastschiffe (nicht Güterschiffe!) der dt. Binnenflotte sowie die seitdem neu gebauten Seeschiffe (Passagier- und Güterschiffe) sind alle klimatisiert - mit HFKW-134a. (Dies gilt auch für die entsprechenden Neubauten auf inl. Werften.) Aufgrund ihrer 25-jährigen Lebensdauer nutzen die weitaus meisten Schiffe im Bestand noch ODS-Kältemittel.

Bisherige Erfassung: Angesichts des Beitrags dieser Einzelquelle von nur 0,02% zu den Emissionen der Hauptquellgruppe 2.F ist der Erhebungsaufwand zu hoch. Zwar müssen für die jährlichen Schiffs-Neuzugänge keine Klimaquoten ermittelt werden (da alle klimatisiert sind), sondern es reicht ein Modell der mittleren Kältemittelfüllmengen nach (sechs) Schiffstypen, das mit Experten erstellt wurde. Aber die Erfassung der Neuzugänge zur dt. Flotte nach Schiffstypen sowie der Neubauten auf inl. Werften ist sehr aufwendig. Die leicht zugänglichen Statistiken des Schiffsbestands (Binnen- und Seeflotte) können nicht genutzt werden, da die Bestände, wie eingangs bemerkt, noch auf Jahre vor allem mit R-22 klimatisiert sind.

Die Zahlen der Neuzugänge zur Binnenflotte werden von der Wasser- und Schifffahrts-Direktion Südwest erfragt, Neuzugänge zur Seeflotte werden jährlich auf Bitte von Öko-Recherche vom Verband Deutscher Reeder zusammengestellt, zu neuen Marine-Schiffen wird die Bundeswehr befragt, und zu Kreuzfahrtschiffen eine Reederei. Inl. Neubauten stammen wiederum aus dem Jahresbericht des Verbandes für Schiffbau und Meerestechnik sowie der Meyer-Werft in Papenburg.

Nach Eingabe der jährlich ermittelten neuen Menge von HFKW-134a errechnet das ZSE mit seinen Emissionsfaktoren Bestands- sowie Herstellungsemissionen aus.

Künftige Erfassung: Unsere Prognose sagt bis 2020 einen Anstieg der Emissionen von heute knapp 2 auf 6 t/a voraus. Das werden weniger als 0,1% der Haupt- und sogar der Unterquellgruppen-Emissionen sein. Wir schlagen daher vor, die direkte

Datenerhebung bis auf weiteres einzustellen und stattdessen die Emissionen durch Fortschreibung des zwischen 1998 und 2004 erhobenen Trends abzuschätzen.

1.6.6. Schienenfahrzeug-Klimaanlagen

Anwendung: Seit 1996 werden neue Schienenfahrzeuge der Dt. Bahn sowie von privaten Betreibern praktisch nur noch mit Klimaanlage angeschafft. Dies gilt auch für den Nahverkehr und S-Bahnen. Etwa 3500 Schienenfahrzeuge stellte die Dt. Bahn außerdem bis 1998 von R-12 auf den HFKW-134a um. Neue U-Bahnen- und Straßenbahnen werden ebenfalls fast nur noch klimatisiert in Betrieb genommen. Dennoch handelt es sich insgesamt um keine große Emissionsquelle, trotz des relativ hohen EF = 15%. Das Fahrzeugpotenzial ist bundesweit auf etwa 25.000 Stück (ohne Lokomotiven) begrenzt, von denen zurzeit schon ein Drittel klimatisiert ist, mit 10-18 kg pro Anlage. Der Emissionsbeitrag des Schienenverkehrs zur Hauptquellgruppe 2.F lag 2003 bei 0,3%, er dürfte 2020 unwesentlich größer sein.

Bisherige Erfassung: Mit Experten der Schienfahrzeug-Klimatisierung wurden mittlere Kältemittelfüllmengen für Reisezugwagen, Loks, S-, U-, und Straßenbahnen ermittelt. Der jährliche HFKW-Neuzugang, der ins ZSE eingegeben wird, ergibt sich aus der Zahl neu angeschaffter minus außer Dienst gestellter Fahrzeuge, multipliziert mit den spezifischen Füllmengen. Amtliche Statistiken über die jährlich neuen und ausgemusterten Schienenfahrzeuge gibt es nicht. Aufgrund der Vielfalt öffentlicher und privater Schienenverkehrsbetriebe sowie häufiger Umstrukturierungen innerhalb der Dt. Bahn ist ihre exakte Erfassung sehr aufwendig und unsicher.

Künftige Erfassung: Angesichts der Geringfügigkeit des Emissionsbeitrags durch Schienenfahrzeug-Klimaanlagen schlagen wir vor, von der jährlichen Totalerhebung Abstand zu nehmen. Es genügt, für die Bestandsentwicklung von HFKW-134a den Trend der jährlichen Neuzugänge aus den vergangenen fünf Jahren (2000-2004) fortzuschreiben. Zur Kontrolle kann alle fünf Jahre eine Überprüfung in Form der bisher angewandten Erhebung durchgeführt werden.

2. Hartschaum (2.F.2)

Diese Unterquellgruppe befindet sich gegenwärtig im Umbruch. Ihre vor 2001 bei weitem größte Emissions-Einzelquelle, Montageschaum, wird durch die neue EU-F-Gase-Verordnung, die HFKW nur noch in Ausnahmen zulässt, künftig nahezu bedeutungslos werden. Im Vorgriff darauf war schon im Jahr 2003 ein kräftiger Rückgang festzustellen, der sich 2004 voraussichtlich fortsetzte. Andererseits liefern andere Einzelquellen wachsende Emissionsbeiträge. So kommen etwa bei "Sonstigem Polyurethan-Hartschaum" überhaupt erst seit 2004, dem Verbotsjahr des Treibmittels HFCKW-141b, HFKW in großem Maßstab zum Einsatz. Der für 2003 festgestellte 13%-ige Emissionsbeitrag von "Foam blowing" zur Hauptquellgruppe 2.F, der diese Unterquellgruppe nur zur drittgrößten macht, ist daher eher eine Momentaufnahme als ein langfristiger Mengentrend. Da dieser schwer zu prognostizieren ist, werden wir die geforderte Datenpräzision nicht von der aktuellen Geringfügigkeit ableiten, sondern empfehlen, um sicher zu gehen, bis auf weiteres in

dieser Unterquellgruppe höchstmögliche Monitoring-Exaktheit für die Masse der Emissionen walten zu lassen.

2.1. Montageschaum (OCF)

Anwendung: Montageschaum ist Polyurethanschaum in Dosen mit einem Gasgemisch, das HFKW-134a und HFKW-152a enthält, als Treibmittel zum Austreiben des Schaums. Die Anwendung gilt als offen (EF = 100%), da ca. drei Viertel der HFKW-Treibmittel sofort emittieren und sich die im Schaum verbleibende Menge spätestens nach einem Jahr verflüchtigt hat. Sofern Montageschaum im Inland abgefüllt wird, kommen auch Herstellungsemissionen vor.

Bisherige Erfassung: Amtliche Statistiken über Montageschaum (Aktivitätsdaten) gibt es nicht. Da die Abfüller, die in Deutschland tätig sind oder aus dem Ausland liefern, zahlenmäßig auf etwa zehn begrenzt sind, ist nicht nur die Kenntnis der Rezepturen untereinander sehr hoch, sondern auch die Marktverhältnisse in Deutschland, dem weltgrößten Einzelmarkt, sind den Unternehmen gut bekannt. Darum wurden bisher größere Einzelunternehmen oder der Branchenarbeitskreis AKPU um die für die Emissionsberichterstattung notwendigen Daten gebeten: Dosenabsatz und Dosenproduktion in Deutschland, Import, Export, HFKW-Menge pro mittlere Schaumdose, Relation HFKW-134a zu -152a, HFKW-Verluste beim Befüllen. Die Methode ist ihrem Charakter nach eine Expertenschätzung nach Tier 2.

Künftige Erfassung: Die EU F-Gas-Verordnung sieht ein HFKW-Verbot für Montageschaum ab 2008 vor - "außer wenn durch nationale Sicherheitsvorschriften erforderlich". Das heißt, HFKW dürfen bei Anwendungen, die schwer entzündliche Treibmittel verlangen, weiterhin genutzt werden, so dass ihre Erhebung, auf niedrigerem Mengenniveau, erforderlich bleibt. Wir schlagen vor, die bisherige Schätzung der Aktivitätsdaten durch Branchenexperten beizubehalten. Direkte Meldung durch den Arbeitskreis AKPU an das UBA wäre wünschenswert, allerdings ist der Arbeitskreis derzeit dazu nicht bereit. Dieser Weg sollte in Zukunft dennoch weiter verfolgt werden. Das UStatG sollte die Verwendung zur inl. Herstellung von Montageschaum (siehe Vorschlag für Fragebogen 10) gezielt abfragen. Diese Daten könnten als Primärquelle oder zur Datenkontrolle (Inlandsabfüllung, Relation zwischen beiden HFKW) genutzt werden.

2.2. XPS-Schaum

Anwendung: Von den vier inländischen XPS-Dämmplatten-Produzenten setzen drei HFKW ein. Einer nutzt HFKW-134a, einer HFKW-152a, der dritte nutzt beide. Da es von jedem HFKW-Typ nur je zwei Anwender gibt, muss der Geheimhaltungspflicht Rechnung getragen werden. Dies geschah bisher dadurch, dass der nationale oder Europäische Branchenverband die betriebsspezifischen Daten sammelte und anonymisiert an Öko-Recherche für die Inventarisierung weitergab.

Während HFKW-152a bei der Produktion fast vollständig emittiert (EF = 100%), emittieren vom HFKW-134a in der Herstellung nur etwa 25%, während der größere Teil langfristig im Schaum verbleibt. Es kommt daher beim HFKW-134a auch zu

Emissionen aus dem Bestand (EF = 0,66%). Dieser baut sich seit 2001 auf, und zwar jährlich um den nicht exportierten Teil der fertigen 134a-geschäumten Dämmplatten.

Bisherige Erfassung: Zu erheben und ins ZSE einzugeben ist erstens der Gesamtverbrauch von HFKW-152a, der gleich Emission gesetzt wird. Zweitens müssen von den Anwendern von HFKW-134a in Erfahrung gebracht werden (1) jährlicher Neuverbrauch, (2) Verlustrate bei der Produktion, (3) Außenhandelssaldo für HFKW-134a-haltige Dammplatten. Nach Eingabe ins ZSE, das die konstanten Emissionsfaktoren und die Zeitreihe des Bestands enthält, ergeben sich automatisch die aktuellen 134a-Bestandsemissionen. Der Ansatz entspricht Tier 2.

Bis 2002 (Berichtsjahr) wurden die für die Emissionsberechnung erforderlichen Daten vom Deutschen Fachverband FPX gemeldet, die Daten für 2003 stammen vom Europäischen Dachverband EXIBA.

Künftige Erfassung: Der europäische Verband EXIBA, dessen deutsche Sektion FPX darstellt, ist bereit, die erforderlichen Daten zukünftig direkt an das UBA zu melden und darüber ein schriftliches Abkommen zu schließen.

Das UStatG kann über die Erfassung der Verbrauchsmengen (siehe Vorschlag für Fragebogen 10) für HFKW-152a die gesamten Emissionen erheben. Für HFKW-134a kann es zur Gegenkontrolle der EXIBA-Verbrauchsangabe dienen. Hierfür muss allerdings die Frage der statistischen Geheimhaltung beachtet werden, da es pro HFKW-Typ weniger als drei Anwender sind. Mitteilungen an das UBA zum Dienstgebrauch dürfte allerdings nichts im Wege stehen.

2.3. PU-Integralschaum

Anwendung: Bei der Produktion von Teilen aus PU-Integralschaum (Schuhsohlen, Fahrradsättel, usw.) werden mitunter HFKW als Hilfstreibmittel (1-2%) zugesetzt. Verwendet werden HFKW-134a und seit kurzem auch HFKW-365mfc (versetzt mit HFKW-227ea) und HFKW-245fa. Der Schaum ist offenzellig. Darum emittiert das Treibmittel bis auf unbedeutende Reste im Jahr der Anwendung (EF = 100%).

Bisherige Erfassung: Das meiste Wissen über die inl. Produktionsbedingungen in diesem kleinen Sektor liegt bei sog. Systemhäusern. Das sind Unternehmen, die für die Integralschäumer die Komponenten und Additive zur Erzeugung eines bestimmten Schaumtyps fertig formulieren. Das größte Systemhaus, die zur BASF gehörende Elastogran GmbH, gibt gegenüber Öko-Recherche seit 1997 jährlich eine Expertenschätzung des inländischen HFKW-Verbrauchs ab.

Künftige Erfassung: Die Elastogran GmbH ist auch in Zukunft zu einer Verbrauchsabschätzung der für Integralschäumung eingesetzten HFKW-Typen und HFKW-Mengen bereit. Die Bereitschaft, mit dem UBA darüber eine schriftliche Vereinbarung zu treffen, ist allerdings gering. Es wurde stattdessen auf Branchenverbände verwiesen. Von denen gibt es zwar im PU-Bereich mehrere. Sie verfügen aber nach unserer Erfahrung (noch) nicht über einschlägige Kompetenz.

Wir schlagen daher vor, in den Fragebogen 10 nach UStatG (Verwendung als Treibmittel usw.) unter der Rubrik "Verwendete Stoffe als Treibmittel bei der

Herstellung von Schaumstoffen" außer Montageschaum, XPS-Schaum und Sonstigen Polyurethanschäumen als weitere Spalte "Integralschaum" einzufügen. Damit würde es möglich, unmittelbar die jährlichen Daten zu Verbrauch und Emissionen nach HFKW-Typen zu gewinnen. Bis zur ersten derartigen Erhebung sollte weiterhin die Expertenschätzung von Elastogran herangezogen werden.

2.4. Sonstiger PU-Hartschaum

Anwendung: HFKW-Treibmittel sollen im Schaum bleiben, um seine Dämmung zu erhöhen. Ihre Ausgasung aus dem fertigen Produkt (Bestandsemission) dauert Jahrzehnte. Allerdings entstehen zwischen 5 und 30% Herstellungsemissionen - je nach Anwendungsform. In den großen PU-Hartschaum-Einsatzgebieten (Hausgeräte, flexibel sowie starr beschichte Dämmplatten) werden praktisch nur natürliche Treibgase genutzt. Bis 2003 kam jedoch noch HFCKW-141b zum Einsatz: erstens bei Kleinserienprodukten von hoher Isolierfähigkeit und Brandsicherheit (Blockschaum), zweitens bei offenen Anwendungen vor Ort (vor allem bei Spritzschaum). Erst seit dem HFCKW-Verbot ab 2004 werden hier HFKW in großem Maßstab genutzt: HFKW-365mfc (versetzt mit -227ea) und HFKW-245fa.

Bisherige Erfassung: In 2002 und 2003 wurden die neuen HFKW (365mfc, 245fa) nur in Testmengen verbraucht. Sie wurden vom einzigen europäischen Hersteller von HFKW-365mfc direkt erfragt. Zur Emissionsabschätzung dienten globale Schätzwerte für Herstellung (EF = 15%) und inl. Bestand von Testprodukten (EF = 0,5%). Die meisten HFKW-Treibmittel-Emissionen kamen 1998 - 2003 vom Einsatz von HFKW-134a für Sandwichelemente bei einem einzigen Anwender, dessen Verbrauchs- und Emissionsdaten direkt erfragt wurden. Dieser stellte die Produktion 2003 auf Pentan um, so dass HFKW-134a nur noch vom in fünf Jahren aufgebauten inländischen Bestand entweicht, was künftig über das ZSE errechnet werden kann.

Künftige Erfassung: 2004 war das erste Jahr des massenhaften Einsatzes der neuen HFKW (365mfc, 245fa), die HFKCW-141b ablösen. Zur Erfassung des inländischen Verbrauchs halten wir das nov. UStatG für ein wichtiges Mittel. Im vorgeschlagenen Fragebogen 10 (Verwendung als Treibmittel usw.) sollte unter der Rubrik "Verwendete Stoffe als Treibmittel bei der Herstellung von Schaumstoffen" außer nach Montageschaum, XPS-Schaum und Integralschaum auch nach "Sonstigem Polyurethanschaum" gefragt werden. Die Emissionsfaktoren für seine Herstellung (und seinen Bestand) müssen anders ermittelt werden. Ihre Höhe variiert stark nach Unteranwendung, so dass erst ein klares Bild der inländischen Verwendungskanäle vorhanden sein muss. Dies ist bisher noch nicht der Fall.

Zu diesem Zweck schlagen wir dem UBA eine Expertenrunde mit den Hauptakteuren der inländischen HFKW-Nutzung für "sonstige PU-Hartschäume" vor, bei dem, basierend auf der Kenntnis der Anwendungen Spritzschaum, Blockschaum usw., die Faktoren der Herstellungs- und Bestandsemissionen ermittelt werden. Hierbei sind auch die relativ tief gestaffelten anwendungsspezifischen Emissionsfaktoren in den alten und neuen IPCC-Guidelines heranzuziehen.

Für den Übergang empfehlen wir, für den Verbrauch der beiden HFKW-Typen wie für die darauf anzuwendenden Emissionsfaktoren die bisher von Öko-Recherche befragten Experten aus Unternehmen und Verbänden um Schätzungen zu bitten.

3. Feuerlöschmittel (2.F.3)

Anwendung: Zur Beflutung feuergefährdeter Innenräume wird zum Teil der HFKW-227ea eingesetzt. Emissionen entstehen bei der inl. Anlagenbefüllung und aus dem Bestand, v. a. bei Feueralarm. Für militärische Anwendungen wird auch der HFKW-236fa genutzt, und zwar ebenfalls in Anlagen, darüber hinaus aber auch in offener Anwendung. Der zugelassene HFKW-23 wird bisher noch nicht eingesetzt. Emissionen aus der Untergruppe 2.F.3 machen nur 0,05% der Hauptquellgruppe 2.F aus, brauchen daher nur grob geschätzt zu werden. Dennoch sollte das bisherige Meldesystem beibehalten werden, das im Prinzip ein "bottom-up Tier 2"-Ansatz ist.

Bisherige Erfassung: Für den HFKW-236fa werden dem UBA von der Amtlichen Zulassungsstelle in Freiberg aufgrund einer Vereinbarung alle erforderlichen Daten für die ZSE-Eingabe übermittelt. Für HFKW-227ea werden jährlich ausführliche Daten zu Verbrauch und Emissionen aus der Industrie an das UBA gemeldet, und zwar von der Firma Kidde-Deugra, die 95% der inländischen Menge absetzt. Für die Eingabe ins ZSE werden die restlichen 5% ergänzt.

Künftige Erfassung: Das bisherige präzise und bewährte Meldesystem sollte beibehalten werden. Von der Firma Kidde Deugra liegt die Bereitschaft vor, die Datenlieferung an das UBA schriftlich zu fixieren. Eine Aufnahme in den Fragebogen 10 nach UStatG halten wir für Feuerlöschmittel nicht für erforderlich.

4. Aerosole und Medizinische Dosiersprays (2.F.4)

Diese Unterquellgruppe von 2.F machte 2003 etwa 6% von deren Emissionen aus. Die geforderte Datenpräzision ist niedriger als Tier 2, der aber grundsätzlich beibehalten werden sollte - für MDI und Allg. Aerosole Tier 2a, für Novelties Tier 2b.

4.1. Asthmasprays (MDI)

Anwendung: In Dosieraerosolen wird HFKW-134a und in einigen Formulierungen auch HFKW-227ea als Treibmittel eingesetzt. Neben geringen Emissionen bei inländischer Abfüllung sind die Emissionen aus der offenen Anwendung (EF =100%) auf dem Inlandsmarkt entscheidend, die vollständig dem Kalenderjahr der MDI-Verkäufe zugerechnet werden (länderspezifischer Ansatz).

Bisherige Erhebung: Inländische Absatzmengen nach Präparaten, Dosengrößen, HFKW-Typen werden über eine Expertenbefragung der führenden Pharmaunternehmen erhoben. Inländische Abfüllung sowie die Befüllungsverluste werden vom inländischen Hersteller abgefragt.

Künftige Erhebung: Wenn die inländischen Hersteller weiterhin bereit sind, ihre Abfüllmengen und dabei auftretende Emissionen zu melden, sollte dies beibehalten werden. Das neue UStatG (siehe Vorschlag für Fragebogen 10) kann in Ergänzung oder alternativ dazu genutzt werden (Geheimhaltung!).

Für Emissionen aus inl. Anwendung stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung.

Das auf die Pharmaindustrie spezialisierte Marktforschungsunternehmen IMS Health bietet an, entsprechende Daten an das UBA zu liefern. Hierbei fielen für eine reine Mengenanalyse nach Wirkstärke und Angabe der Packungsgröße EUR 1000 zzgl. MwSt an, für eine weitere Aufschlüsselung nach Produkten, die erst die Berechnung der Aktivitätsdaten "HFKW-Mengen" erlaubt, EUR 2500 zzgl. MwSt.

Alternativ wird hier vorgeschlagen, die Marktdaten weiterhin über eine Expertenbefragung bei führenden Pharmaunternehmen durchzuführen.

4.2. Allgemeine Aerosole

Anwendung: Als allgemeine Aerosole werden Sprays bezeichnet, die keine Dosieraerosole oder Novelty-Sprays sind: Druckluftsprays, Kältesprays, Abflussreiniger-Sprays, Schmiermittelsprays, Insektizide und Abwehrsprays. Treibmittel-Emissionen entstehen bei der Befüllung und bei der Anwendung. Die Anwendung ist offen, weil das Gas beim Gebrauch der Sprays vollständig emittiert.

Bisherige Erfassung: Experten der inländischen Abfüllbetriebe, die alle der Industriegemeinschaft Aerosole (IGA) im VCI angehören, geben jährliche Schätzungen ab, und zwar sowohl zur inländischen HFKW-Abfüllmenge als auch zum inländischen Markt (Inlandsabfüllung plus Import minus Export). Außerdem machen Sie Angaben zu den inländischen Abfüllverlusten. Was die Anwendungsemissionen der auf den Markt gelangten Dosen betrifft, so wird nach IPCC-GPG (2000) angenommen, dass die eine Hälfte im gleichen, die andere im folgenden Kalenderjahr benutzt wird und somit emittiert.

Künftige Erfassung: Die Industriegemeinschaft Aerosole (IGA) hat sich zu schriftlicher Vereinbarung bereit erklärt, jährlich die oben genannten Abfüll- und Marktdaten von seinen Mitgliedsbetrieben schätzen zu lassen und direkt an das Umweltbundesamt zu liefern.

Das neue UStatG kann über die verwendete Menge zur Befüllung (siehe Vorschlag für Fragebogen 10) zum Abgleich oder als Primärquelle herangezogen werden.

4.3. Novelties

Anwendung: Bei Novelties handelt es sich um Aerosole für Dekorationsfarben bzw. um reine "Spaß-Produkte“ wie Luftschlangensprays u. dgl. Als schwer entzündliches Treibmittel kommt HFKW-134a zur Anwendung. Emissionen fallen in Deutschland nur beim Gebrauch an, da es sich durchweg um Importware handelt.

Bisherige Erfassung: Die im Inland insgesamt abgesetzte HFKW-Menge stammt aus einer Erhebung des Europäischen Aerosolverbands (FEA) für die EU-15 (2002). Der deutsche Anteil daran wurde von Öko-Recherche zusammen mit dem deutschen Aerosolverband IGA abgeschätzt und zusätzlich von einem größeren deutschen Importeur auf Plausibilität geprüft. Nach IPCC-GPG (2000) wird angenommen, dass die eine Hälfte im gleichen, die andere im folgenden Kalenderjahr benutzt wird und somit spätestens ein Jahr nach Import völlig emittiert.

Künftige Erfassung: Nach der bevorstehenden EU-F-Gase-Verordnung (Art. 8) dürfen HFKW in Novelty-Aerosolen zwei Jahre nach Inkrafttreten nicht mehr in Verkehr gebracht werden. Das ist voraussichtlich ab 2008. Bis dahin sollten die Daten wie bisher mit Hilfe der IGA, die dazu ihre Bereitschaft erklärt hat, grob abgeschätzt werden. Ev. neue FEA-Daten würden auf diese Weise berücksichtigt. Da es sich zu 100% um Importware handelt, kann das UStatG keinen Beitrag zur Erfassung leisten.

5. Lösemittel (2.F.5)

Es handelt sich um die bei weitem kleinste 2.F-Unterquellgruppe. Bei deutlich unter 3 t pro Jahr oder bei unter 0,02% Emissionsbeitrag zur Hauptquellgruppe reichen für das Emissionsinventar grobe Schätzwerte. Der bisherige Tier 2b-Ansatz sollte weiter praktiziert werden.

Anwendung: Als Nachfolger für HFCKW-141b zur Feinreinigung empfindlicher Oberflächen kommen die flüssigen HFKW-43-10mee und HFKW-365mfc in Frage. Letzterer wurde bis 2005 in Deutschland nur in wenigen Kilogramm eingesetzt. Auch das Marktpotenzial des im Ausland produzierten HFKW-43-10mee ist in Deutschland aufgrund gesetzlicher Begrenzungen (nur als Ausnahme zulässig) gering.

Bisherige Erfassung: Abfrage der HFKW 43-10mee Verbrauchsmengen beim einzigen Importeur und Anbieter in Deutschland unter Vorbehalt der Vertraulichkeit. Die Emissionen werden nach IPCC GPG (2000) identisch mit der Anwendung betrachtet, verteilt über zwei Jahre seit Verkauf mit je 50% (default) Emissionsfaktor.

Künftige Erfassung: Der einzige Vertreiber von HFKW-43-10mee in Deutschland hat sich bereit erklärt, direkt schriftlich an das UBA zu berichten. Um ihn zu entlasten, sollten die Berichtsintervalle auf drei Jahre ausgedehnt und die Jahre dazwischen geschätzt werden, solange größere Veränderungen auf dem Markt nicht stattfinden. Solange die Mengen so unbedeutend sind, brauchen in den Fragebogen 10 nach neuem UStatG die Lösemittel nicht aufgenommen zu werden.

6. Halbleiterherstellung (2.F.6)

Emissionen aus der Halbleiterindustrie belaufen sich auf 3,2% der Emissionen der Hauptquellgruppe 2.F. Daher sind die Anforderungen an die Präzision der Berichterstattung nicht sehr hoch. Dennoch wird bisher nach Tier 2c gemäß IPCC GPG (2000) berichtet. Es wird vorgeschlagen, dieses Niveau beizubehalten.

Anwendung: In der Halbleiterindustrie werden gegenwärtig FKW (CF_4, C_2F_6, C_3F_8, c-C_4F_8), HFKW (CHF_3), Stickstoff-Trifluorid (NF_3) und SF_6 zum Strukturätzen dünner Schichten und zum Reinigen der Reaktionskammern nach dem sog. CVD-Prozess eingesetzt. (NF_3 fällte noch nicht unter die Berichtspflicht nach UNFCCC).

Bisherige Erfassung: Die F-Gas-Emissionen der Halbleiterindustrie können nicht direkt anhand der eingesetzten Mengen ermittelt werden, die ev. vom Spezialgashandel in Erfahrung zu bringen wären oder über das UStatG berichtspflichtig gemacht werden könnten. Zwischen Verbrauch und Emission

entstehen große Differenzen erstens aus der partiellen chemischen Umsetzung jener Gase im Plasmareaktor und zweitens durch nachgeschaltete Abgasreinigung. Die Ausrüstung der Betriebe mit Abgasanlagen ist sehr unterschiedlich, ebenso deren Wirkungsgrad. Sinnvollerweise können die Emissionen daher nur auf der Ebene einzelner Betriebe ausreichend realitätsnah ermittelt werden.

Emissionsermittlung durch laufende Messungen gilt generell als nicht durchführbar. Die einzelnen Hersteller werden zu ihren Produktionskapazitäten, eingesetzten F-Gas-Typen und -mengen und Abgasbehandlungstechniken befragt. Mittels einer standardisierten Berechnungsformel werden daraus die Emissionen für jeden F-Gas-Typ pro Produktionsstätte ermittelt (Tier 2) und zu Gesamtgrößen aggregiert. Bis zum Berichtsjahr 2000 wurde dies von der EECA-ESIA (European Electronic Component Manufacturers Association – European Semiconductor Industry Association) durchgeführt. Seit 2001 werden aufgrund einer freiwilligen Zusage der deutschen Halbleiterindustrie die Daten vom ZVEI, Fachverband Bauelemente der Elektronik, erhoben, ausgewertet und an das Umweltbundesamt gemeldet. Dies sieht auch die neue Freiwillige Selbstverpflichtung zunächst bis 2010 vor, die Mitte 2005 in Kraft getreten ist.

Künftige Erfassung: An der direkten Emissionsmeldung des deutschen Herstellerverbands an das Umweltbundesamt soll festgehalten werden. Die Basisdaten (F-Gas-Verbrauch, Ausstattung mit Anlagen zur Abgasbehandlung) für die Berechnung sind zwar ebenso wenig wie die Emissionsdaten öffentlich, werden dem Umweltbundesamt auch nicht mitgeteilt; sie können aber zur Überprüfung eingesehen werden. Da nur die Emissionen, nicht der zu Grunde liegende Verbrauch gemeldet wird, ist Außenstehenden keine Beurteilung der Anstrengungen der Halbleiterindustrie zur Emissionsrückhaltung möglich.

Nach UStatG ist zwar die Erhebung des Verbrauchs möglich, wird hier aber nicht empfohlen, da der Verbrauch erstens für das UBA einsehbar ist und da zweitens aus ihm ohnehin keine Schlüsse auf die Emissionen möglich sind.

Nachtrag zu CF_4 in der Leiterplattenfertigung

In der Leiterplattenfertigung wird eine kleine Menge CF_4 als Plasmaätzgas eingesetzt, um Bohrlöcher in mehrschichtigen Leiterplatten zu reinigen. Der Verbrauch stagniert seit vielen Jahren bei 2-2,5 t/a (metrisch). Als Emissionsfaktor gilt 85% des CF_4-Verbrauchs. Die Emissionen (1,3 Tsd. t CO_2-Äquiv.) werden zum CF_4 aus der Halbleiterindustrie hinzuaddiert.

Bisher wurde diese Menge regelmäßig von sowohl Branchenexperten als auch von Gaslieferanten geschätzt. Aufgrund der geringen Bedeutung für die Hauptquellgruppen-Emissionen (0,01%) sollten künftig Schätzungen des Gaselieferanten genügen. Vorgeschlagen wird, die Verbrauchs- und Emissionsmengen der vergangenen Jahre (2000-2005) auch für die nächsten Jahre fortzuschreiben. Mindestens alle drei Jahre sollten die Branchenexperten (s. UBA-Texte 14/05, 265) nach möglichen Änderungen in dieser Anwendung befragt werden.

7. Betriebsmittel zur Übertragung und Verteilung von Elektrizität (2.F.7)

Diese Untergruppe trägt gegenwärtig knapp 6% zu den Emissionen der Hauptquellgruppe 2.F. bei. Obwohl daher streng genommen nicht sehr hohe Präzisionsanforderungen an die Datenerhebung gestellt werden, handelt es sich um den Bereich mit der möglicherweise höchsten Datengenauigkeit in der Hauptquellgruppe überhaupt (Tier 3b mit Elementen von Tier 2a, nach IPCC-GPG 2000). Dieses Niveau kann und sollte auch künftig beibehalten werden.

Anwendung: SF_6 wird als Isoliergas in Betriebsmitteln zur Übertragung und Verteilung elektrischen Stroms in der Hoch- und Mittelspannung verwendet. Emissionen entstehen bei der Herstellung und Inbetriebnahme der Anlagen, aus dem Bestand (inkl. Wartung) und bei der Außerbetriebnahme.

Bisherige Erfassung: Seit 1997 ermittelt der Verband ZVEI im Rahmen einer Selbstverpflichtung Daten zum SF_6-Verbrauch sowie zu SF_6-Emissionen in der Herstellung, und zwar für den größten Teil der Emissionen nach dem Massenbilanzverfahren. Der ZVEI modelliert auch im Bereich der Mittelspannung den SF_6-Bestand in Betriebsmitteln (über den Saldo aus jährlichen Zu- und Abgängen) und errechnet die entsprechenden Emissionen über einen konstanten EF. In der Hochspannung werden sowohl SF_6-Bestand als auch SF_6-Emissionen bei den Netzbetreibern jährlich durch ihren Verband (VDN) erhoben. Im Zuge von Außerbetriebnahmen kommt es zu Entsorgungsemissionen, die ebenfalls über konstante EF errechnet werden. ZVEI und VDN übergeben die Daten jährlich dem Umweltbundesamt und dessen Beauftragten (Öko-Recherche).

Künftige Erfassung: Jährliche Berichterstattung an das UBA im Rahmen der im Juni 2005 erneuerten und erweiterten Selbstverpflichtung durch ZVEI, VDN und VIK (Verband Industrielle Kraftwirtschaft = Industrielle Stromerzeuger) sowie Solvay. Die neue SV umfasst im Gegensatz zur alten auch formell nicht nur Schaltanlagen und -geräte, sondern auch Bauelemente wie Durchführungen und Wandler.

Das UStatG kann über die Befragung des Gasehandels zur Erfassung von Verbrauchsmengen zur Erstbefüllung (siehe Vorschlag für Fragebogen 10-51, Elektroindustrie, Apparatebau - Isoliergas) sowie zur Nachfüllung (Fragebogen 10-51, Energieversorger - Isoliergas) partiell als Kontrollinstrument dienen.

8. Sonstige SF_6-Anwendungen (2.F.8)

Diese Unterquellgruppe ist nicht nur sehr heterogen zusammengesetzt, sondern auch künftig starken Änderungen unterworfen. Einige ihrer Teilquellgruppen unterliegen Verboten durch die EU-F-Gase-Verordnung (Neuverbrauch für Autoreifen, Sportschuhsohlen und Schallschutzscheiben). Eine Anwendung, SF_6 für Starkstromkondensatoren, wird eingestellt. Stagnation ist bei Teilchenbeschleunigern und der Spurengasanwendung zu erwarten, ebenso bei Flugzeugradar. Dennoch ist die Untergruppe als ganze nicht nur gegenwärtig, sondern auch künftig sehr treibhauswirksam. Von den Emissionen der Hauptquellgruppe 2.F (10,9 Mio. t CO_2-Äquivalente) gingen im Jahre 2003 rund 18% auf ihr Konto, die damit nach "Kälte- und Klimaanlagen" (54%) zweitgrößte Untergruppe war.

Für die Datenpräzision hat dies wenig Folgen. IPCC-GPG (2000) sieht innerhalb dieser Restgruppe immer nur eine einzige Berechnungsstufe (Tier) vor, die – zumindest in Deutschland - unschwer einzuhalten ist. Nach den Daten von 2003 trägt allein die Teilquellgruppe "Schallschutzscheiben" fast 60% zu den Emissionen der Unterquellgruppe bei, und dieser Anteil wird, trotz EU-Verordnung, mittelfristig noch steigen. Denn selbst bei Einstellung des Neuverbrauchs entsteht die Masse der Emissionen erst bei der Entsorgung nach 25 Jahren Nutzungsdauer. Bis 2020 werden Entsorgungsemissionen aus Schallschutzscheiben zu einer Verdreifachung der absoluten Emissionen aus dieser Teilquellgruppe führen und zu einer Erhöhung des Emissionsanteils an der ganzen Untergruppe auf über 90%. Schallschutzscheiben-Emissionen haben daher innerhalb der Untergruppe Priorität.

8.1. Schallschutzscheiben

Anwendung: SF_6 wird zur Schalldämmung in den Scheibenzwischenraum von Isolierglasscheiben eingefüllt. Emissionen fallen bei der Herstellung, aus dem Bestand sowie bei der Entsorgung an. Durch die EU-F-Gas-Verordnung fallen künftig (ab 2006 und 2007) Neuverbrauch und damit verbundene Herstellungsemissionen weg, während die anderen beiden Kategorien noch Jahrzehnte bestehen werden.

Bisherige Erfassung: Jährlich wird vom Gasehandel der Neuverbrauch zur Befüllung abgefragt. Dieser Wert wird, vermindert um 33% Herstellungs-Emissionen, in das ZSE eingegeben. Dort ist die Zeitreihe des seit 1975 kumulierten Bestands hinterlegt, so dass automatisch neuer Bestand und neue Bestandsemissionen (EF = 1%) errechnet werden. Zugleich werden die um 25 Jahre (Lebensdauer) zurückliegenden Neuverbräuche (vermindert um damalige Herstellungs-Emissionen und mittlerweile erfolgte Bestandsemissionen) in aktuelle Entsorgungs-Emissionen umgerechnet. Der EF ist hier 100%, da keine Rückgewinnung erfolgt.

Künftige Erfassung: Da, sobald die ZSE-Datenbank erstellt ist, jährlich nur noch der Neuverbrauch erhoben und eingegeben werden muss, ändert sich zunächst nicht viel. Allerdings kann nun die Erhebung des Verbrauchs nach UstatG (vorgeschlagener Fragebogen 10-51, Fensterhersteller, Ausbaugewerbe – Isoliergas) im Rahmen der amtlichen Befragung des Gasehandels erfolgen. Spätestens nach 2010 kann auch diese unterbleiben bzw. sie braucht nur noch zur Kontrolle der Verbotswirkung eingesetzt zu werden. Die nach einem wirksamen Verbot des Neuverbrauchs noch weiter bestehenden Bestands- und Entsorgungsemissionen werden automatisch durch das ZSE generiert.

8.2. Autoreifen

Anwendung: Aufgrund der Größe der Moleküle bietet SF_6 in Autoreifen größere Druckstabilität als Luft, solange kein mechanischer Schaden vorliegt. Emissionen entstehen bei der Entsorgung im Rahmen des Reifenwechsels, im Mittel drei Jahre nach Befüllung. Das Gas entweicht dabei ganz (EF = 100%) in die Umgebung.

Bisherige Erfassung: Die jährlich neu verbrauchte Gasmenge wird durch Befragung der Gase-Lieferanten (Verkäufe an Reifenhandel usw.) ermittelt. Die Entsorgungs-Emissionen des Berichtsjahres sind gleich dem Neuverbrauch drei Jahre zuvor.

Künftige Erfassung: Erhebung der Befüllmengen nach nov. UstatG (Gasehändler an Reifenhandel, gleicher Fragebogen wie oben). Die EU-F-Gase-Verordnung verbietet die Befüllung ab 2006 (oder 2007). Durch die Zeit von drei Jahren zwischen Befüllung und Emission fallen Entsorgungsemissionen noch bis 2009 (oder 2010) an, die das ZSE automatisch errechnet. Es wird angeraten, das Monitoring noch bis 2010 weiter zu führen, um die Wirksamkeit des Verbots zu überprüfen.

8.3. Flugzeugradar

Aus Gründen der Geheimhaltung werden die Emissionen zusammen mit denen einer anderen Einzelquelle berichtet.

Anwendung: In den Radarsystemen der AWACS-Flugzeuge der NATO Airborne Early Warning Force (NAEWF) wird SF_6 als Isolationsmedium zur Vermeidung elektrischer Überschläge verwendet. Zum Druckausgleich wird bei steigender Flughöhe SF_6 in die Atmosphäre abgelassen und bei erneutem Absinken aus einem an Bord befindlichen SF_6–Behälter nachgefüllt.

Bisherige Erfassung: Erhebung des Verbrauchs durch Befragung des Gasehandels und Abgleich der Daten mit den Anwendern. Die Emissionsberechnung (EF = 100%) erfolgt auf Basis dieser Angaben nach einem Prozentsatz (vertraulich) für die Deutschland zuzurechnenden Emissionen. Der Prozentsatz ist im ZSE hinterlegt.

Künftige Erfassung: Erhebung des Verbrauchs nach UStatG durch Befragung des Gasehandels (Vorschlag für Fragebogen 10-51, Kategorie Militärische Streitkräfte – Militärische Zwecke). Auf Basis der Verbrauchseingabe erfolgt die Emissions-Berechnung weiterhin durch das ZSE. Die neuen IPCC-Guidelines sehen erstmals Richtlinien für diese Anwendung vor. Sie decken sich mit der deutschen Praxis.

8.4. Optische Glasfasern

Diese Anwendung von SF_6 wurde erst im Jahr 2004 der Berichterstattung bekannt. Es gibt keine Richtlinien für die Emissionsberechnung. Hilfsweise wird der in der Halbleiterindustrie übliche Standard-EF = 85% auf den Verbrauch angelegt.

Bisherige Erfassung: Der jährliche Verbrauch wurde vom Gasehandel abgefragt.

Künftige Erfassung: Der jährliche Verbrauch wird weiterhin vom Gasehandel abgefragt, mit Hilfe des Fragebogens 10-51 (Sonstiges) nach UStatG.

8.5. Teilchenbeschleuniger

Anwendung: SF_6 dient als Isolatorgas in Teilchenbeschleunigern. Emissionen entstehen bei der Fertigung, aus dem Bestand sowie bei der Entsorgung. Gegenwärtig werden Richtlinien für die Emissionsabschätzung im Rahmen der neuen IPCC-Guidelines erstellt, die sich an dem deutschen Verfahren orientieren.

Bisherige Erfassung: In einer 2004 von Öko-Recherche durchgeführten Sonderbefragung zur Aktualisierung der 1999er Daten wurden Anwender und Hersteller nach Füllmengen, Gasverbrauch, Neuzugängen und Stilllegungen befragt. Hierbei wurden fünf Anwendungsbereiche für Teilchenbeschleuniger unterschieden. Emissionsraten für die Erstbefüllung sowie die Entsorgung sind an typische Werte aus dem Bereich der Betriebsmittel zur Energieübertragung angelehnt, Die weitaus wichtigeren Bestandsemissionen wurden über nachgefüllte SF_6-Mengen ermittelt.

Künftige Erfassung: Eine verlässliche Verbrauchserfassung für Erst- und Nachfüllungen ist über das UStatG nicht möglich, allein schon, weil der Gasehandel für diese Verwendung keine eindeutige Zuordnung innerhalb der relevanten Kundengruppe Forschungseinrichtungen bzw. Elektroindustrie, Apparatebau (siehe Vorschlag für Fragebogen 10-51) vornehmen kann. Zudem ist im Falle von SF_6 nach UStatG keine Unterscheidung in Neuverbrauch und Nachfüllung vorgesehen, was Bedingung der Emissionsermittlung wäre. Vorgeschlagen wird eine Fortschreibung der Verbrauchs- und Emissionsmengen auf Grund der Öko-Recherche-Sondererhebung von 2004 (UBA Text 14/05, S. 254), die Bestandteil des ZSE geworden ist. Zudem sollte eine Überprüfung der Anwendung durch entsprechende Erhebungen alle fünf Jahre stattfinden. Das Verfahren wird für ausreichend gehalten, zumal die Anwendung vom Emissionsumfang her (1,1% von 2.F; 6,0% von Untergruppe 2.F.8) zu den kleineren zählt, für die Schätzungen genügen.

8.6. Starkstromkondensatoren

Anwendung: SF_6 dient der Gas-Imprägnierung von Komponenten von Starkstrom-Kondensatoren. Hierbei handelt es sich um einen offenen Prozess. Aller Verbrauch emittiert bei Fertigung (EF = 100%).

Bisherige Erfassung: Die jährlichen Verbrauchsdaten werden seit 2003 vom ZVEI an Öko-Recherche übermittelt. Eine Rückrechnung bis 1995 hat stattgefunden.

Künftige Erfassung: Der ZVEI hat seine Bereitschaft geäußert, auch in Zukunft die Datenerhebung vorzunehmen und die Daten direkt an das Umweltbundesamt zu melden. In dieser Anwendung wird aller Voraussicht nach nur noch bis 2006 standardmäßig SF_6 eingesetzt. Da Emissionen nur bei der Produktion entstehen und kein Bestand aufgebaut wird, fallen ab 2007 nur noch Emissionen im Rahmen der Ersatzteileproduktion an. Eine Einbeziehung des UStatG zur Datenerhebung wird aufgrund der Meldung durch den ZVEI nicht für nötig gehalten. Zudem könnte der Gasehandel nur schwer eine Trennung dieser speziellen Anwendung von Anlagen zur Elektrizitätsübertragung und -verteilung innerhalb der Gesamtmenge der Isoliergasanwendungen (vorgeschlagener Fragebogen 10-51) vornehmen.

8.7. Sportschuhsohlen

Aus Gründen der kommerziellen Vertraulichkeit werden die Emissionen aus Sportschuhsohlen zusammen mit einer anderen Anwendung berichtet.

Anwendung: SF_6 in Sportschuhsohlen soll zur Schockdämpfung beim Auftreten beitragen. Sportschuhe mit SF_6 werden ausschließlich importiert. Das eingefüllte Gas

emittiert vollständig bei Entsorgung (EF = 100%) im Inland. Als Zeitraum zwischen Verkauf und Entsorgung in Deutschland werden drei Jahre angenommen.

Bisherige Erfassung: Der jährliche SF_6-Zugang nach Deutschland in Schuhsohlen stammt aus Angaben des einzigen Herstellers NIKE zum EU-weiten Verbrauch. Davon werden 25% Deutschland zugerechnet. Da die Zeitreihe im ZSE enthalten ist, werden die Zugänge automatisch nach drei Jahren als Emissionen generiert.

Künftige Erfassung: Die EU-F-Gase-Verordnung sieht ein Absatzverbot von SF_6-befüllten Sportschuhsohlen ab 1.7.2006 vor. Seit 2003 setzt der Sportartikelhersteller aufgrund einer SV allerdings SF_6 nicht mehr ein, sondern in einer gewissen Restmenge von Schuhsohlen stattdessen den FKW-218. Die noch bis 2006 (wegen der Zeitverzögerung zwischen Verkauf und Entsorgung) anfallenden SF_6-Emissionen müssen nicht mehr erhoben, sondern können dem ZSE entnommen werden.

Was die bevorstehenden vorübergehenden FKW-Emissionen betrifft, wird folgendes vorgeschlagen: Zwischen 2003 und 2006 füllt NIKE in eine bestimmte Menge der Sportschuhsohlen statt SF_6 den FKW-218 ein, um danach ganz auf treibhauswirksame Gase zu verzichten. Emissionsrelevant werden diese Mengen in Deutschland in den Jahren 2007 bis 2009. Sie werden allerdings sowohl in der Hauptquellgruppe 2.F als auch der Untergruppe 2.F.8 vernachlässigbar sein. Ihr Umfang braucht daher lediglich grob geschätzt zu werden.

8.8. Spurengas

Anwendung: SF_6 eignet sich aufgrund seiner Stabilität und Nachweisbarkeit auch in kleinsten Konzentrationen als Spurengas zur Untersuchen bodennaher und atmosphärischer Luftströmungen und Gasausbreitungen. Es handelt sich um eine offene Anwendung, bei der die Verbrauchsmenge zu 100% emittiert.

Bisherige Erfassung: Die Verbrauchsangaben stammen von Experten der sechs wichtigsten deutschen Forschungsinstitute, die mit SF_6 umgehen. Sie werden im Abstand von drei bis vier Jahren direkt befragt, da die Menge seit 1996 konstant ist.

Künftige Erfassung: Diese Anwendung fällt unter das Kriterium der Geringfügigkeit. Eine Erfassung der Verbrauchsmengen über UStatG ist nicht möglich, da der Gasehandel für diese Verwendung keine eindeutige Zuordnung vornehmen kann (Vermischung mit Teilchenbeschleunigern). Es wird daher vorgeschlagen, die im ZSE enthaltene Zeitreihe fortzuschreiben. Alle fünf Jahre genügt eine Kontrolle in Form von Schätzungen durch Branchenexperten.

Teil II

Emissionsdaten 1999 bis 2003 und Emissionsprognosen für 2010 und 2020

Aufgabenstellung: Aktuelle Emissionen und Emissionsprognosen

Teil II dieses Forschungsberichts ist im Großen und Ganzen unabhängig von Teil I. Es geht hier nicht um neue Vorschläge für die Emissionsermittlung (Monitoring-System), das erst in Zukunft genutzt werden soll. Teil II stützt sich noch ganz auf die bisherigen Methoden der Datengewinnung.

Im ersten Kapitel werden die historischen Emissionsdaten der Jahre 1999 bis 2003 dargestellt. Dies erfolgt in Abschnitt I in einer Kurzfassung, weil diese Daten erstens bereits in das ZSE und in internationale Berichterstattung der Bundesrepublik Deutschland eingegangen sind, und zweitens, weil ihr Zustandekommen in einer zeitgleichen Studie für das Umweltbundesamt schon ausführlich dokumentiert ist.[3] Lediglich die für 2003 neu genutzten Datenquellen werden detailliert nachgewiesen - in Abschnitt II.

Das zweite Kapitel stellt Emissionsprognosen für die Jahre 2010 und 2020 vor, deren Aufstellung gleichfalls zu den internationalen Berichtspflichten der Bundesrepublik Deutschland gehört. Die Prognosen haben ihre empirische Basis ebenfalls in den historischen Emissionen der Jahre 1995 bis 2003, die nach dem alten Monitoring-System erhoben wurden. Sie unterschieden sich in den beiden Referenzjahren 2010 und 2020 allerdings stark nach den Annahmen, die in vier verschiedenen zugrunde liegenden Szenarien zusammengefasst sind. Die gängige Unterscheidung in zwei Szenarien, in ein "Business-as-usual"- und ein "Minderungs"-Szenario, ist somit erweitert worden.

Am Ende von Teil II befindet sich ein umfangreicher Tabellenteil, der sowohl die historischen F-Gas-Emissionen für 1995, 1998-2003 detailliert darstellt als auch die Emissionsprognosen für 2010 und 2020 nach den vier Szenarien tief untergliedert.

Methodische Anmerkung zur Einteilung nach Stoffgruppen

Anders als in Teil I dieses Forschungsberichts werden im Teil II die F-Gas-Emissionen nicht nach den drei Quellgruppen 2.C, 2.E, 2.F (Metallproduktion, Produktion halogenierter Kohlenwasserstoffe, Verbrauch von F-Gasen) und ihren Untergruppen zusammengestellt, sondern nach den drei Stoffgruppen HFKW, FKW und SF_6. Das ist nicht nur die in der Bundesrepublik Deutschland seit 1996 herkömmliche Methode, die unseres Erachtens für die Emissionsübersichten den Vorzug größerer Klarheit bietet. Sondern diese Gliederung wird auch in den CRF-Berichtstabellen angewandt: als ausschließliche in Table10s4 und in Kombination mit der Quellgruppen-Aufteilung in Table2(II)s1 und Table 2(II)s2.

[3] Die Studie heißt "Emissionen, Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren von fluorierten Treibhausgasen (F-Gasen) in Deutschland für die Jahre 1995-2002. Anpassung an die Anforderungen der internationalen Berichterstattung und Implementierung der Daten in das zentrale System Emissionen (ZSE)". Sie erschien im Juni 2005 als UBA-Text 14/05 (http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-l/2902.pdf) und wird in diesem Bericht darum kurz "UBA-Text 14/05" genannt.

Erstes Kapitel. Emissionsdaten bis zum Jahr 2003

Eine Aufgabenstellung des von Oktober 2002 bis September 2005 laufenden Forschungsvorhabens war es, die jährlichen Emissionen fluorierter Gase für 1999 bis 2003 zu erheben. Im März 2003 wurden die ermittelten Werte 1999 bis 2001 dem Umweltbundesamt übergeben (1. Zwischenbericht). Ein weiterer Zwischenbericht vom August 2003 enthielt die Werte für 2002. Schließlich lieferte der 4. Zwischenbericht vom Februar 2005 alle geforderten Werte von 1999 bis einschließlich 2003.

Dieser Bericht enthält die - gründlich überprüften und zum Teil korrigierten - Ergebnisse der vorausgehenden Zwischenberichte und ist somit die aktuellste Fassung.

Bekanntlich müssen zum Ende jeden Jahres für das Vorjahr die Emissionsdaten für klimarelevante Stoffe in vorgeschriebener Sektoraufteilung an die EU geliefert werden. Zum 15. April des Folgejahres sind diese dann auch an das UNFCCC-Sekretariat zu übermitteln. Dabei sind für beide Lieferungen die CRF-Berichtstabellen entsprechend der UNFCCC reporting guidelines (FCCC/CP/1999/7) maßgeblich.

In Abschnitt I dieses Kapitels des Schlussberichts werden die realen F-Gas-Emissionsdaten für 1995, 1998, 2000, 2002 und 2003 in einer Kurzfassung – quasi als Zahlenwerk - erneut gezeigt und knapp kommentiert. Alle präsentierten Zahlenwerte sind bereits in das Zentrale System Emissionen (ZSE) eingegeben. Alle sind mittlerweile (Juli 2005) auch für die internationalen Berichtspflichten verwendet worden. Zur Klarstellung: Das Emissionsjahr 2004 ist nicht mehr Teil dieses Berichts, sondern wird in einer separaten Studie erhoben und berichtet.

Eine ausführliche Dokumentation nachfolgender Emissionsdaten kann auch deshalb unterbleiben, weil die Art und Weise der Datenermittlung in insgesamt vierzig F-Gas-Sektoren in der auf der vorhergehenden Seite erwähnten zeitgleichen Studie für das Umweltbundesamt für die Jahre 1995 bis 2002 detailliert beschrieben worden ist (UBA-Text 14/05). Sie kann für den Nachvollzug der Ermittlung der Emissionen der Jahre 1999 bis 2002 vom interessierten Leser herangezogen werden.

Während die Anlage der Datenermittlung für die Emissionen des Jahres 2003 im Vergleich zur jener bis 2002 reichenden Dokumentation gleich geblieben ist und die Emissionsfaktoren weitgehend unverändert sind[4], mussten für das Berichtsjahr 2003 die meisten Aktivitätsdaten aktualisiert werden.

Abschnitt II dieses ersten Kapitels liefert den ausstehenden Nachweis für die im Jahre 2004 durchgeführte Emissionserhebung des Berichtsjahres 2003 nach. Aus praktischen Gründen sind dort auch alle neu genutzten Datenquellen des Erhebungsjahrs 2003 für das Berichtsjahr 2002 erneut mitdokumentiert.

---

[4] Eine sehr wichtige Ausnahme ist der geänderte Entsorgungs-Emissionsfaktor für außer Betrieb gehende Anlagen in Kälte- und Klimatechnik. Er wurde von 25% auf 30% erhöht und entspricht damit dem Standard-Wert in den IPCC Guidelines von 1999. Die vorher angewandten "länderspezifischen" 25% wurden damit begründet, dass die Rückgewinnung am Lebensende in Deutschland höher als im internationalen Durchschnitt liegt. Das mag so sein oder auch nicht. Der Punkt ist, dass es bisher keine empirische Erhebung der deutschen Praxis der Kältemittel-Rückgewinnung am Lebensende gibt, die eine höhere Rückgewinnung belegt. Methodologisch scheint daher ein nationaler Entsorgungs-Emissionsfaktor unter dem internationalen Niveau vorerst nicht gerechtfertigt.

I. Die Emissionen von 1999 bis 2003 (Kurzfassung)

Die Gesamtemissionen der Gase HFKW, FKW und SF_6 sind von 1995 bis 2003 von 3237 t auf 6837 t gestiegen. Anders als nach der metrischen Tonnage ist die Klimawirkung dieser Emissionen allerdings zurückgegangen, und zwar von 15,64 auf 13,69 Mio. t CO_2-Äquivalente. Dahinter verbergen sich sehr unterschiedliche Tendenzen, die den Blick auf die einzelnen Gasegruppen notwendig machen.

1. HFKW 1995-2003

Die Emissionen fluorierter Gase haben sich seit 1990/1995[5] in den drei Stoffgruppen unterschiedlich entwickelt. Zunächst zu den HFKW.

Tab. 3 Entwicklung der HFKW-Emissionen [t] 1995-2003

	1995	**1998**	**2000**	**2002**	**2003**
Stationäre Kälte/Klima	73	516	854	1155	1339
Mobile Kälte/Klima	170	677	1168	1653	1908
- davon nur Pkw	*133*	*563*	*988*	*1405*	*1616*
PU-Montageschaum	1823	1844	1475	897	894
PU-Schäume	0	92	94	118	126
XPS-Schäume	0	0	0	1971	1709
Dosieraerosole	0	27	84	201	205
Andere Aerosole/Lösemittel	254	262	269	274	274
Feuerlöschmittel u. sonstiges	1,1	1,01	2,0	2,5	3,0
Insgesamt (Verwendung)	**2319**	**3419**	**3946**	**6273**	**6459**
Sonstiges (Produktion, usw.)	360	259	128	132	74
Insgesamt	**2679**	**3678**	**4073**	**6404**	**6532**

Tab. 4 Entwicklung der HFKW-Emissionen [Mio. t CO_2-Äquivalente] 1995-2003

	1995	**1998**	**2000**	**2002**	**2003**
Stationäre Kälte/Klima	0,169	1,170	1,994	2,758	3,205
Mobile Kälte/Klima	0,234	0,915	1,571	2,218	2,567
- davon nur Pkw	*0,172*	*0,732*	*1,284*	*1,826*	*2,101*
PU-Montageschaum	1,534	1,553	1,084	0,662	0,587
PU-Schäume	0	0,120	0,123	0,148	0,158
XPS-Schäume	0	0	0	0,906	0,698
Dosieraerosole	0	0,035	0,168	0,326	0,318
Andere Aerosole/Lösemittel	0,318	0,329	0,336	0,339	0,339
Feuerlöschmittel u. sonstiges	0,012	0,012	0,019	0,017	0,022
Insgesamt (Verwendung)	**2,267**	**4,133**	**5,294**	**7,374**	**7,894**
Sonstiges (Produktion, usw.)	4,212	2,833	1,207	1,212	0,533
Insgesamt	**6,479**	**6,966**	**6,501**	**8,586**	**8,425**

Der Masse nach sind die HFKW-Gesamtemissionen von 1995 bis 2003 von 2679 t auf 6532 t gestiegen. Ihre Klimawirkung (ausgedrückt in CO_2-Äquivalenten) hat

[5] Im Jahr 1990 gab es noch keine gezielte Herstellung/keinen gezielten Einsatz von HFKW. Dem Jahr 1990 zuzuordnende Emissionen resultierten einzig aus dem HFCKW-22-Herstellungsprozess, wo HFKW-23 als Nebenprodukt entsteht. Die F-Gas-Emissionen sind in diesem Bericht daher erst ab dem Jahr 1995 angegeben. Zu den Emissionen von 1990 siehe Teil III dieses Berichts.

jedoch seit 1995 viel moderater zugenommen - von 6,5 auf 8,4 Mio. t CO_2-Äquivalente. Zwar stiegen die HFKW Emissionen aus bewusster Verwendung seit 1995 sehr stark an, von 2,3 auf 7,9 Mio. t CO_2-Äquivalente; dieser Trend setzt sich weiterhin fort. Er betrifft, wie Tabelle 3 und 4 zeigen, vor allem die Sektoren mit Kältemittel-Anwendung, nämlich stationäre und mobile Kälte- und Klimatechnik. Merklich, wenn auch auf niedrigerem Niveau, haben auch die klimawirksamen Emissionen aus XPS-Schäumung und aus Dosieraerosolen zugenommen.

Stark vermindert wurden dagegen im Bereich der gezielten HFKW-Verwendung seit 2000 die Emissionen durch PU-Montageschaum. Diese Anwendung war unter starke öffentliche Kritik geraten. Weit größer war allerdings zwischen 1995 und 2003 der Rückgang unbeabsichtigter Emissionen aus der Produktion. Vor allem gelang es den Herstellern fluorierter Gase, die Nebenproduktemissionen des sehr starken Treibhausgases HFKW-23 aus der Synthese von HFCKW-22 vom sehr hohen Ausgangsniveau von fast 4 Mio. t CO_2-Äquivalente auf unter 0,5 Mio. t zu senken. Das ist eine Reduktion um fast 90%.

2. FKW 1995-2003

Die Emissionen von FKW nehmen seit 1995 dank der Anstrengungen der Industrie kontinuierlich ab – in der metrischen Tonnage wie in der Klimawirkung. Zunächst die beiden Tabellen 5 und 6 zu den FKW.

Tab. 5 Entwicklung der FKW-Emissionen [t] 1995-2003

	1995	**1998**	**2000**	**2002**	**2003**
Aluminiumproduktion	230	173	53	64	70
Halbleiterherstellung	23	29	43	33	34
Leiterplattenfertigung	2	2	2	2	2
Kältemittel	1,2	7,8	11,6	13,7	14,7
Insgesamt	**256**	**212**	**110**	**112**	**121**

Tab. 6 Entwicklung der FKW-Emissionen [Mio. t CO_2-Äquivalente] 1995-2003

	1995	**1998**	**2000**	**2002**	**2003**
Aluminiumproduktion	1,552	1,165	0,356	0,431	0,475
Halbleiterherstellung	0,177	0,238	0,333	0,250	0,260
Leiterplattenfertigung	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Kältetechnik	0,008	0,056	0,084	0,101	0,108
Insgesamt	**1,750**	**1,473**	**0,786**	**0,795**	**0,856**

Sowohl die Hersteller von Primäraluminium als auch die Halbleiterhersteller haben Selbstverpflichtungen abgeschlossen, die nicht nur ein jährliches Monitoring der Emissionen, sondern auch deren Senkung unter das Ausgangsjahr vorsehen. Während die Aluminiumindustrie ihre Emissionen absolut senken konnte, sind bei der Halbleiterherstellung die befürchteten kräftigen Emissionsanstiege ausgeblieben.

Insgesamt waren die FKW-Emissionen 2003 noch halb so hoch wie 1995. Sie sind von 256 auf 121 t gesunken, bzw. von 1,75 auf 0,86 Mio. t CO_2-Äquivalente.

3. SF_6 1995-2003

SF_6-Emissionen sind im Zeitraum 1995-2003 von 303 auf 184 t gesunken, was in CO_2-Äquivalenten einen Rückgang von 7,2 auf 4,4 Mio. t ausmacht. Das zeigt Tabelle 7 und 8.

Tab. 7 Entwicklung der SF_6-Emissionen [t] 1995-2003					
	1995	**1998**	**2000**	**2002**	**2003**
El. Energieübertragung	43,4	38,7	30,4	30,7	26,3
Sonst. El. Anwendungen	5,2	17,0	18,4	13,8	10,9
Magnesiumguss	7,7	9,2	13,2	16,0	19,1
Schallschutzscheiben	107,9	56,5	51,7	46,4	48,3
Autoreifen	110,0	125	50	9	6
Sohlen/NAEWF/Glasfasern	18,5	22,3	23,3	16,6	15,4
Spurengas/Alu-Reinigung	1,0	1,0	14,5	35,5	45,5
Sonstiges	9	11,4	11,4	12,4	12,6
Insgesamt	**303**	**281**	**213**	**180**	**184**

Tab. 8 Entwicklung der SF_6-Emissionen [Mio. t CO_2-Äquivalente] 1995-2003					
	1995	**1998**	**2000**	**2002**	**2003**
El. Energieübertragung	1,036	0,924	0,727	0,733	0,629
Sonst. El. Anwendungen	0,125	0,405	0,441	0,329	0,260
Magnesiumguss	0,185	0,220	0,316	0,383	0,457
Schallschutzscheiben	2,578	1,350	1,236	1,108	1,155
Autoreifen	2,629	2,988	1,195	0,215	0,143
Sohlen/NAEWF/Glasfaser	0,442	0,532	0,557	0,396	0,369
Spurengas/Alu-Reinigung	0,024	0,024	0,347	0,848	1,087
Sonstiges	0,216	0,273	0,271	0,295	0,301
Insgesamt	**7,235**	**6,718**	**5,090**	**4,308**	**4,402**

Der Rückgang geht in erster Linie auf die schon Mitte der 90er Jahre im Ausland auf allgemeines Erstaunen treffende Anwendung in Autoreifen zurück. Hier hat eine erfolgreiche Umweltaufklärung eine Emissionssenkung um über 100 t bewirkt und den Treibhausbeitrag um 2,5 Mio. t CO_2–Äquivalente gesenkt. Vergleichbares gilt für Schallschutzscheiben, in denen SF_6 beim Neuverbrauch gegenüber 1995 auf ein Zehntel reduziert wurde. Die heutigen und künftigen Emissionen stammen vorwiegend aus der offenen Entsorgung alter Scheiben. Auch bei Anlagen zur Elektrizitätsübertragung sanken die Emissionen um 40%. Hier gibt es auch eine Selbstverpflichtung der Branche.

Es gibt aber auch Gegentendenzen. So werden zur Reinigung von Sekundär-Aluminium seit 1998 wieder große SF_6–Mengen eingesetzt, obwohl SF_6 aus dieser Anwendung bereits verschwunden war. Hier sind fast 1 Mio. t CO_2-äquivalente Emissionen neu dazugekommen. Zugenommen hat auch die Verwendung von SF_6 als Schutzgas bei Magnesiumguss. Während die bevorstehende EU-Gesetzgebung den SF_6-Ausstieg bei Magnesium vorsieht, ist für Aluminium-Guss keine rechtliche Lösung in Sicht.

II. Die Datenquellen für die Emissionen 2002 und 2003

Die Gliederung der Datenquellen erfolgt nach den Stoffgruppen HFKW, SF_6 und FKW. Die Reihenfolge folgt derjenigen in der Studie "Emissionen, Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren von fluorierten Treibhausgasen (F-Gasen) in Deutschland für die Jahre 1995-2002. Anpassung an die Anforderungen der internationalen Berichterstattung und Implementierung der Daten in das zentrale System Emissionen (ZSE)". Dort werden vierzig Anwendungsgebiete als "F-Gas-Blätter" beschrieben.

Die Gliederung ist mit derjenigen nach CRF-Quellgruppen kompatibel. Deren Bezeichnungen sind in Klammern hinter den Überschriften der einzelnen Sektoren angegeben.

Kälte- und Klimaanlagen (2.F.1)

Kühlfahrzeuge (zu 2.F.1)

Kraftfahrt-Bundesamt, Statistische Mitteilungen, Reihe 3: Kraftfahrzeuge, Neuzulassungen – Besitzumschreibungen - Löschungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern, Jahresband 2002 und 2003, Übersichten 19 und 32. Erscheint erst zum Jahresende des Folgejahres. Vorveröffentlichung im September: VDA (Verband der Automobilindustrie), Tatsachen und Zahlen, Frankfurt am Main.

Harnisch, J., u. a.: Risiken und Nutzen von fluorierten Treibhausgasen in Techniken und Produkten – Bewertung technischer Fallbeispiele unter besonderer Berücksichtigung der stoffintrinsischen Eigenschaften, FKZ 201 64 315, UBA-FB 000673, Climate Change 02/04, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, Juni 2004.

Kühlcontainer (zu 2.F.1)

Yves Wild, Kühlcontainer und CA-Technik, in: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV), Berlin 2003: www.containerhandbuch. Darin www.containerhandbuch.de/chb/wild/index.html.

Global reefer output soars, Issue: January 2004, www.worldcargonews.com/htm/nf20040115.971192.htm

Wärmepumpen (zu 2.F.1)

Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V., München, Entwicklung des deutschen Wärmepumpen-Marktes, Stand 03/2003, Wärmepumpen-Absatz 2002. http://www.waermepumpe-bwp.de/nonflash/frames/aktu/dokk.htm

Bundesverband WärmePumpe (BWP) e. V., Wärmepumpen erfreuen sich steigender Beliebtheit, 14.11.2004, Wärmepumpen-Absatz 2003. http://www.waermepumpe-bwp.de/content/statistik-h.jpg

Haushaltskühlgeräte (zu 2.F.1)

Liebherr Machines Bulle S.A, Bulle (Schweiz), 0041-26-913-0.
Jürgen Melzer, pers. Mitt. an ÖR, 05.03.04.

Greenpeace Deutschland, Hamburg, 040-30618-0.
Wolfgang Lohbeck (Leiter Atmosphärenschutz), pers. Mitt. lfd.

Zentrale Klimaanlagen (zu 2.F.1)

Solvay Fluor & Derivate GmbH, Hannover, 0511-857-0.
Christoph Meurer (Leiter Anwendungstechnik – Kältemittel): HFC chillers sold to the German market and key figures for the estimation of their lifetime, average capacities in kW and charge in kg/kW. Intern. Aufstellung, 27.03.03.
Öko-Recherche/Solvay Fluor: Fachgespräch über Basisdaten und Verkaufsmengen für HFKW in stationären kälte- und klimatechnischen Anwendungen, Teilnehmer: Winfried Schwarz (ÖR), Christoph Meurer (Solvay) und Felix Flohr (Solvay), Hannover 26.03.03.
IKK 2003, Hannover, 10.10.2003, Fachgespräche mit Herstellern und Importeuren über die Marktentwicklung 2002 und 2003.

Raumklimageräte (zu 2.F.1)

Polenz Klimageräte GmbH, Norderstedt, 040-52140-0.
Jörn Kressner (Vertrieb Investitionsgüter/Technische Leitung), 10.10.03 (IKK-Hannover).
Daikin Airconditioning Germany GmbH, Unterhaching, 089-74427-270.
Achim Zeller (Manager Productmanagement), 16.10.03.
Daikin Europe Brussels Office, 0032-2-529-6106.
Achim Zeller (Senior Executive – New Business Section), 23.09.2004.
De'Longhi S.p.A., Treviso (Italia), 0039-0-422 4131.
Stefania Velo (Air Conditioning Dept.), 21. u. 23.01.04.

Industriekälte und Gewerbekälte (zu 2.F.1)

Öko-Recherche/Solvay Fluor: Fachgespräch über Basisdaten und Verkaufsmengen für HFKW in stationären kälte- und klimatechnischen Anwendungen, Teilnehmer: Winfried Schwarz (ÖR), Christoph Meurer (Solvay) und Felix Flohr (Solvay), Hannover 26.03.03.
DuPont Deutschland GmbH, Bad Homburg, 06172-87-0.
Joachim Gerstel (Verkaufsleiter Kältemittel), Mitt. über den Absatz von HFKW-236fa als Kältemittel, auf der IKK 2003, Hannover 10.10.03.
Hr. Weisshaar, Weisshaar GmbH & Co. KG, Bad Salzuflen, 05222-9273-0.
Information über Kältemittel bei Kranklimaanlagen, 14.10.03.
Kältemittel-Hersteller. Befragung zu Verkaufsmengen in der stationären Kälte- und Klimatechnik, auf der IKK 2003 am 10.10.2003 in Hannover:
Karsten Schwennesen (Ineos Fluor International Ltd., Frankfurt), Joachim Gerstel (Du Pont Deutschland GmbH, Bad Homburg), Klaus Pesler (ATOFINA Deutschland GmbH, Düsseldorf), Hans-Jürgen Kemler (Westfalen AG, Münster), Christoph Meurer (Solvay Fluor und Derivate GmbH, Hannover).
ILK Dresden/FKW Hannover, Aktuelle TEWI-Betrachtung von Kälteanlagen mit HFKW- und PFKW-Kältemitteln unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rahmenbedingungen für verschiedene Anwendungsgebiete, im Auftrag des Forschungsrats Kältetechnik e.V., FKT 96/03, Frankfurt, November 2003.
André Siegel, Axima Refrigeration GmbH, Lindau, 08382-706-1
pers. Mitt. auf der DKV-Tagung 2003 in Bonn, 21.11.03.
Haaf, Siegfried u. Pauls, Gerlef, Linde AG, Geschäftsbereich Linde Kältetechnik, Köln, 02236-601-0. Fachgespräch im Umweltbundesamt, Berlin, 25.06.03.

Pkw-Klimaanlagen (zu 2.F.1)

Volvo Car Germany GmbH. Ab 2002 Befragung nicht mehr nötig mehr nötig, da alle Modelle mit AC in Serie.

Toyota Deutschland, Köln, 02234-102-0. Für 2002 + 2003: Michael Nordmann, 01.09.03 + 08.06.04
Suzuki International Europe GmbH, Bensheim, 06251-5700-0 (Suzuki Auto GmbH, Oberschleißheim, 089-31563-0). Für 2002 + 2003: Michael Rist 10.09.03 + 01.06.04.
Subaru Deutschland, Friedberg, 06031-606-0. Für 2002 + 2003: Simone Vrba (Fahrzeugdisposition), 05.09.03 + 20.07.04.
Skoda Deutschland, Weiterstadt, 06150-133-0. Für 2002 +2003: Eric Lehmann (Absatzplanung), 29.08.03 + 01.06.04.
SEAT Deutschland GmbH, Mörfelden, 06105-208-0. Für 2002 + 2003: Burkhard Kolb (Neuwagen-Disposition), 29.08.03 + 27.05.04.
Saab Deutschland, Bad Homburg, 06172-900-0. Für 2002 + 2003: Olaf H. Meidt (Presse- und Öffentlichkeitsarbeit), 29.08.03 + 08.06.04.
Deutsche Renault AG, Brühl, 02232-73-0. Für 2002 + 2003: Angela Lehmann (Produktkommunikation), 23.10.03 + 08.06.04.
Peugeot Deutschland GmbH, Saarbrücken, 0681-879-0. Für 2002 + 2003: Christine Clavier (Neuwagenlogistik), 26.08.03 + 29.06.04.
Renault Nissan Deutschland AG, Brühl, 02232-57-0. Für 2002 + 2003: Hr. Schweitzer (Neuwagenvertrieb), 01.09.03 + 16.06.04.
Mitsubishi Motors Deutschland GmbH, Trebur, 06147-207-01. Für 2002+ 2003: Valeska Haaf (Produktmanagement), 02.09.03 + 08.06.04.
Mazda Motors Deutschland, Leverkusen, 02173-943-0. Für 2002 + 2003: Matthias Brieden (Produktmarketing), 25.09.03 + 01.07.04.
Land Rover Deutschland, Schwalbach Ts., 06196-9521-0. Für 2002+ 2003: Herr Buchhardt, 10.09.04.
Kia Motors GmbH, Bremen, 0421-4181-0. Für 2002: Dörte Steffens (Presse-Öffentlichkeitsarbeit), 01.09.03. Für 2004: Hr. Döller, 31.08.04.
Honda Deutschland GmbH, Offenbach, 069-8309-0. Für 2002 + 2003: Peter Treutel (Produktplanung), 26.09.03 +.16.06.04.
Fiat-Automobil AG, Frankfurt, 069-66988-0. Für 2002+ 2003: Rosa Salvia, 28.08.03 + 15.06.04.
Hyundai Motor Deutschland GmbH, Neckarsulm, 07132-487-0. Für 2002+ 2003: Uwe Wazal, (Kundendienstförderung), 18.09.03 + 14.06.04.
Daihatsu Deutschland GmbH, Tönisvorst, 02151-705-0. Für 2002 + 2003: R. Piotraschke e (Produktplanung/Homologation), 26.09.03 + 07.09.04.
Citroen Deutschland AG, Köln, 02203-44-0. Für 2002 + 2003: Heike Schäfer (Produktionsadministration), 12.09.03 + 10.08.04.
Chrysler (DaimlerChrysler AG) Product Management Chrysler & Jeep, Berlin, 030-2694-0. Für 2002 + 2003: Julia Weber, 20.09.03 + 10.09.04.
Volkswagen AG, Wolfsburg, 05361-9-0. Für 2002 + 2003: Dr. Michael Mrowietz (Umweltplanung Produktion/Standorte), 08.09.03 + 07.06.04.
Smart GmbH, Böblingen, 07031-90-0. Für 2002 + 2003: Markus Mainka, 29.08.03 + 16.06.04.
Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Zuffenhausen, 0711-911-0. Für 2002 + 2003: Stefan Marschall (Öffentlichkeitsarbeit), 29.08.03 + 23.06.04.
Adam Opel AG, Rüsselsheim, 06142-77-0. Für 2002: Susanne Hartmann (Produkt-Kommunikation Deutschland), 05.09.03. Für 2003: Sven Markurt (Presseabteilung), 09.07.04.
DaimlerChrysler AG, Stuttgart, 0711-17-0. Für 2002: Claudia Vogel (Environment Strategy PC & Region 3 - Japan), 01.10.03. Für 2003: Marko Borgwardt (Team Auftragsprognose GOP), 11.06.04.
Ford Werke AG, Köln, 0221-90-0. Für 2002 + 2003: Hanns-Peter Bietenbeck (Senior Engineer Environmental Regulations), 22.09.03 + 15.06.04.
BMW AG, München, 089-382-0. Für 2002 + 2003: Albrecht Jungk (Verkehr und Umwelt), 29.08.03 + 26.06.04.
AUDI AG, Ingolstadt, 0841-89-0. Für 2002 + 2003: Günther Beham (Absatzplanung), 02.09.03 + 01.06.04.

Winfried Schwarz/Jochen Harnisch: Establishing the Leakage Rates of Mobile Air Conditioners. Report on the EU Commission (DG Environment). Frankfurt/Nürnberg 2003. http://www.oekorecherche.de/english/berichte/volltext/leakage_rates.pdf.
AGRAMKOW Fluid Systems A/S, Sonderborg (Dänemark), +45 74123636. Bjarne Lund (Divisionsleiter), pers. Mitt. beim VDA-Wintermeeting in Saalfelden 2003, 14.02.03.

Lkw-Klimaanlagen (zu 2.F.1)

Kraftfahrt-Bundesamt, Statistische Mitteilungen, Reihe 3: Kraftfahrzeuge, Neuzulassungen – Besitzumschreibungen - Löschungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern, Jahresband 2002 und 2003.
VDA (Verband der Automobilindustrie), Frankfurt, Analysen zur Automobilkonjunktur 2003, Jahrespressekonferenz am 29. Januar 2004 (Tabellenteil).
DaimlerChrysler AG (Werk Wörth), 07271-71-0. Für 2002: Frank Renz, 01.10.03. Für 2003: Mattias Matejov, 14.09.04 (Modelle Actros und Atego).
DaimlerChrysler AG, Stuttgart, 0711-17-0. Für 2002: Oliver Krenz (Produktmanagement MB-Van), 19.09.03. Für 2003: Christopher Khanna, 21.07.04 (Modelle Vito und Sprinter).
Volkswagen AG, Werk Hannover, 0511-798-0. Für 2002 + 2003: Stefan Schmitz (Zentrale Absatzplanung Nutzfahrzeuge), 01.09.03 + 15.06.04 (Modelle Transporter/Caravelle, LT, Caddy).
Deutsche Renault AG, Brühl, 02232-73-0. Für 2002 + 2003: Angela Lehmann (Produktkommunikation), 23.10.03 + 08.06.04 (Modelle Master und Kangoo).

Busklimaanlagen (zu 2.F.1)

Kraftfahrt-Bundesamt, Statistische Mitteilungen, Reihe 3: Kraftfahrzeuge, Neuzulassungen – Besitzumschreibungen - Löschungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern, Jahresband 2002 und 2003.
VDA (Verband der Automobilindustrie), Frankfurt, Analysen zur Automobilkonjunktur 2003, Jahrespressekonferenz am 29. Januar 2004 (Tabellenteil).
EvoBus GmbH, Ulm, 0731-181-0.
Für 2002: Sonja Waldenspul, (Vertrieb), 24.09.03.
NEOPLAN Bus GmbH, Stuttgart, 0711-7835-0. Für 2002 + 2003: Dr. Jörg Kirsamer (Leiter Kompetenzcenter HLK NEOMAN), 23.09.03 + 17.09.04.

Landmaschinen-Klimaanlagen (zu 2.F.1)

Kraftfahrt-Bundesamt, Statistische Mitteilungen, Reihe 3: Kraftfahrzeuge, Neuzulassungen – Besitzumschreibungen - Löschungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern, Jahresband 2002 und 2003.
CLAAS KGaA mbH, Harsewinkel, 05247-12-0.
Für 2002 (Mähdrescher und Feldhäcksler): Heinrich Sternberg (Technischer Kundendienst), 23./24.09.03.
John Deere, Werke Mannheim, 0621-829-02.
Für 2002 + 2003 (Ackerschlepper, Mähdrescher und Feldhäcksler): Dr. Neumann (Pressesprecher), 24.09.03 + 17.09.04.
AGCO GmbH & Co. OHG, Marktoberdorf, 08342-77-0
Für 2002 + 2003 (Ackerschlepper): Hr. Schmid (Kundendienst), 23.09.03+ 17.09.04.
SAME Deutz-Fahr Deutschland GmbH, Lauingen, 09072-997-0.
Für 2002 (Ackerschlepper und Mähdrescher): Hr. Graf (Konstruktion), 06.11.03. Für 2004: Hr. Leopold, 20.09.04.
VDMA, Fachverband Landtechnik, Frankfurt, 069-6603-1298. Gerd Wiesendorfer, 06.11.03.

Franz Hensen: http://home.t-online.de/home/hensen/#markt
VDMA, Fachverband Landtechnik, Frankfurt. Wirtschaftsbericht 2003.
http://www.vdma.org/vdma_root/www_lav_vdma_de/

Schiffsklimaanlagen (zu 2.F.1)

Wasser- und Schifffahrts-Direktion (WSD) Südwest, Mainz, 06131-979-0.
Für 2002+2003: Andrea Hauf (Zentrale Binnenschiffsbestandsdatei), 18.11.03 + 15.09.04.
Statistisches Bundesamt, Wiesbaden, 0611-75-1: Für 2002: Hr. Kober, 07.10.03.
Verband Deutscher Reeder e.V. (VDR), Hamburg www.reederverband.de 040-35097-0.
Für 2002+2003: Bernd Titel (Statistik), 06.10.03 + 07.09.04.
Reederei Peter Deilmann, Neustadt in Holstein www.deilmann-kreuzfahrten.de 04561-396-0.
Für 2002+2003: Frau Polanski, 07.10.03.
http://www.deutschemarine.de/80256B100061BA9B/vwContentFrame/N256DM2T116MMISDE
http://www.blohmvoss.com/d/prod/frigate_f124.html
Noske-Kaeser GmbH, Hamburg, 040-8544-0.
Für 2002+2003: Volker Behrens, 23.09.03.
York Industriekälte GmbH & Co. KG, Marine, Hamburg, 040-670511-0.
Hr. Höft, 29.09.03.
Verband für Schiffbau und Meerestechnik e.V. (VSM) www.vsm.de Hamburg, 040-280152-0.
VSM-Jahresberichte 2002 + 2003. Sie sind von www.vsm.de herunter zu laden.
Jos. L. Meyer GmbH www.meyerwerft.de, Papenburg, 04961-81-0.
Peter Hackmann (Leiter Öffentlichkeitsarbeit), 28.11.03. Einzelheiten zu großen Passagierschiffen von dieser Werft auf der Homepage.

Schienenfahrzeugklimaanlagen (zu 2.F.1)

Deutsche Bahn AG, Hauptverwaltung Frankfurt, 069-265-0.
Für 2002: Klaus Reum (UB Personenverkehr – Zentrale Halteraufgaben, Betriebssicherheit Regio-Wagenzüge), 26.09.03. Für 2003: Geschäftsberichte DB Fernverkehr AG, DB Regio AG, Broschüre Daten & Fakten 2003.
Connex Verkehr GmbH, Berlin, Für 2002+2003: Hr. Schulze, 08.09.04.
Dr. Ulrich Adolph (Entwicklungsberater Kälte- und Klimatechnik) Leipzig, pers. Mitt. Bonn (DKV-Tagung) 21.11.03.
Konvekta AG, Schwalmstadt,06691-76- 0. Michael Sonnekalb, pers. Mitt. bei der DKV-Tg. 2003 in Bonn, 21.11.03.

Hartschaum (2.F.2)

Sonstiger PU-Hartschaum (zu 2.F.2)

Thyssen Bausysteme GmbH, Werk Hof, 09281-7283-0.
Für 2002+2003: Peter Schaffiner, 22.9.03 + 14.09.04.
Solvay Fluor GmbH, Hannover, 0511-857-0.
Für 2002: Dr. Lothar Zipfel (Manager Foam Blowing Agents), 24.09.03. Für 2003: Dr. Ewald Preisegger, 03.09.04.

Integralschaum (zu 2.F.2)

Elastogran GmbH, Lemförde, 05443-12-0.
Für 2002+2003: Karl-Wilhelm-Kroesen (Ökologie und Produktsicherheit), 23.09.03 + 14.09.04.

Für 2002: Dr. Lothar Zipfel (Manager Foam Blowing Agents), 24.09.03. Für 2003: Dr. Ewald Preisegger, 03.09.04.

Montageschaum (zu 2.F.2)

Für 2002+2003: Ad. K. van der Rhee, Autra Den Braven Aerosol GmbH + Co KG, Reichenberg-Albertshausen, 09366-9071-0, und Peter Geboes (Soudal NV, Turnhout, 0032-12-42 42 31), Schreiben 22.09.03.
Polypag AG, Appenzell, Achim Niemeyer (Managing Director) +41-71 757 6411, 21.09.04.

XPS-Dämmschaum (zu 2.F.2)

FPX: Fachvereinigung Polystyrol-Extruderschaumstoff e.V. (deutsche Sektion der europäischen EXIBA (European Extruded Polystyrene Insulation Board Association) info@fpx-daemmstoffe.de , Frankfurt, 069-424901, Für 2002: Otmar Jochum, 23.09.03.
GEFINEX-JACKON GmbH, Mechau, 039036-960-0. Dr. Mark Plate, 19.02.03.
GDI: Gesamtverband Dämmstoffindustrie, GDI-Baumarktstatistik (Angaben in 1.000 m^3 , Frankfurt am Main, 01.04.2003.
Cefic European Chemical Industry Council, APME Association of Plastics Manufacturers in Europe. Carol Banner, 20.09.04.

Feuerlöschmittel (2.F.3)

Kidde Deugra Brandschutzsysteme GmbH, Ratingen, 02102-405-0.
Für 2002+2003: Peter Clauss, 23.09.03 + 27.10.04.
Amtliche Prüfstelle für Feuerlöschmittel und – gerät bei der Materialprüfungsanstalt für das Bauwesen Dresden, Außenstelle Freiberg, 03731-34850, Für 2002 + 2003: Mitt. an das Umweltbundesamt, 02.07.03 + 21.01.04.

Aerosole/MDI (2.F.4)

Dosieraerosole (MDI) (zu 2.F.4)

Arbeitskreis Pulverinhalation (API), Für 2002 + 2003: pers. Mitt. der darin vertretenen Pharmaunternehmen (GlaxoSmithKline, AstraZeneca u.a.) an ÖR, 16.09.03 + 20.04.04.
Boehringer-Ingelheim Pharma KG, Ingelheim, 06132-77-0.
Dr. Michael Köhler, Mitt. an ÖR, 30.09.03 + 01.10.04.

Allgemeine Aerosole (zu 2.F.4)

Industriegemeinschaft Aerosole e.V. im VCI, Frankfurt am Main, Matthias Ibel, Schreiben an ÖR, 04.03.03, 01.07.03. Mitt. 10.06.05.
IG-Sprühtechnik, Wehr, Klaus Broecker, Mitt. an ÖR, 02.07.03 + 14.09.04.
Tunap Deutschland, Wolfratshausen, Lothar Stockert, Mitt. und Schreiben an ÖR 01.07.03

Novelties (zu 2.F.4)

Industriegemeinschaft Aerosole e.V. im VCI, Frankfurt am Main, Matthias Ibel, Schreiben an ÖR, 04.03.03, 01.07.03. Mitt. 10.06.05.

WECO Pyrotechnische Fabrik GmbH, Eitorf/Sieg, 02243-833-0, www.weco-pyro.de,
Erwin Lohmann, Mitt. an ÖR, 15.07.03.

Lösemittel (2.F.5)

Biesterfeld Chemiedistribution GmbH & Co. KG, Hamburg, 040-32208-0.
Für 2002+2003: K. Burmester (Marketing und Beschaffung), 04.12.03 + 29.04.04.
DuPont de Nemours International S.A., Geneva, Switzerland.
Alexandre Petit-Pierre (Manager Europe/MEA Fluorochemicals Specialties), Mitteilung an das Umweltbundesamt Berlin, 30.09.03.

Produktion von HFKW 134a, 227ea, SF_6 (2.E.2)
Nebenproduktemissionen von HFKW-23 (2.E.2)

Solvay Fluor und Derivate GmbH, Hannover, Dr. Ewald Preisegger, Vertrauliche Mitteilung an ÖR über "Produktion in Deutschland, produktionsbedingte Emissionen und Exportmengen für HFKW und SF_6 von Solvay Fluor und Derivate GmbH (in t)", 16.10.03.
Mitteilung "Produktion in Deutschland und produktionsbedingte Emissionen für HFKW und SF_6 (in t)", 28.10.04.

Betriebsmittel zur Elektrizitätsübertragung (2.F.7)

Jährliche Meldung der Monitoring-Daten an BMU und UBA durch den Fachverband Schaltgeräte, Schaltanlagen und Industriesteuerungen im ZVEI - aufgrund der 1997 abgeschlossenen Selbstverpflichtungs-Erklärung zu SF_6 in elektrischen Schaltgeräten und –anlagen durch die Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e.V. und den Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt 2003 und 2004.

Schallschutzscheiben (zu 2.F.8)

Messer Griesheim GmbH (jetzt Air Liquide Deutschland GmbH), Krefeld, 02151-379-0.
Für 2002: Lutz Thiedecke (Vertriebskanäle/Marketing Deutschland), Mitt. an ÖR 22.09.03.
Für 2003: Lutz Thiedecke (Business Manager Helium, Fluorine and Rare Gases), Mitt. an ÖR, 26.08.04.
Air Products GmbH, Hattingen, 02324-689-0.
Für 2002: Kai Schwarz, Mitt. an ÖR, 22.09.03 + 08.09.04.
Linde AG, Höllriegelskreuth, 089-7446-0.
Für 2002: Dr. Hans-Jürgen Diehl (Zentraler Vertrieb Spezialgase), Mitt. an ÖR, 17.09.03 + 13.09.04.
Air Liquide GmbH, Düsseldorf, 0211-6699-0.
Für 2002: Stefan König, Mitt. an ÖR, 16.07.03.

Autoreifen (zu 2.F.8)

Messer Griesheim GmbH (jetzt Air Liquide Deutschland GmbH), Krefeld, 02151-379-0.
Für 2002: Lutz Thiedecke (Vertriebskanäle/Marketing Deutschland), Mitt. an ÖR 22.09.03.
Für 2003: Lutz Thiedecke (Business Manager Helium, Fluorine and Rare Gases), Mitt. an ÖR, 26.08.04.
Air Products GmbH, Hattingen, 02324-689-0.
Für 2002: Kai Schwarz, Mitt. an ÖR, 22.09.03 + 08.09.04.

Linde AG, Höllriegelskreuth, 089-7446-0.
Für 2002: Dr. Hans-Jürgen Diehl (Zentraler Vertrieb Spezialgase), Mitt. an ÖR, 17.09.03 + 13.09.04.

Magnesium-Guss (zu 2.C)

Schweizer & Weichand GmbH, Murrhardt, 07192-212-0.
Für 2002 + 2003: Klaus Horny, 10.09.03 + 20.09.04.
Honsel-Alumetall GmbH, Nürnberg, 0911-4150-0.
Für 2002 + 2003: Hr. Dötsch (Einkauf), 08.09.03 + 13.09.04.
Dietz-Metall GmbH & Co. KG, Unterensingen, 07022-6098-0.
Für 2002 + 2003: Rudolf Schmidt (Instandhaltung) 10.09.03 + 22.09.04
AMZ-Weißensee Präzisionsguss, Berlin, 030-92092138.
Für 2002: Hr. Dokter, 10.09.03. Für 2003: Hr. Rossbacher, 01.09.04.
Metallgießerei Wilhelm Funke, Alfeld (Leine), 05181-8459-0.
Für 2002 + 2003: Hr. Dreier (GF), 10.09.03 + 01.09.04.
Metallwerke Kloß Maulbronn GmbH, Maulbronn, 07043-13-0.
Für 2002 + 2003: Winfried Reiling (UWS), 09.09.03 + 23.09.04.
Kolbenschmidt-Pierburg AG, Nettetal, 02153-124-1.
Für 2002 + 2003: Wilhelm Extra (Leiter Vorfertigung), 09.09.03 + 14.09.04.
Takata-Petri AG, Aschaffenburg, 06021-65-0.
Für 2002: Ullrich Geis (Mg.Gießerei), 16.09.03. Für 2003: Hakan Ueccesmeler (Safety & Environment), 06.09.04.
Volkswagen AG, Werk Kassel, Baunatal, 0561-490-0.
Für 2002 + 2003: Helmar Pflock (UWS), 16.09.03 + 20.09.04.
TRW Automotive GmbH, Aschaffenburg, 06021-314-0.
Für 2002 + 2003: Reinhold Köhler (AS/UWS), 09.09.03 13.09.04.
Dynacast Deutschland GmbH, Bräunlingen, 0771-9208-0.
Für 2002 + 2003: Sigmund Holzer (Einkauf), 11.09.03 + 01.09.04.
Druckguss Heidenau GmbH, Dohna, 03529-588-0.
Für 2002 + 2003: Niehoff (Einkauf), 09.09.03 + 01.09.04.
HDO-Druckguss- und Oberflächentechnik GmbH, Paderborn, 05251-704-0.
Für 2002 + 2003: Ferdinand Brakhane (Sicherheit/Umwelt), 12.09.03 + 14.09.04.

Spurengas (zu 2.F.8)

FZ Jülich, Abteilung Sicherheit und Strahlenschutz, 02461-61-0.
Für 2002 + 2003: Hr. Möllmann, 24.09.03.

Aluminium-Reinigung (zu 2.C)

Linde AG, Höllriegelskreuth, 089-7446-0.
Für 2002: Dr. Hans-Jürgen Diehl (Zentraler Vertrieb Spezialgase), Mitt. an ÖR, 17.09.03 + 13.09.04.
Westfalen AG, Münster, 0251-695-0.
Für 2003: Hr. Kohnert (Sondergase), 22.09.03.
Aluminium Rheinfelden GmbH, Rheinfelden (Baden) 07623 93-0.
Für 2003: Hr. W. Glück (Umweltbeauftragter), 14.10.03.

Flugzeug-Radar (zu 2.F.8)

NATO Fliegerhorst AWACS, Geilenkirchen, 02451-63-0.
Für 2003: Hr. Drieling (Radar Shop), 24.09.03; 08.01.04.
EADS (European Aeronautic Defence and Space) Deutschland GmbH, Manching, 08459-81-01. Für 2003: Dietmar Berszik, 23.09.03.
Linde AG, Höllriegelskreuth, 089-7446-0.
Für 2002: Dr. Hans-Jürgen Diehl (Zentraler Vertrieb Spezialgase), Mitt. an ÖR, 17.09.03 + 13.09.04.

Sportschuhsohlen (zu 2.F.8)

SF_6 in sport shoes, Ch. 4.3, in: Costs and the impact on emissions of potential regulatory framework for reducing emissions of hydrofluorocarbons, perfluorocarbons and sulphur hexafluoride (final report). Prepared on behalf of the European Commission (DG ENV), by J. Harnisch (Ecofys) & W. Schwarz (Öko-Recherche), February 4, 2003, p. 22-23. http://www.oekorecherche.de/english/berichte/volltext/ecofys_oekorecherchestudy.pdf.
BMU (Rolf Engelhardt), Vertrauliche Mitteilung über den Einsatz von SF_6 und PFC-218 in Sportschuhsohlen, 29.09.2004.

Teilchenbeschleuniger (zu 2.F.8)

Öko-Recherche-Vollerhebung zu Teilchenbeschleunigern Anfang 2004, in: Winfried Schwarz: Emissionen, Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren von fluorierten Treibhausgasen (F-Gasen) in Deutschland für die Jahre 1995-2002. Anpassung an die Anforderungen der internationalen Berichterstattung und Implementierung der Daten in das zentrale System Emissionen (ZSE), im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, Juni 2005, UBA-Texte 14/05, S. 254-261. http://www.umweltbundesamt.org/fpdf-l/2902.pdf

Starkstromkondensatoren (zu 2.F.8)

Mitteilung des ZVEI, Fachbereich Schaltgeräte, Schaltanlagen, Industriesteuerungen, an ÖR, Frankfurt am Main, 25.05.04.

Optische Glasfasern (zu 2.F.8)

Messer Griesheim GmbH (jetzt Air Liquide Deutschland GmbH), Krefeld, 02151-379-0.
Für 2002: Lutz Thiedecke (Vertriebskanäle/Marketing Deutschland), Mitt. an ÖR 22.09.03.
Für 2003: Lutz Thiedecke (Business Manager Helium, Fluorine and Rare Gases), Mitt. an ÖR, 26.08.04.
Air Products GmbH, Hattingen, 02324-689-0.
Für 2002: Kai Schwarz, Mitt. an ÖR, 22.09.03 + 08.09.04.
Linde AG, Höllriegelskreuth, 089-7446-0.
Für 2002: Dr. Hans-Jürgen Diehl (Zentraler Vertrieb Spezialgase), Mitt. an ÖR, 17.09.03 + 13.09.04.
Air Liquide GmbH, Düsseldorf, 0211-6699-0.
Für 2002: Hr. König, Mitt. an ÖR, 16.07.03.

Leiterplattenfertigung (zu 2.F.6)

plasonic Oberflächen GmbH, Gerlingen, 07156-9439-0.
Hr. Marek (Geschäftsführer), 25.09.03.
Linde AG, Werksgruppe Technische Gase, Unterschleißheim, 089-31001-0.
Ralf Hollenbach (Anwendungstechnik Elektronikgase), 22.09.03.

Halbleiterindustrie (2.F.6)

ZVEI, Fachverband Bauelemente der Elektronik: Freiwillige Meldung der PFC-Emissionen der Deutschen Halbleiterindustrie für 1995 – 2002, bzw. 1995 - 2003 an BMU und UBA, 22.05.2003 + 28.05.04.

Aluminiumproduktion (zu 2.C)

Fachverband Primäraluminium: Monitoringberichte über die Fortschritte bei der Reduktion der CF_4/C_2F_6 Emissionen der deutschen Primäraluminiumindustrie für das Jahr 2002 bzw. das Jahr 2003, Berlin, 18.08.03 + 07.09.04.

Zweites Kapitel. Emissionsprognosen für die Jahre 2010 und 2020

Nachfolgend werden Emissionsprognosen für 2010 und 2020 nach vier Szenarien aufgestellt. Abschnitt I charakterisiert die Szenarien selbst und kommentiert kurz die entsprechenden Emissionen. Im Anschluss daran (Abschnitt II) werden in drei Unterabschnitten (1.-3.) für jede der drei Stoffgruppen HFKW, FKW und SF_6 sowohl die detaillierten Emissionswerte nach den vier Szenarien für 2010 und 2020 in den Tabellen 10-15 präsentiert (in metrischer Masse und in t CO_2-Äquivalente) als auch Sektor für Sektor die Annahmen, die ihnen zugrunde liegen, beschrieben.

Wie im Abschnitt I in den Tabellen 3-9, sind im Abschnitt II in den Tabellen 10-15 aus Gründen der Übersichtlichkeit die Emissionen der drei Stoffgruppen nur nach ausreichend großen Sektoren bzw. Quellgruppen gegliedert. Darum folgt danach in Abschnitt III ein Datenanhang mit tiefer Staffelung der historischen und der vorhergesagten Emissionen. Da sich darunter auch vertrauliche Angaben befinden, ist in wenigen Fällen keine vollständige Wiedergabe aller Einzelemissionen möglich.

I. Emissionsprognosen 2010 und 2020 nach vier Szenarien

In Tabelle 9 sind die Emissionsprognosen für 2010 und 2020 nach ihren vier zugrunde liegende Szenarien zusammengefasst dargestellt.

Tab. 9 Emissionsprognosen HFKW, FKW und SF_6 (in Mio. t CO_2-Äquivalente)

	Aus-gangs-Werte	I. Ohne Maßnahmen ab 1999		II. Mit Maßnahmen bis 2003		III. EU Gesetze 2007		IV. Mit weiteren Maßnahmen	
	1995	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**
HFKW	6,479	18,513	20,480	13,908	15,437	10,992	9,626	9,419	5,869
FKW	1,750	1,720	2,786	0,652	0,631	0,634	0,610	0,551	0,519
SF_6	7,235	7,875	10,556	5,438	7,514	4,418	6,045	3,169	4,579
Gesamt	**15,464**	**28,108**	**33,822**	**19,998**	**23,582**	**16,045**	**16,281**	**13,139**	**10,967**

Quellen: Sektorspezifische Daten in Abschnitt II dieses Kapitels.

1. Szenario I "Ohne Maßnahmen ab 1999"

Das erste Szenario ist eine "without measures projection", das die zwischen 1995 und 1998 sich abzeichnenden Trends ungebrochen in die Jahre 2010 und 2020 fortschreibt. "Ohne Maßnahmen" bedeutet in Wirklichkeit "Ohne neue Maßnahmen nach 1998". Das Szenario enthält auch Maßnahmen, die zwischen 1995 und 1998 in Gang gesetzt wurden. Dennoch ist es ein "Business-as-Usual"-Szenario.

Für geschlossene Anwendungen werden die historischen Emissionsraten von 1995-1998 unverändert gelassen, danach stattgefundene Verbesserungen der Anlagendichtheit werden nicht berücksichtigt. Jedoch wird versucht, aus damaliger Sicht wahrscheinliche Zu- oder Abnahmen bei den Einsatzmengen in den einzelnen Sektoren zu antizipieren. Dieses Szenario bildet gewissermaßen den "worst case" aus der Sicht des Jahres 1998 und damit den Maßstab ("baseline" oder "reference" projection) für die drei folgenden Szenarien. Je weiter deren prognostizierte

Emissionen jenes "Ohne Maßnahmen"-Niveau unterschreiten, umso mehr Fortschritte im Klimaschutz drücken sie aus.

In diesem Szenario steigen die treibhauswirksamen F-Gas-Emissionen auf 28,1 Mio. t CO_2-Äquivalente, und anschließend bis 2020 weiter auf 33,8 Mio. t (vgl. Tab. 9). Das ist eine Verdoppelung der Ausgangs-Emissionen von 1995 (15,46 Mio. t CO_2-Äquivalente). Zwei Drittel aller Emissionen sind dann HFKW, welche die historischen FCKW und HFCKW größtenteils ersetzt haben.

Gemäß Tabelle 11 (im nächsten Abschnitt), sind im Jahr 2020 die größten HFKW-Sektoren nach ihrem Beitrag zum Treibhauseffekt wie folgt (in Klammer dahinter jeweils die entsprechenden Emissionen in Mio. t CO_2-Äquivalente):

1. Stationäre Kälte- und Klimatechnik (6,1).
2. Mobile Klimaanlagen (5,6).
3. Schaumprodukte aus XPS und PU sowie Montageschaum (4,5).
4. Produktion halogenierter Kohlenwasserstoffe (2,8).
5. Aerosole (Med. Dosieraerosole, andere Aerosole) (1,3).

Tabelle 13 (im nächsten Abschnitt) gibt die FKW-Emissionen wieder, die nach dem ersten Szenario für 2010 und 2020 eintreten würden, wenn die Nutzungstrends von 1995-1998 angehalten hätten. Hier werden nur die prognostizierten Emissionen des Jahres 2020 für die zwei größten Sektoren gezeigt.

6. Halbleiter-Industrie (1,8; zusammen mit SF_6 und HFKW-23 als Ätzgas: 2,3).
7. Aluminium-Herstellung (0,95).

Schließlich sind nach Tabelle 15 (nächster Abschnitt) die größten Emissions-Sektoren von SF_6 im Jahr 2020 die folgenden:

8. Schallschutzscheiben (4,7).
9. Magnesium-Gießen (1,7).
10. Anlagen zur Elektrizitätsübertragung und –Verteilung (1,1).
11. Aluminium-Reinigung (0,95).
12. Autoreifen (0,7).

Im ersten Szenario gehen auf jene 12 Sektoren über 96% aller treibhauswirksamen F-Gas-Emissionen zurück, die für 2020 zu befürchten wären, wenn die Nutzungstrends von 1995-1998 ungebrochen angehalten hätten und nicht an der einen oder anderen Stelle gebremst oder gar umgekehrt worden wären.

Das Szenario I "Ohne Maßnahmen ab 1999" ist dem Business-as-Usual-Szenario (BaU) aus der UBA-Studie von 1999 (Schwarz/Leisewitz 1999) vergleichbar. Diese - dort allerdings nur bis 2010 reichende - BaU-Prognose liegt mit 27,4 Mio. t CO_2-Äquivalenten durchaus im Bereich der jetzigen Prognose für 2010, die sechs Jahre danach abgegeben wird und 28,1 Mio. t voraussagt. Die Übereinstimmung im Gesamtwert täuscht jedoch über starke Unterschiede der Unter-Segmente hinweg. HFKW wurden damals um 1,5 Mio. t und FKW um 0,7 Mio. t höher prognostiziert, SF_6 dagegen um 2,8 Mio. t niedriger. Die Ursache für die Abweichungen liegt erstens darin, dass das alte BaU-Szenario nur Trends von 1995 bis 1997 extrapoliert, während jetzt mit 1998 ein weiteres empirisches Basisjahr dazugekommen ist. Zweitens, und entscheidender, liegt es an umfangreichen Neuberechnungen der vor

1998 tatsächlich vorhandenen Emissionen und Verbräuche, die im Rahmen der erwähnten Studie für das Umweltbundesamt 2003 und 2004 durchgeführt wurden (UBA-Text 14/05). Dabei wurden vor allem im Bereich der Nutzung von SF_6 bislang unterzeichnete Einsatzmengen (Aluminium- und Magnesiumindustrie, Herstellung elektrischer Bauelemente, Flugzeugradar, Schallschutzscheiben) rückwirkend nach oben korrigiert, während PFC-Emissionen infolge der 1998 einsetzenden Emissionsminderung der Halbleiterindustrie niedriger bewertet wurden. im HFKW-Sektor mussten aufgrund neuer Erkenntnisse die stark treibhauswirksamen HFKW-23-Nebenprodukt-Emissionen rückwirkend höher angesetzt werden.

Szenario II "Mit Maßnahmen bis 2003"

Das zweite Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003" ("with measures projection") basiert auf den vor dem Jahr 2004 bereits umgesetzten Maßnahmen. Es sieht bis 2010 bzw. 2020 von jeder Politik und Maßnahme ab, die erst nach 2003 durchgeführt wurde oder wird, trägt aber Anstrengungen zur Emissionsminderung seit 1999 Rechnung. Es besteht im Kern darin, die heute, d.h. 2003, vorhandenen, gegenüber Szenario I in manchen Fällen (etwa im Bereich der Polyurethan- und XPS-Schaumherstellung) deutlich reduzierten Verbrauchs- und Emissionstrends in die Zukunft fortzuschreiben.

In der Tat wurden in den fünf Jahren nach dem für das erste Szenario maßgeblichen Zeitraum 1995-1998 mehrere Maßnahmen durchgesetzt, die ein weit langsameres Wachstum der klimawirksamen Gesamtemissionen als nach Szenario I erwarten lassen. Hauptgrund für Reduktionsmaßnahmen war sicher die Hereinnahme der drei F-Gas-Gruppen in das Kyoto-Protokoll im Dezember 1997, und damit die erhöhte öffentliche Aufmerksamkeit. Allenthalben wurden die Risiken und Vorteile der F-Gase und ihrer möglichen Alternativen diskutiert, besonders dort, wo F-Gase in stark emissiven Anwendungen eingesetzt wurden wie Autoreifen, Schallschutzscheiben, Magnesium-Gießereien, PU-Schaumherstellung einschl. Montageschaum, Aerosole, Halbleiterindustrie, sowie Herstellung elektrischer Schaltanlagen. Zu diesen Sektoren kamen diejenigen hinzu, in denen F-Gase als unbeabsichtigte Nebenprodukte emittieren: Aluminium-Produktion und Produktion des HFCKW-22.

Das Emissionsbild des zweiten Szenarios zeigt, dass in jüngerer Vergangenheit erhebliche umweltpolitische Anstrengungen gemacht wurden. Gegenüber keinen weiteren Maßnahmen (Szenario I), fallen die Emissionen in 2010 um etwa 8 Mio. t CO_2-Äquivalente, in 2020 sogar um 10 Mio. t niedriger aus (23,6 gegenüber 33,8 Mio. t.), was einer Reduktion um 30% gegenüber jenem "worst-case" bedeutet.

Die wichtigsten Emissionsrückgänge für 2020 im Vergleich zu den entsprechenden Werten des ersten Szenarios finden in den Sektoren statt, die nachfolgend aufgelistet werden. In Klammern und mit negativem Vorzeichen jeweils der relative Emissionsrückgang gegenüber dem ersten Szenario in Mio. t CO_2-Äquivalente – alles wiederum nach den Tabellen 11, 13 und 15 im nächsten Abschnitt:

1. HFKW-23 als Nebenprodukt-Emissionen (- 2,3).
2. Halbleiter-Industrie mit sämtlichen verwendeten F-Gasen (- 2,1).
3. Schäume (XPS, PU-Hartschaum, Montageschaum) mit HFKW-Treibmitteln (- 1,9).
4. Schallschutzscheiben (- 0,9).
5. Autoreifen (- 0,65).
6. Aluminium-Produktion (- 0,55).

7. Anlagen zur Elektrizitätsübertragung und –Verteilung (- 0,42).
8. Industriekälte (- 0,4).
9. Magnesium-Gießen (- 0,4).
10. Dosieraerosole (- 0,35).

An dem deutlich verringerten Emissionsanstieg sind alle Stoffgruppen beteiligt. Die zehn Sektoren machen in 2020 zusammen einen Emissionsrückgang um 10 Mio. t CO_2-Äquivalente aus. Trotzdem werden die 1995er Ausgangswerte infolge des starken Emissionsanstiegs bei den HFKW noch deutlich übertroffen. Triebkräfte des HFKW-Anstiegs sind vor allem die stationären Kälte- und die mobilen Klimaanlagen. Nach metrischer Tonnage findet in der stationären Kälte fast eine 1-zu-1 Substitution bisheriger FCKW-/HFCKW-Kältemittel statt, bei mobilen Klimaanlagen geht die Umstellung quantitativ sogar um ein Mehrfaches über das alte FCKW-Niveau hinaus.

Szenario III "EU-Gesetzgebung 2007"

Das dritte Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" gründet auf der Umsetzung der zur Zeit (Oktober 2005) im abschließenden politischen Prozess befindlichen EU-Verordnung über Emissionsbegrenzung und Einsatzverbot bestimmter fluorierter Treibhausgase sowie der EU-Richtlinie über den Ausstieg aus HFKW-134a aus Kfz-Klimaanlagen. Diese Prognose ("with measures projection") dient dazu, die Auswirkungen jener für fluorierte Treibhausgase zweifellos wichtigsten politischen Maßnahme dieses Jahrzehnts auf die Emissionsentwicklung abzuschätzen.

Tabelle 9 zeigt, dass dank der EU-Gesetze in 2010 fast 4 Mio. t CO_2-Äquivalente weniger emittieren, als wenn nur die bis 2003 umgesetzten Maßnahmen nach Szenario II bestehen blieben. Im Jahr 2020 beträgt die Minderung schon über 7 Mio. t CO_2-Äquivalente oder 30%: statt 23,6 Mio. CO_2-Äquivalente nur 16,3 Mio. t.

Die Reduktionswirkung der EU-Gesetzgebung zeigt sich kaum bei FKW und ist nicht sehr groß bei SF_6. Die einzige Ausnahme ist der Magnesium-Guss, wo das Verbot von SF_6 als Schutzgas in großen Gießereien die Emissionen um 1 Mio. t CO_2-Äquivalente absenken wird. Es sind vor allem die HFKW, die gegenüber dem Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003" bis 2020 einen Rückgang um fast 6 Mio. t CO_2-Äquivalente (etwa 37%) aufweisen mit 9,6 statt 15,4 Mio. t. Die wichtigsten Sektoren im Sinne ihres Reduktionspotentials im Jahr 2020 sind in der nachstehenden Reihenfolge (in Klammern wieder die mögliche Emissionsersparnis in Mio. t CO_2-Äquivalente nach den Tabellen 11, 13 und 15 im nächsten Abschnitt).

1. Mobile Klimaanlagen, bei denen vor allem CO_2 den verbotenen HFKW-134a als Kältemittel ersetzt (- 2,8).
2. Stationäre Kälte- und Klimaanlagen, wo regelmäßige Wartungspflicht und Leckage-Kontrolle die Emissionen während der Nutzphase deutlich senken (- 2,0).
3. Montageschaum in Dosen, wo natürliche Treibmittel die HFKW ersetzen (- 0,6).

Szenario IV "Mit weiteren Maßnahmen"

Das vierte Szenario heißt "Mit weiteren Maßnahmen". Denn es stellt ein neues Minderungsszenario dar auf Basis von über die bisher geplante EU-Gesetzgebung hinausgehenden zusätzlichen Maßnahmen, die für mittel- bis langfristig umsetzbar

gelten können. Tabelle 9 zeigt für das Jahr 2020 eine dadurch zusätzlich mögliche Reduktionswirkung treibhauswirksamer Emissionen von über 5 Mio. t CO_2-Äquivalente auf. Die wichtigsten Sektoren im Sinne weitergehenden Reduktionspotentials, gemessen am dritten Szenario der bevorstehenden EU-Gesetzgebung, sind die nachfolgenden. (In Klammern wieder die mögliche Emissionsersparnis in Mio. t CO_2-Äquivalente gemäß den Tabellen 11, 13 und 15 im nächsten Abschnitt.)

1. XPS Schaumherstellung nur mit natürlichen Treibmittelns statt HFKW (- 1,0).
2. Sekundär-Aluminium-Gießereien, die ganz auf SF_6 verzichten (- 1,0).
3. Stationäre Kälte- und Klimaanlagen, in denen natürliche Kältemittel eine wesentliche Rolle neben HFKW spielen (- 0,9).
4. PU-Hartschaum, wo nur noch HFKW-freie Treibmittel eingesetzt werden (- 0,6).
5. Dosieraerosole, deren Einsatz durch Pulverinhalatoren reduziert wird (- 0,3).
6. Technische Aerosole, die keine HFKW-Treibmittel mehr nutzen (- 0,2).

Anstatt 33,8 Mio. t im ersten Szenario, 23,6 Mio. t im zweiten und 16,3 Mio. t im dritten betragen nach dem letzten Szenario die treibhauswirksamen F-Gas-Emissionen nur noch knapp 11,0 Mio. t CO_2-Äquivalente.

Während infolge der EU-Gesetzgebung die Emissionen des Jahres 1995 im Jahr 2020 noch knapp überschritten werden, lägen dank weiterer Maßnahmen die Emissionen des Jahres 2020 deutlich, nämlich fast um fast 30%, unter jenen Ausgangswerten.

II. Prognosen nach Stoffgruppen und sektoralen Annahmen

Nachfolgend werden für HFKW, FKW und SF_6 jeweils die Emissionswerte (in metrischen Tonnen und Mio. t CO_2-Äquivalente) in zwei Tabellen dargestellt und die allen vier Szenarien zugrunde liegenden Annahmen Sektor für Sektor beschrieben.

1. HFKW-Emissionen 2010 und 2020

1.1 Stationäre Kälte- und Klimaanlagen

Vorbemerkung. Bei stationären wie bei mobilen Kälte- und Klimaanlagen gibt es zwischen den beiden ersten Szenarien "Ohne Maßnahmen ab 1999" und "Mit Maßnahmen bis 2003" keine Unterschiede – von der Industriekälte abgesehen. Der Grund dafür ist, dass es von 1995 bis 2003 praktisch keine Maßnahmen gab, welche den laufenden Umstieg von chlorhaltigen Kältemitteln auf HFKW beeinträchtigten. Vielmehr wurden (und werden) die alten Bestände von FCKW/HFCKW zügig durch HFKW-Kältemittel ersetzt – bei Kälteanwendungen auf gleichem und bei Klimaanwendungen auf höherem Niveau. Natürliche Kältemittel spielen trotz spektakulärer Einzelfälle erst eine untergeordnete Rolle. Der wichtige Ersatz von FCKW durch Kohlenwasserstoffe anstatt durch HFKW bei Haushaltskühlgeräten fand vor 1995 statt und geht nicht mehr in das "Ohne Maßnahmen-Szenario" ein, welches die Entwicklungen der Jahre 1995-1998 in die Zukunft verlängert.

Sektor für Sektor werden nachfolgend die Annahmen, die den Emissionsprognosen 2010/2020 zugrunde liegen, skizziert. Da die Emissionsabschätzung für Kälte- und Klimaanlagen sehr komplex ist, sei der Leser auf weitere Angaben in der Studie "Emissionen, Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren von fluorierten Treibhausgasen (F-Gasen) in Deutschland für die Jahre 1995-2002" (UBA-Text 14/05) verwiesen.

1.1.1 Industriekälte

Sowohl in den Szenarien "Ohne Maßnahmen" als auch "Mit Maßnahmen bis 2003" ist bei der Industriekälte eine Emissionsrate (ER) auf den mittleren Jahresbestand von 7% zugrunde gelegt, und bei der Entsorgung gilt eine Verlustrate von 30%. Befüllemissionen betragen 0,15% des inl. Neuverbrauchs. Die Zahlen orientieren sich am Aufbau eines Kältemittel-Zielbestands, der kein Wachstum gegenüber heute vorsieht, sondern maximal bis auf die alten FCKW/H-FCKW-Mengen ansteigt. Im, noch nicht erreichten, vollen oder finalen Stadium enthält der Bestand nur HFKW.

Nach dieser Methode erfolgt die Bestimmung des künftigen Kältemittel-Bestands auch in der Gewerbekälte (1.1.2).

Die Emissionen sind im ersten Szenario höher als im zweiten, weil es um etwa 25% höhere Anteile von HFKW-Kältemitteln im Verhältnis zu Ammoniak und CO_2 annimmt. Das zweite Szenario greift dagegen zwischen 1999 und 2003 feststellbare Trends auf, die auf stärkeren Ersatz von R-22 durch Ammoniak schließen lassen.

Tab. 10 Entwicklung der HFKW-Emissionen (in t)

Sektoren	Ausgangs-Werte	Ohne Maßnahmen ab 1999		Mit Maßnahmen bis 2003		EU Gesetzgebung 2007		Mit weiteren Maßnahmen	
	1995	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**
Stationär Kälte/Klima	73	2255	2496	2128	2368	1511	1567	1501	1194
Mobil Kälte/Klima	170	3810	4219	3810	4219	3498	2376	3475	1785
- davon nur Pkw	*133*	*3306*	*3577*	*3306*	*3577*	*3013*	*1777*	*2990*	*1391*
PU-Montageschaum	1823	1844	1844	1048	1048	52	52	0	0
PU-Schäume	0	749	1072	446	598	446	598	186	65
XPS-Schäume	0	3666	4503	2283	2810	991	829	480	23
Dosieraerosole	0	443	595	286	384	286	384	235	179
Andere Aerosole	254	275	275	275	275	172	172	2	2
Feuerlöschmittel/Sonstiges	1,1	10,3	21,0	7,9	12,7	18,6	29,8	19,7	37,5
Insgesamt (Verw. inkl. Mg)	**2319**	**13051**	**15024**	**10283**	**11715**	**6974**	**6008**	**5899**	**3258**
Sonstiges (Produktion)	360	272	272	74	74	74	68	52	46
Insgesamt	**2679**	**13323**	**15296**	**10357**	**11789**	**7048**	**6076**	**5950**	**3303**

Tab. 11 Entwicklung der HFKW-Emissionen (in Mio. t CO_2- Äquivalente)

Sektoren	Ausgangs-Werte	Ohne Maßnahmen ab 1999		Mit Maßnahmen bis 2003		EU Gesetzgebung 2007		Mit weiteren Maßnahmen	
	1995	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**
Stationär Kälte/Klima	0,169	5,684	6,062	5,288	5,666	3,704	3,683	3,681	2,748
Mobil Kälte/Klima	0,234	5,065	5,595	5,065	5,595	4,642	2,779	4,638	2,416
- davon nur Pkw	*0,172*	*4,297*	*4,650*	*4,297*	*4,850*	*3,890*	*1,862*	*3,887*	*1,808*
PU-Montageschaum	1,534	1,553	1,553	0,688	0,688	0,034	0,034	0	0
PU-Schäume	0	0,797	1,133	0,477	0,634	0,477	0,634	0,181	0,064
XPS-Schäume	0	1,438	1,798	1,028	1,287	0,900	1,077	0,236	0,030
Dosieraerosole	0	0,717	0,963	0,451	0,607	0,451	0,607	0,370	0,283
Andere Aerosole	0,318	0,339	0,339	0,339	0,339	0,212	0,212	0,003	0,003
Feuerlöschmittel/Sonstiges	0,012	0,069	0,164	0,037	0,065	0,051	0,087	0,049	0,069
Insgesamt (Verw. inkl. Mg)	**2,267**	**15,662**	**17,629**	**13,374**	**14,903**	**10,458**	**9,100**	**9,143**	**5,602**
Sonstiges (Produktion)	4,212	2,851	2,851	0,535	0,535	0,535	0,527	0,276	0,268
Insgesamt	**6,479**	**18,513**	**20,480**	**13,908**	**15,437**	**10,992**	**9,626**	**9,419**	**5,869**

Im dritten Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" wird gegenüber den beiden ersten Szenarien die geplante allgemeine Wartungspflicht (ab dem Jahr 2007) in Rechnung gestellt. Dabei sinkt die lfd. ER innerhalb von fünf Jahren von 7 auf 6% (in 2011). Die Entsorgungsverluste am Lebensende betragen ab 2007 statt 30% nur 20%. Die Befüllemissionen bleiben 0,15% des Neuverbrauchs im Inland.

Das vierte Szenario "Mit weiteren Maßnahmen“ legt das vorherige zugrunde. Zusätzlich werden Neuanlagen, die heute mit HFKW befüllt würden, ab dem Jahr 2010 in diesem Szenario zunächst mit 25%, steigend bis zum Jahr 2020 auf 50%, nur noch mit natürlichen Kältemitteln ausgestattet. Alle Emissionsfaktoren (lfd. ER, Entsorgungs-ER, Befüll-ER) bleiben wie im dritten Szenario.

1.1.2 Gewerbekälte

Die Annahmen für die ersten beiden Szenarien "Ohne Maßnahmen ab 1999" und "Mit Maßnahmen bis 2003" sind ähnlich wie bei der Industriekälte: kein Mengenwachstum und zunächst konstante ER auf den Bestand (vor Ort verlegte neue Systeme 10%, Altanlagen 15%, Verflüssigungssätze 5% und hermetische Anlagen 1,5%) und 30% Entsorgungsverlust. Als Befüllemissionen werden auch hier 0,15% des Neuverbrauchs im Inland angenommen[6].

Im Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" (Wartungspflicht für Anlagen über 3 kg) sinkt gegenüber den vorherigen Szenarien die lfd. ER bei vor Ort installierten Systemen von 10% in fünf Jahren bis auf 5% (in 2011), die von Einzelsätzen von 5% auf 3,5%. Die lfd. ER hermetischer Anlagen bleibt gleich. Der Entsorgungsverlust beträgt ab dem Jahr 2007 nur 20%. Als Befüllungsemissionen werden wiederum 0,15% des Neuverbrauchs im Inland angenommen.

Das Szenario "Mit weiteren Maßnahmen“ setzt ab dem Jahr 2010 zusätzlich auf natürliche Kältemittel in Neuanlagen. Neuanlagen, die heute mit HFKW befüllt würden, werden ab dem Jahr 2010 in diesem Szenario zunächst mit 10%, steigend bis zum Jahr 2020 auf 50%, mit natürlichen Kältemitteln ausgestattet. Ansonsten werden die Annahmen des "EU-Gesetzgebung"-Szenarios zugrunde gelegt.

1.1.3 Stationäre Klimaanlagen und Wärmepumpen

Stationäre Klimaanlagen bestehen erstens aus großen, vor Ort montierten Einheiten mit einer Kälteleistung über 1000 kW (i. d. R. Turboanlagen), aus mittelgroßen, meist Schraubenverdichteranlagen, und aus Systemen im Leistungsbereich unter 200 kW (Scroll- und Kolbenanlagen), die vorwiegend als Kaltwassersätze ausgelegt sind, und zweitens aus industriell gefertigten Raumklimageräten (Multi-Split-, Split-, Kompakt-Version), die direkt verdampfen. Anders als bei Industrie- und Gewerbekälte findet bei Klimaanlagen ein starkes Wachstum des Anlagenbestands statt. Daher nehmen alle Szenarien bei Kaltwassersätzen eine Verdopplung in den nächsten zehn Jahren und bei Raumklimageräten eine Erhöhung des Bestands um 40% bis 2010 an. Bei Wärmepumpen wird sogar eine Verdreifachung des Bestands bis 2010 unterstellt.

---

[6] Es sei hier angemerkt, dass die für die internationale Berichterstattung geforderten Befüllemissionen die Gesamtemissionen eines Sektors nur unwesentlich beeinflussen. Sie könnten auch weggelassen werden, ohne die Resultate zu verfälschen.

Aufgrund ihrer geringen spezifischen Kältemittelfüllung spielen Wärmepumpen beim HFKW-Bestand allerdings nur eine untergeordnete Rolle (ein Zehntel des HFKW-Bestands in Raumklimageräten, ein Zwanzigstel des HFKW-Bestands in stationären Flüssigkühlsätzen).

In den Szenarien "Ohne Maßnahmen ab 99" und "Mit Maßnahmen bis 2003" beträgt die ER auf den Bestand 6% bei größeren Klimaanlagen und 2,5% bei industriell gefertigten Raumklimageräten. 2,5% ist auch die lfd. ER bei Wärmepumpen. Entsorgungsverluste werden mit 30% angesetzt. Befüllungsemissionen betragen je nach Anlagengröße zwischen 0,015% und 0,15% des Neuverbrauchs im Inland.

Im dritten Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" greift die Wartungspflicht ab 2007 und resultiert bis 2011 in einer Senkung der lfd. ER von 6% auf 5% bei größeren Klimaanlagen. Bei Raumklimageräten und Wärmepumpen bleibt die ohnehin niedrige Rate gleich. Entsorgungsverluste sinken im Zuge erhöhter Sorgfalt generell auf 20% ab 2007, auch bei Raumklimageräten und Wärmepumpen.

Das Szenario „Mit weiteren Maßnahmen“ setzt wie in der Industrie- und Gewerbekälte (1.1.1 und 1.1.2) zusätzlich auf natürliche Kältemittel ab dem Jahr 2010. Der Anteil HFKW-freier Systeme steigt bis 2020 von 25% bis auf 50%.

1.2 Mobile Kälte- und Klimaanlagen

1.2.1 Pkw-Klimaanlagen

Die HFKW-Emissionen von mobilen Systemen stammen zu über 80% von Pkw. Der EU-Richtlinie über den Ausstieg aus HFKW-134a in Pkw-Klimaanlagen kommt daher eine Schlüsselrolle bei der Emissionsprognose zu. Folgende Grundannahmen liegen allen Szenarien zugrunde: Das Wachstum der Klimatisierung hält an, bis die gesamte Pkw-Flotte eine Durchdringung von 95% hat, was gegen 2017 der Fall sein dürfte. Die Kältemittel in Pkw-Klimaanlagen werden in der spezifischen Füllmenge sinken, aber im Flotten-Bestand noch mindestens zehn Jahre lang zunehmen.

In den Szenarien "Ohne Maßnahmen ab 1999" und "Mit Maßnahmen bis 2003" beträgt der Entsorgungsverlust (seit 2003 relevant) 30%, und die spezifischen Füllmengen setzen den Trend zur Verkleinerung um etwa 1% jährlich fort. Befüllemissionen werden mit 2 g pro Anlage angesetzt, was auch im dritten Szenario gilt. Die lfd. Emissionsrate auf den HFKW-Bestand beträgt 10%. Auch diese Rate bleibt in den folgenden Szenarien für HFKW-Anlagen gleich.

Das Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" nimmt einen schrittweisen Ausstieg aus HFKW-134a in neuen Anlagen ab 2008 an, der sich bis Ende 2016 hinzieht. Die Einführungsdauer ist so lange, da ein Plattformwechsel nötig ist, nicht bloß ein Modellwechsel. Gesetzlich ist zwar erst 2011 das erste Jahr, von dem an Anlagen ohne HFKW-134a bei neuen Pkw-Plattformen zwingend sind. Jedoch wird hier damit gerechnet, dass die Automobilhersteller zugunsten eines flüssigeren Übergangs, wie angekündigt, auch schon vorher umstellen. Als Kältemittel enthalten neue Anlagen, dies ist die Unterstellung, zu 80% CO_2 und zu 20% den HFKW-152a – in fixem Verhältnis. Die Entsorgungsverluste betragen nicht mehr 30%, sondern nur 20%.

Das Szenario "Mit weiteren Maßnahmen" unterscheidet sich vom vorherigen nur dadurch, dass neue Anlagen als Alternative zu HFKW-134a ausschließlich CO_2 nutzen und der HFKW-152a nicht zum Einsatz kommt.

1.2.2 Andere mobile Klimaanlagen

Die Einführung von CO_2 in Klimaanlagen anderer landgebundener Fahrzeuge wie Lkw, Busse, Landmaschinen, Schienenfahrzeuge, ist im Prinzip an die Entwicklung bei den Pkw gekoppelt. Für ihre Klimaanlagen sieht die in der Verabschiedung befindliche EU Richtlinie aber noch keinen verbindlichen Ausstieg aus HFKW-134a vor. Darum unterscheiden sich die drei Szenarien "Ohne Maßnahmen ab 99", "Mit Maßnahmen bis 2003" und "EU-Gesetzgebung 2007" grundsätzlich nicht voneinander. Nur bei der Entsorgung wird angenommen, dass sich ab 2007 der Verlust auf 20% reduziert – gegenüber 30% in den ersten zwei Szenarien.
Die lfd. ER aus dem Kältemittelbestand beträgt jeweils 15% bei mittelschweren und schweren Lkw, bei Bussen, bei Schienenfahrzeugen und bei Ackerschleppern. Mähdrescher und Feldhäcksler weisen höhere Raten von 25% auf, leichte Nutzfahrzeuge (Straße) dagegen, wie Pkw, eine niedrigere von 10%.

Befüllemissionen werden bei Bussen und Landmaschinen mit 5 Gramm pro Anlage angenommen, bei Lkw 2 Gramm pro Anlage. Bei Schienenfahrzeugen wird mit einem Anteil von 0,2% an der Füllmenge gerechnet.

Für die vier genannten Fahrzeugarten gibt es jeweils noch ein viertes Szenario "Mit weiteren Maßnahmen". Dieses nimmt an, dass beginnend mit 2013 bei neuen Anlagen bis 2017 statt HFKW-134a ausschließlich natürliche Kältemittel eingesetzt werden (CO_2, Luft). Die rechtliche Möglichkeit dafür ist in der kommenden EU-Gesetzgebung selbst angelegt, die eine Überprüfung (review) der Ausweitung des HFKW-134a-Ausstiegs auf andere mobile Klimaanlagen vorsieht. Die zeitliche Verzögerung gegenüber Pkw-Klimaanlagen wiederum ergibt sich daraus, dass der HFKW-134a-Ausstieg vorerst noch nicht für sonstige mobile Klimaanlagen gilt.

Bei Schiffen gibt es, da aufgrund der geringen Kältemittelmengen eventuelle Unterschiede im Fehlerbereich untergehen würden, keine differenzierte Betrachtung in den vier Emissionsszenarien. Die lfd. ER beträgt 5%, die Befüllungs-ER 1%.

1.2.3 Kühlfahrzeuge

Folgende Grundannahme liegt den Szenarien zugrunde: Bei Kühlfahrzeugen wird ein weiteres Wachstum der Kältemittelbestände angenommen, aber (mit 1,25 v. H. jährlich) nicht mehr so dynamisch wie in den Jahren bis 2003.

"Ohne Maßnahmen ab 99" und "Mit Maßnahmen bis 2003": Die lfd. ER auf die Kältemittelbestände in den Kühlaggregaten beträgt 15%, der Entsorgungsverlust ist einmalig 30%. Befüllverluste betragen 5 Gramm pro inländisch befüllter Anlage.

Szenario "EU-Gesetzgebung 2007": Keine Änderungen gegenüber vorherigen Szenarien. Lediglich der Entsorgungsverlust sinkt ab 2007 von 30% auf 20%.

Das Szenario "Mit weiteren Maßnahmen" nimmt darüber hinaus an, dass die in der kommenden EU-Gesetzgebung vorgesehene Überprüfung (review) der möglichen Einbeziehung der Transportkälte in die Wartungspflicht verwirklicht wird, und zwar schrittweise von 2013 bis 2017. Damit sinken die lfd. Emissionen im gleichen Zeitraum von 15% auf 10%. Die Entsorgungsverluste bleiben 20%.

1.2.4 Kühlcontainer

Folgende Grundannahme liegt den Szenarien zugrunde: Die weltweiten Emissionen werden zu 10% Deutschland zugerechnet.

"Ohne Maßnahmen ab 1999" und "Mit Maßnahmen bis 2003": Die lfd. ER wird mit 10% und der Entsorgungsverlust mit 30% angenommen.

"EU-Gesetzgebung 2007": Keine Änderungen gegenüber den vorherigen Szenarien. Lediglich der Entsorgungsverlust sinkt ab 2007 von 30% auf 20%.

Szenario "Mit weiteren Maßnahmen" wie bei Kühlfahrzeugen (Wartungspflicht ab 2013). Die lfd. ER sinkt infolgedessen um 5% bis 2017: von 10% auf 5%.

1.3 Sonstige HFKW-Anwendungen

1.3.1 Asthmasprays

Folgende Grundannahmen liegen den Szenarien zugrunde: Das Marktwachstum beträgt dauerhaft 3% jährlich. Die Emissionen hängen davon ab, wie hoch jeweils der Anteil der Pulverinhalatoren ist.

Im Szenario "Ohne Maßnahmen ab 99" bleibt es bei der 1998er Aufteilung des Marktes in 75% Sprays (FCKW/HFKW) und 25% Pulverinhalatoren.

Dagegen schreibt das Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003" den mittlerweile auf 45% gestiegenen Pulveranteil fest, so dass auf Sprays nur 55% des Marktes kommen.

Die "EU-Gesetzgebung 2007" berührt die medizinischen Aerosole nicht. Darum besteht kein Unterschied zum zweiten Szenario.

Das Szenario "Mit weiteren Maßnahmen" sieht vor, dass der Pulveranteil bis zum Jahr 2010 auf 55% und bis zum Jahr 2020 auf 75% ansteigt.

1.3.2 Allgemeine Sprays und Lösemittel

"Allgemeine Sprays" umfassen technische Sprays (v. a. Druckluft- und Kältesprays), Haushalts-Sprays (v. a. Abflussreiniger) und "Novelties" (z. B. Party- und Luftschlangen-Sprays). In sehr geringem Umfang kommt in technischen Sprays auch der HFKW-43-10mee als Lösemittel vor, der sonst in – ebenfalls begrenzter Menge (2.BImSchV!) – zur industriellen Feinreinigung empfindlicher Oberflächen genutzt

wird. Wegen ihrer geringen Marktbedeutung und aus Gründen der Vertraulichkeit werden HFKW-Lösemittel unter "Allgemeinen Sprays" mitgeführt.

Sowohl im Szenario "Ohne Maßnahmen ab 99" als auch im Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003" bleibt es dauerhaft bei den Mengen, die sich zwischen 1995 bis 2003 als recht stabil erwiesen haben: Es wurden in diesem Zeitraum jährlich etwas über 160 t HFKW (hauptsächlich 134a) in Technik- und Haushalts-Sprays (einschl. geringer Mengen Lösemittel) und weitere 100 t in "Novelties" eingesetzt. Im Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" gibt es ab 2009 (zwei Jahre nach Inkrafttreten der Verordnung) keine HFKW mehr für "Novelties".

Nach "Mit weiteren Maßnahmen" werden spätestens ab dem Jahr 2010 auch keine HFKW mehr in allgemeinen Aerosolen eingesetzt – bis auf winzige Restbestände.

1.3.3 Feuerlöschmittel

In den beiden ersten Szenarien "Ohne Maßnahmen ab 99" und "Mit Maßnahmen bis 2003" wird außer HFKW-227ea auch HFKW-23 und HFKW-236fa eingesetzt (ER 1%, 2% und 5%). Das Wachstum im Bestand beträgt bis 2018 etwa 8% jährlich, um die bestehenden Halone zu ersetzen – durch 50 t jährlichen Neuzugang von HFKW-227ea und zu geringerem, aber steigendem Teil von HFKW-23 mit 5 t (2010) bzw. 10 t jährlich (2020). Das Löschmittel HFKW-236fa ist auf militärische Nutzung beschränkt. Entsorgungsverluste betragen 2% bei HFKW-227ea und 5% bei HFKW-23 und HFKW-236fa. Befüllemissonen liegen bei 0,1%.

"EU-Gesetzgebung 2007": keine Änderung gegenüber Szenario I und II.

Das vierte Szenario "Mit weiteren Maßnahmen" unterscheidet sich von den vorherigen dadurch, dass es zu keiner Nutzung der Zulassung von HFKW-23 kommt.

1.3.4 Halbleiter

Von den HFKW wird hier nur der HFKW-23 (CHF_3) eingesetzt. Im Szenario "Ohne Maßnahmen ab 99" wird auf die durchschnittlichen Emissionen der Jahre 1995-1998 die damalige jährliche Wachstumsrate der Emissionen von 10% bis 2010 bzw. 2020 angelegt.

Die drei Szenarien "Mit Maßnahmen bis 2003", "EU-Gesetzgebung 2007" und "Mit weiteren Maßnahmen" nehmen an, dass bis zum Jahr 2010 die Emissionen auf 10% unter das Niveau von 1995 fallen. Dies entspricht der weltweit eingegangenen Selbstverpflichtung aus dem Jahr 1999, der sich mittlerweile auch die deutsche Halbleiterindustrie angeschlossen hat. Auch unabhängig von einer formalen Vereinbarung haben die Hersteller aber bereits seit 1999 technische Maßnahmen zur Prozessoptimierung und Abgasbehandlung eingeleitet und umgesetzt. Bis 2020 bleiben die Emissionen dann konstant.

1.4 Schaumstoffe

1.4.1 XPS-Schaum

Generell wird bis zum Jahr 2010 und weiter bis 2020 ein Wachstum von inländischer Produktion und inländischem Verbrauch von XPS um 2% jährlich angenommen. Bei Nutzung von HFKW-152a emittiert das Treibmittel vollständig im Produktionsjahr (Erstjahr-ER: 100%). Es bleibt kein HFKW im Dämmstoff, so dass keine HFKW-Bank entsteht, aus der lfd. Emissionen (Nutzphase) entweichen könnten (Lfd. ER = 0%). Bei Nutzung des HFKW-134a emittieren nur 25% (ab 2004) im Produktionsjahr (Erstjahr-ER: 25%), während 75% im XPS-Produkt verbleiben. Die lfd. ER aus der Nutzung beträgt dann 0,66% jährlich. Zu beachten ist jedoch, dass nur ein Teil der 134a-haltigen Jahresproduktion den Inlandsbestand erhöht, da 75% der produzierten Menge exportiert werden. (Die in den exportierten XPS-Dämmstoffen enthaltenen HFKW müssen der Bank der jeweils importierenden Länder zugerechnet werden.)

"Ohne Maßnahmen ab 1999": Es wird ein 1:1-Umstieg von den in 1998 eingesetzten H-FCKW-Mengen auf HFKW unterstellt. Diese sind zur Hälfte HFKW-134a und HFKW-152a.

"Mit Maßnahmen bis 2003": Beim effektiven HFCKW-Ausstieg in 2001 wurde ein beträchtlicher Teil der XPS-Platten schon ohne halogenierte Treibmittel produziert. Die jährlichen HFKW-Einsatzmengen sind daher niedriger als im ersten Szenario und teilen sich unter Fortschreibung der 2001er Relation bis 2010 in 2343 t HFKW-134a und 1673 t HFKW-152a auf. Die Mengen steigen bis 2020 auf 2856 t (HFKW-134a) bzw. 2040 t (HFKW-152a).

Obwohl die "EU-Gesetzgebung 2007" keine Maßnahmen für XPS-Schaum vorsieht, so dass die gleichnamige Bezeichnung für das dritte Szenario nur mit Einschränkungen passt, reflektiert das dritte Szenario gegenüber dem zweiten einige Änderungen, die in der Diskussion der XPS-Produzenten um eine mögliche SV entstanden: HFKW-134a wird auf bestehenden Anlagen wie im zweiten Szenario weitergenutzt. Dagegen wird der Einsatz von HFKW-152a bis 2020 schrittweise auf Null gebracht. Die Alternative zu 152a ist CO_2, zumindest zu 90%. Zehn Prozent der XPS-Produkte, für die im zweiten Szenario HFKW-152a genutzt wurde, werden mit HFKW-134a geschäumt. Diese zusätzlichen HFKW-134a-haltigen Platten werden zu 75% exportiert.

Szenario "Mit weiteren Maßnahmen“: In diesem Szenario wird zugrunde gelegt, dass auch die Anwendung des HFKW-134a bis zum Jahr 2010 schrittweise auf 20% (harte Fälle) reduziert wird und bis zum Jahr 2020 ganz eingestellt ist. Damit bleiben nur noch die Emissionen aus der Nutzphase bestehen.

1.4.2. PU-Schaum

Generell wird ab 2004 bis zum Jahr 2010 bei PU-Hartschaum ein Wachstum des Verbrauchs von 3% jährlich angenommen, aber ab 2011 wird konstanter Verbrauch unterstellt. Das neue Treibmittel ist der HFKW-365mfc, genauer eine Mischung aus 93% HFKW-365 und 7% HFKW-227ea. Das konkurrierende Treibmittel HFKW-245fa wird hier nicht gesondert betrachtet, sondern gilt als mit erfasst. Der HFKW-134a kam bis 2003 bei Hartschaum in Sandwichplatten zum Einsatz. Im kleinen Bereich

der Integral-Schäumung wird er auch nach 2004 weiter genutzt. Hier teilt er sich den kleinen Markt zunächst mit HFKW-365mfc im Verhältnis 3 zu 1.

"Ohne Maßnahmen ab 1999": Die großen PU-Sektoren der Kühlgeräte, Sandwich-Elemente (bis auf ein Produktionswerk) und Baudämmplatten haben bis 1998 auf Kohlenwasserstoffe (Pentane) als Treibmittel umgestellt. Angenommen wird, dass die noch verbliebenen H-FCKW-Mengen (für 1998 auf 3000 t/a geschätzt) gänzlich durch neue HFKW (365mfc mit 227ea-Zusatz, alternativ: 245fa) ersetzt werden. HFKW-134a bleibt bei Sandwichelementen im Einsatz. Zudem werden HFKW dauerhaft für Integralschaum genutzt mit konstanten 80 t/a – 60 t HFKW-134a und 20 t HFKW-365mfc.

"Mit Maßnahmen bis 2003": Zwischen 1998 und 2003 gingen weitere H-FCKW-Anwendungen auf Kohlenwasserstoffe über. Ende 2003 wurde gegenüber 1998 nur noch die Hälfte an HFCKW-141b (1500 t/a) verbraucht. Angenommen wird bei PU-Hartschaum ab 2004 ein 1-zu-1-Umstieg dieser Menge auf HFKW-365mfc, die bis 2010 jährlich um 3% zunimmt. (Der Einsatz von HFKW-134a beim Hartschaum für Sandwichelemente wurde Ende 2003 eingestellt.) Einsatzgebiete für HFKW-365mfc sind diskontinuierlich hergestellte Dämmplatten (Kleinserien), Blockschaum, Rohrisolierung (Fernwärme + Gießschaum) und vor allem Spritzschaum. Der HFKW-Einsatz für Integralschaum bleibt wie im Szenario "Ohne Maßnahmen".

Die durchschnittlichen Erstjahremissionen beim PU-Hartschaum sind aufgrund des großen Anteils von offen appliziertem Spritzschaum in der Produktpalette relativ hoch, nämlich 15%. Sie liegen damit höher als im ersten Szenario (12,5%), wo der Spritzschaum ein relativ geringeres Gewicht hat. Die lfd. ER für die Nutzphase (Bank) beträgt generell 1%. Beim Integralschaum emittiert das eingesetzte Treibmittel vollständig in der Produktion.

Da die "EU-Gesetzgebung 2007" keine Maßnahmen für PU-Schaum vorsieht, unterscheidet sich das dritte Szenario nicht vom zweiten.

"Mit weiteren Maßnahmen": Es findet kein 1-zu-1-Umstieg von HFCKW-141b auf neue, flüssige HFKW statt, sondern nur ein Teilumstieg. So werden keine HFKW bei der Rohrisolierung eingesetzt. Bei Spritz- und Blockschaum erfolgt der HFKW-Einstieg gegenüber dem "Mit Maßnahmen bis 2003"-Szenario nur zu 50%. Ab 2008 gibt es kein HFKW-Wachstum mehr und ab 2015 eine Halbierung des HFKW-Verbrauchs. Bei diskontinuierlichen Platten (Kleinserie) werden HFKW nur zu 20% gegenüber den beiden vorigen Szenarien genutzt. Ab 2008 gibt es kein HFKW-Wachstum mehr, und ab 2015 werden keine HFKW mehr eingesetzt. Beim Integralschaum wird ab 2008 bis abschließend zum Jahr 2014 auf HFKW verzichtet.

1.4.3 Montageschaum (einkomponentig)

Im Szenario "Ohne Maßnahmen ab 99" werden die Bedingungen des Jahres 1998 langfristig beibehalten: Der Inlandsmarkt beträgt dauerhaft die 26 Mio. Dosen des Jahres 1998, der HFKW-Gehalt pro Dose 70 Gramm, die Relation zwischen 134a und 152a ist 60 zu 40. Die inländische Abfüllung beträgt 16 Mio. Dosen, wobei 1,5 Gramm Treibgas (nur 134a) pro Dose bei der Befüllung entweichen.

Das Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003" nimmt dagegen an, dass der Markt 22 Mio. Dosen umfasst (Durchschnitt der Jahre 1995-2003). Der HFKW-Gehalt pro Dose (750 ml) bleibt auf dem Status quo des Jahres 2003 mit nur noch 47 Gramm, ebenso wie die inzwischen auf 44,5 zu 55,5% veränderte HFKW-Zusammensetzung zwischen 134a und 152a. (Inlandsabfüllung: 26 Mio. Dosen – wie 2003).

Das Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" nimmt die Bestimmung der EU-Verordnung ab 2008 als geltend an, dass HFKW-haltiger Montageschaum nur noch in Verkehr gebracht werden darf, wenn zur Einhaltung nationaler Sicherheitsnormen erforderlich. Zur Vereinfachung wird für das Szenario angenommen, dass HFKW weiterhin dort eingesetzt werden, wo gemäß Herstellerangaben das Treibmittel aus Sicherheitsgründen schwer entflammbar sein muss. Diese Menge haben Hersteller auf 5% des inländischen Verbrauchs (z. B. untertage) beziffert. Der Angabe folgend wird eine Reduktion HFKW-haltiger Schaumdosen bei Absatz und Produktion um 95% gegenüber dem zweiten Szenario angenommen. Markt und Produktion werden durch brennbare Treibmittel bestimmt. Die Brandschutzklasse B2 wird mittels veränderter Formulierungen dennoch eingehalten. HFKW-Gehalt und HFKW-Zusammensetzung bei den verbleibenden Dosen bleiben wie im zweiten Szenario.

Szenario "Mit weiteren Maßnahmen": Absatz- und Produktionszahlen von Dosen wie vorher. Auch die 5% HFKW-haltigen Dosen mit einkomponentigem Montageschaum erweisen sich als nicht notwenig und werden durch brennbare Treibmittel (Propan, Butan, Dimethylether) ersetzt. Für Zweifelsfälle bleibt die Möglichkeit, zweikomponentigen Schaum (ohne HFKW) zu verwenden. Ab 2010 werden keine HFKW mehr eingesetzt, weder bei Produktion noch bei Anwendung.

1.5 Nebenprodukt-Emissionen von HFKW-23

Wegen Vertraulichkeitszusage werden keine absoluten Zahlen genannt.

Das Szenario I nimmt die Emissionen des Jahres 1998 (die unter denen von 1995 liegen) als konstant bis 2020 an. HFCKW-22 darf als Ausgangsstoff für Fluorkunststoff (PTFE) ohne zeitliche Begrenzung produziert werden.

Im zweiten und dritten Szenario sind die Emissionen deutlich niedriger, nämlich jeweils auf dem Stand von 2003, und zwar sowohl 2010 als auch 2020. Der Wert beträgt nur noch 17,5% des 1998er Ausgangswerts in Szenario I.

Das letzte Szenario unterstellt, dass es bis 2010 gelingt, die Emissionen noch einmal zu halbieren. Dieser abgesenkte Wert wird bis 2020 gleich gelassen.

2. FKW-Emissionen 2010 und 2020

2.1 Aluminiumindustrie

"Ohne Maßnahmen ab 1999": Hier wird die Selbstverpflichtung (SV) der Aluminium-Industrie von 1997 angenommen, die bis zum Jahr 2005 die spezifischen CF_4-Emissionen pro Tonne Al auf 0,22 kg halbieren wollte. Dieser Wert wird danach konstant gehalten und mit einer jährlichen Metallproduktion von 583.872 t multipliziert, dem durchschnittlichen Hüttenausstoß der Jahre 1995-1998.

Die folgenden drei Szenarien rechnen mit höheren Produktionsmengen, nämlich 653.000 t/a. Dies ist der Durchschnitt der Jahre 2000-2003. Ev. Kapazitätsabbau durch immer wieder diskutierte Hüttenstilllegungen wird nicht berücksichtigt.

Sowohl das Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003" als auch das "Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" (letztere berührt die Aluminiumindustrie nicht) schreiben die spezifischen CF_4-Werte pro Tonne Aluminium, die im Durchschnitt der Jahre 2000 bis 2003 bestanden, fort. Dieser Koeffizient betrug nach Angaben des Verbands im Mittel aller Hütten nur 0,084 kg/t Al.

Aufgrund der erfolgreichen Emissionsminderung durch die Alu-Industrie nimmt das "Mit weiteren Maßnahmen"-Szenario an, dass der Prozess noch weitergeht. Unterstellt wird, dass alle inl. Hütten ab 2009 die emisssionsärmere Pointfeeder-Technologie eingeführt haben, so dass der spezifische Wert CF_4 pro Tonne Aluminium sowohl 2010 als auch 2020 nur noch 0,067 kg beträgt.

2.2 Kältemittel

In allen Szenarien wird angenommen, dass der – geringe - Bestand von R-218 als Servicekältemittel in Altanlagen ab 2013 entfernt ist. In 2010 sind daher noch Emissionen aus Betrieb (15% ER) und Entsorgung (30% ER) zu erwarten.

Der zweite FKW, R-116, ist Bestandteil des Tieftemperatur-Kältemittels R-508B. Er wird in Neuanlagen der Industrie- und Gewerbekälte genutzt. Die Szenarien sind in ihren Einsatzmengen, spezifischen Emissionsraten und Anteilen natürlicher Kältemittel mit denen identisch, die bei den HFKW-Kältemitteln beschrieben wurden.

2.3 Leiterplattenfertigung

Es wurden keine getrennten Szenarien gerechnet, sondern überall eine gleich bleibende Einsatzmenge von 2,4 t /a angenommen, von der 2 t/a emittieren.

Tab. 12 Entwicklung der FKW-Emissionen (in t)

Sektoren	Ausgangs-Werte	Ohne Maßnahmen ab 99		Mit Maßnahmen bis 2003		EU Gesetzgebung 2007		Mit weiteren Maßnahmen	
	1995	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**
Aluminiumproduktion	230	141	141	60	60	60	60	48	48
Halbleiterherstellung	23	85	221	20	20	20	20	20	20
Leiterplattenfertigung	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kältemittel	1,2	8,5	5,6	8,5	5,6	6,6	3,3	6,6	2,4
Insgesamt	**256**	**237**	**370**	**91**	**88**	**89**	**86**	**77**	**73**

Tab. 13 Entwicklung der FKW-Emissionen (in Mio. t CO_2- Äquivalente)

Sektoren	Ausgangs-Werte	Ohne Maßnahmen ab 99		Mit Maßnahmen bis 2003		EU Gesetzgebung 2007		Mit weiteren Maßnahmen	
	1995	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**
Aluminiumproduktion	1,552	0,953	0,953	0,408	0,408	0,408	0,408	0,325	0,325
Halbleiterherstellung	0,177	0,682	1,769	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159
Leiterplattenfertigung	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Kältemittel	0,008	0,072	0,051	0,072	0,051	0,054	0,030	0,054	0,022
Insgesamt	**1,750**	**1,720**	**2,786**	**0,652**	**0,631**	**0,634**	**0,610**	**0,551**	**0,519**

2.4 Halbleiterindustrie

Vorbemerkung: Seit dem Jahr 2000 hat sich der Emissionsanstieg aus der Halbleiterindustrie deutlich verlangsamt. Während Emissionen neuerer PFCs wie C_3F_8 und c-C_4F_8 zunehmen, nehmen Emissionen der klassischen Gase C_2F_6 und CF_4 sogar tendenziell ab.

Im Szenario "Ohne Maßnahmen ab 99" werden die Bedingungen der Jahre 1995 bis 1998 in die Zukunft fortgeschrieben. Für jeden PFC-Typ wird auf seinen Durchschnittswert aus den Jahren 1995 bis 1998 eine jährliche Wachstumsrate der Emissionen von 10% bis 2010 bzw. 2020 angelegt, da dies die Größenordnung in den Jahren 1995 bis 1998 war.

Die Szenarien "Mit Maßnahmen bis 2003", "EU-Gesetzgebung 2007" und "Mit weiteren Maßnahmen" nehmen an, dass bis zum Jahr 2010 die Emissionen auf 10% unter das Niveau von 1995 fallen. Dies entspricht der weltweit eingegangenen Selbstverpflichtung aus dem Jahr 1999. Diese Ziele hat mittlerweile (2005) die deutsche Halbleiterindustrie in einer eigenen Selbstverpflichtung für sich übernommen. Auch hat die deutsche Halbleiterindustrie unabhängig von einer Selbstverpflichtung bereits seit 1999 emissionsmindernde technische Maßnahmen eingeleitet und umgesetzt. Bis 2020 bleiben die Emissionen dann konstant.

3. SF_6-Emissionen 2010 und 2020

3.1 Elektrische Energieübertragung

Bei elektrischen Betriebsmitteln zur Energieübertragung werden Schaltanlagen der Hoch- und Mittelspannung sowie dazugehörige Bauelemente (Wandler, Durchführungen) auf Basis der von ZVEI und VDN/VIK erhobenen Daten berücksichtigt. Alle Szenarien nehmen beim SF_6-Inlandsverbrauch (hoher Exportanteil) einen jährlichen Anstieg von 2,5% an, der vor allem durch MS-Anlagen bestimmt ist. Der Inlandsbestand steigt von 2003 bis 2010 von 1500 auf 1900 t an. Dann beginnt in größerem Maße die Entsorgung, so dass der Gesamtbestand bis 2020 noch auf 2100 t wächst, die je zur Hälfte in HS- bzw. MS-Anlagen enthalten sind.

Das Szenario "Ohne Maßnahmen ab 99" setzt die Emissionsraten des Jahres 1998 konstant. Werks- und Montageverluste bei Schaltanlagen der Hoch- und Mittelspannung bleiben bei 6,1 bzw. 2,0% - bezogen auf den inl. Verbrauch. Bei Bauelementen (tw. offene Anwendungen) bleiben die 14 t/a (absolut) bzw. 28% (relativ zum Verbrauch) bestehen. Die Verluste aus dem Bestand betragen 0,872% (HS) bzw. 0,1% (MS). Verluste am Lebensende werden mit 2% kalkuliert, weil schon seit Mitte der 90er Jahre hohe Sorgfalt bei Außerbetriebnahmen und die Funktionstüchtigkeit des SF_6-Entsorgungskonzepts ("ReUse") unterstellt werden konnte.

"Mit Maßnahmen bis 2003“: Die bis 2003 abgesenkten Emissionsraten bleiben für die Zukunft konstant. Werks- und Montageverluste betragen in HS und MS nur je 1,5%, bei Bauelementen 25% (12,4 t/a absolut). Die Verluste aus dem installierten Bestand sind 0,82% (HS). Die laufenden Emissionen in MS-Anlagen und die Verluste am Lebensende sind die gleichen wie im ersten Szenario.

Die EU-Gesetzgebung hat auf in Deutschland installierte elektrische Betriebsmittel keinen Einfluss. Darum sind die Emissionswerte des dritten Szenarios mit denen des zweiten identisch.

Das Szenario "Mit weiteren Maßnahmen" sieht die Ziele der im Jahr 2005 auf erweiterter Grundlage erneuerten Selbstverpflichtung der deutschen Industrie, der Betreiber und des SF_6-Herstellers als durchführbar an. Die Bestandsemissionen gehen in der HS allmählich bis auf 0,6% zurück und halten ihren niedrigen Wert von 0,1% in der MS. Werks- und Montageverluste bleiben bei Schaltanlagen bei 1,5%. Durch weitgehende Beendigung offener Anwendungen bei Bauelementen sinken dort die Werksverluste von 25% auf 3% ab. Die inländischen Gesamtemissionen unterschreiten 17 t in 2020 (nach 43,4 t in 1995).

3.2 Sonstige elektrische Anwendungen

Hier werden im Wesentlichen die Emissionen von Teilchenbeschleunigern (in Forschung, Industrie und Medizin) und Starkstromkondensatoren erfasst. Für Teilchenbeschleuniger werden in allen Szenarien unveränderter Bestand und konstante Rate der Betriebsemissionen (6%) angenommen.

Tab. 14 Entwicklung der SF_6-Emissionen (in t)

Sektoren	Ausgangs-Werte	Ohne Maßnahmen (Weiter wie 1995-1998)		Mit Maßnahmen bis 2003		EU Gesetzgebung 2007		Mit weiteren Maßnahmen	
	1995	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**
El. Energieübertragung	43,4	47,5	47,7	29,7	30,0	29,7	30,0	22,5	16,6
Sonst. El. Anwendungen	5,2	17,0	17,0	6,0	6,0	6,0	6,0	5,0	5,0
Magnesiumguss	7,7	40,9	70,8	33,1	53,1	4,0	7,0	0	0
Schallschutzscheiben	107,9	127,0	198,5	95,3	162,0	84,3	149,1	84,3	149,1
Autoreifen	110,0	30	30	2,5	2,5	0	0	0	0
Sportsch./NAEWF/Glasfaser	18,5	10	10	10	10	10	10	10	10
Spureng./Aluminiumreinigung	1,0	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5	40,5	0,5	0,5
Sonstiges	9,0	16,6	27,2	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
Insgesamt	**303**	**329**	**442**	**228**	**314**	**185**	**253**	**133**	**192**

Tab. 15 Entwicklung der SF_6-Emissionen (in Mio. t CO_2- Äquivalente)

Sektoren	Ausgangs-Werte	Ohne Maßnahmen (Weiter wie 1995-1998)		Mit Maßnahmen bis 2003		EU Gesetzgebung 2007		Mit weiteren Maßnahmen	
	1995	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**	**2010**	**2020**
El. Energieübertragung	1,036	1,135	1,140	0,711	0,716	0,711	0,716	0,537	0,398
Sonst. El. Anwendungen	0,125	0,405	0,405	0,142	0,142	0,142	0,142	0,118	0,118
Magnesiumguss	0,185	0,977	1,692	0,791	1,269	0,096	0,167	0	0
Schallschutzscheiben	2,578	3,036	4,745	2,279	3,872	2,015	3,564	2,015	3,564
Autoreifen	2,629	0,717	0,717	0,060	0,060	0	0	0	0
Sportsch./NAEWF/Glasfaser	0,442	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239	0,239
Spureng./Aluminiumreinigung	0,024	0,968	0,968	0,968	0,968	0,968	0,968	0,012	0,012
Sonstiges	0,216	0,397	0,650	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248
Insgesamt	**7,235**	**7,875**	**10,556**	**5,438**	**7,514**	**4,418**	**6,045**	**3,169**	**4,579**

Für die stark emissive Herstellung von Starkstromkondensatoren schreibt das Szenario "Ohne Maßnahmen ab 1999" die Emissionen des Jahres 1998 in die Zukunft fort. Im Jahre 2002 wurde lt. Herstellerangaben der Plan zur Produktionseinstellung (bis 2010) gefasst; rückläufige Emissionen sind seit jenem Jahr feststellbar. Davon ausgehend, nehmen das Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003" und das Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" für 2010 und 2020 lediglich noch 1 t/a Emissionen für Servicezwecke an. Auch diese Menge entfällt im letzten Szenario ("Mit weiteren Maßnahmen").

3.3 Magnesiumguss

Dem Trend der Jahre 1995-2003 folgend wird in allen Szenarien eine konstante Steigerung der Metallproduktion um jährlich 3000 t unterstellt, was zu 41.000 t in 2010 bzw. 71.000 t in 2020 führt.

Im Szenario "Ohne Maßnahmen ab 1999" bleibt der Koeffizient "kg SF_6 pro Tonne Magnesiumguss" konstant auf dem historischen Wert von 1998, nämlich genau 1.

Das Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003“ verlängert die Zunahme des SF_6-Verbrauchs der Jahre 2000 bis 2003 unverändert in die Zukunft. Die Zunahme zwischen 2000 und 2003 betrug 2000 kg pro Jahr. Der SF_6-Koeffizient pro t Mg beträgt 0,79 in 2010 und 0,72 in 2020. (2003: 0,83).

Im Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" sinken die SF_6-Emissionen deutlich, da vorgesehen ist, ab 1.1.2008 die Anwendung dieses Schutzgases nur noch in Betrieben mit weniger als 850 kg jährlichem SF_6-Verbrauch zuzulassen.

Das Szenario "Mit weiteren Maßnahmen“ geht darüber hinaus und unterstellt, dass spätestens ab 2010 kein SF_6 mehr zum Einsatz kommt, auch nicht in Kleinbetrieben. Die Anwender von über 850 kg SF_6 verwenden ab 2008 andere Schutzgase, und zwar zu 75% HFKW-134a und zu 25% SO_2 oder Hydrofluorether. Dementsprechend muss das HFKW-Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" einen Anstieg bei den Emissionen des HFKW-134a (von 0 auf 11 bzw. 17 t/a) berücksichtigen. Im Szenario "Mit weiteren Maßnahmen" sind die Werte 12 und 20 t/a. (Zu beachten ist, das sich die spez. Einsatzmenge von 134a gegenüber SF_6 halbiert.)

3.4 Schallschutz

In allen vier Szenarien für 2010 und 2020 sind die Entsorgungsverluste aus dem Rückbau von Schallschutzscheiben nicht nur unverändert hoch (67 bzw. 143 t/a), sondern sie machen in 2020 überall mehr als die Hälfte aller inländischen SF_6-Emissionen aus. Bis 2020 ist daher die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Emissionsdämpfung von SF_6 begrenzt, da Rückgewinnung aus alten Schallschutzscheiben aus Kostengründen als undurchführbar gilt. Vor 2020 können Maßnahmen, welche die neue Nutzung von SF_6 unterbinden (wie die EU-Gesetzgebung) immerhin die Herstellungsemissionen stoppen und die Bestandsemissionen reduzieren.

Das Szenario "Ohne Maßnahmen ab 99" setzt den 1998er jährlichen Neuverbrauch von 111 t langfristig konstant. Er entspricht einem Verhältnis zwischen SF_6 und Argon im Scheibenzwischenraum von 30% zu 70%.

Das Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003“ nimmt an, dass es künftig bei den auf 10 t verringerten Emissionen des Jahres 2003 aus dem Neuverbrauch von 30 t/a bleibt.

Diese 10 t Befüllemissionen entfallen in den beiden folgenden Szenarien "EU-Gesetzgebung 2007" und "Mit weiteren Maßnahmen", in denen ein Ende des Neuverbrauchs ab 2007 angenommen wird.

3.5 Autoreifen

Bei Autoreifen-Füllgas, einst die größte Einzelemissionsquelle von SF_6, hat sich das Konsumverhalten deutlich geändert. Das Szenario "Ohne Maßnahmen ab 99", das den Neuverbrauch von 1998 unverändert fortschreibt, gelangt zu 30 t Emissionen jährlich. Das Szenario "Mit Maßnahmen bis 2003“ schreibt den Neuverbrauch des Jahres 2003 fort, der nur noch 2,5 t/a beträgt. Im Szenario "EU-Gesetzgebung 2007" gibt es 2010 aufgrund des Einsatzverbots ab 2007 keine (Entsorgungs-) Emissionen mehr. Das Szenario "MWM" braucht darüber nicht hinauszugehen.

3.6 Sportschuhe/NAEWF/Glasfasern

Aus Vertraulichkeitsgründen wird hier nicht nach Herstellungs- Bestands- und Entsorgungsemissionen unterschieden. Außerdem werden alle Emissionen aus Sportschuhsohlen, dem Radarbetrieb der NATO-AWACS-Aufklärungsflugzeuge (NAEWF), soweit deutschem Territorium zurechenbar, sowie aus der Fluordotierung von Glasfaserkabeln zusammengefasst. Dies ist insofern nur hypothetisch, als nämlich Emissionen für 2010/2020 aus Sportschuhsohlen in keinem Szenario mehr vorkommen, auch nicht im Szenario "Ohne Maßnahmen ab 99". Denn der Hersteller NIKE hatte bereits 1998 weltweit mit der Umsetzung der Maßnahme begonnen, in Schuhsohlen SF_6 durch Stickstoff zu ersetzen. Der momentane Verlauf des NIKE Ausstiegprogramms lässt es als sehr wahrscheinlich erscheinen, dass es im Jahre 2010 keine SF_6-Emissionen aus dieser Quelle mehr gibt.

Für die prognostizierten Emissionen sind somit militärisches Flugzeugradar und die Glasfaserproduktion verantwortlich. Letztere, die Fluordotierung von Glasfasern für Netzwerkkabel u. dgl., ist stark emissiv und in Deutschland seit 2002 relevant. Mangels besserer Prognosemöglichkeiten nehmen alle vier Szenarien die bei der Herstellung bislang jährlich anfallenden Emissionen als konstant an.

Ebenfalls Konstanz wurde für Emissionen durch das AWACS-Radar in allen vier Szenarien unterstellt.

3.7 Spurengas und Aluminium-Reinigung

Die Emissionen aus der Anwendung von SF_6 als Spurengas bleiben in allen Szenarien gleich, nämlich auf dem niedrigen Niveau der Jahre 1995 bis 2003.

Zur Reinigung von Aluminium in Gießereien (Schmelzen) wurden Mitte der neunziger Jahre jährlich nicht mehr als 0,5 t SF_6 (SF_6 als Zusatz zu einem Inertgasgemisch) eingesetzt. Seit 1998 jedoch wurde die Anwendung von purem SF_6 drastisch ausgeweitet auf die unerwartet hohe Menge von 45 t im Jahr 2003. Mangels anderer Erkenntnisse wird bislang Neuverbrauch mit Emission gleichgesetzt. In den ersten drei Zukunftsszenarien werden vorläufig 40 t/a Emissionen aus dieser Anwendung unterstellt (Durchschnitt der Jahre 2002/2003), solange keine Herstellerpläne für eine Änderung bekannt sind. Das Szenario "Mit weiteren Maßnahmen" nimmt allerdings an, dass bis 2010 eine klimaneutrale Lösung in der Alu-Reinigung gefunden ist.

3.8 Halbleiterindustrie

Es wird das gleiche Schema wie bei HFKW-23 und FKW zu Grunde gelegt.

3.9 Sonstiges

Außer Produktionsverlusten bei der Herstellung sind hier einige kleinere Anwendungen enthalten, die für sich genommen sehr gering sind. Es wird mit konstanten 10 t/a Emissionen in allen Szenarien gerechnet.

III. Tabellen-Anhang

Auf den nachfolgenden zwölf Seiten werden sämtliche historischen F-Gas-Emissionen von 1995 und von 1998 bis 2003 als auch die für 2010 und 2020 vorhergesagten Emissionen, jeweils in vier Szenarien, im Detail wiedergegeben.

Es erfolgt nicht nur eine Unterteilung in die einzelnen Sektoren, sondern innerhalb der Sektoren wird auch noch nach Emissionsarten unterschieden, meist nach Herstellungs-, Bestands- und Entsorgungs-Emissionen.

Links, auf den mit geraden Zahlen nummerierten Seiten, befinden sich die bis einschließlich 2003 stattgefundenen Emissionen. Rechts, auf den ungeraden Seiten schließen sich die prognostizierten Werte für 2010 und 2020 an.

Es sei darauf hingewiesen, dass aus Vertraulichkeitsgründen einige wenige Werte nicht im Detail, sondern nur aggregiert ausgewiesen werden können.

Der Einfachheit halber sind die Tabellen in ihrer englischen Bearbeitung belassen worden.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1											
2			**Table Individual F-Gas Emissions**								
3											
4	**HFCs**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
5	**Stationary Refrig./AC**										
6	**Industrial Refrigeration**										
7	**Operating Emiss. [t]**										
8	HFC-134a		4		34	47	57	68	78	88	
9	R-404A		3		38	59	80	102	123	144	
10	R-407C		1		4	5	8	10	12	14	
11	HFC-23		0.7		2.1	2.7	3.4	4.0	5	5	
12	HFC-227		0.1		1.3	1.8	2.3	2.8	3.4	3.9	
13	PFC-116				0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	
14	**Disposal Emiss. [t]**										
15	HFC-134a									2.40	
16	R-404A									1.50	
17	R-407C									0.90	
18	HFC-23									0.90	
19	HFC-227									0.08	
20	PFC-116									0.00	
21	**Manuf. Emiss. [t]**										
22	HFC-134a		0.1		0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
23	R-404A		0.1		0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
24	R-407C		0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
25	HFC-23		0.0		0.0	0.0	0.01	0.0	0.0	0.0	
26	Subtotal Emiss. w/o PFC		9		80	117	152	187	222	262	
27	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*26*		*203*	*300*	*396*	*492*	*588*	*701*	
28	**Commercial Refriger.**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
29	**Operating Emiss. [t]**										
30	HFC-134a		19		153	200	233	258	283	303	
31	R-404A		18		167	234	298	361	424	486	
32	R-407C		0		1	2	4	7	11	15	
33	HFC-23		0.1		0.4	0.9	1.6	2.3	3.0	3.7	
34	PFC-116		0		0.4	0.7	1.0	1.4	1.7	2.1	
35	PFC-218		1.2		7.2	9.2	10.1	10.8	11.4	11.6	
36	HFC-152a		0.5		10.7	13.7	15.0	15.4	15.4	14.9	
37	HFC-125		15		52	59	62	62.7	62.9	62.5	
38	**Disposal Emiss. [t]**										
39	HFC-134a									24.3	
40	R-404A									5.0	
41	R-407C										
42	HFC-23									0.3	
43	PFC-116										
44	PFC-218									0.3	
45	HFC-152a									2.0	
46	HFC-125									1.8	
47	**Manuf. Emiss. [t]**										
48	HFC-134a		0.4		1.0	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	
49	R-404A		0.5		1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	
50	R-407C				0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	
51	HFC-23		0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
52	PFC-116				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
53	Subotal Emiss. w/o PFCs		54		386	512	615	708	801	921	
54	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*130*		*901*	*1,209*	*1,480*	*1,732*	*1,985*	*2,283*	
55	**Stat. AC + Heat Pumps**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
56	**Operating Emiss. [t]**										
57	HFC-134a		8.7		46.50	57.05	64.44	71.59	78.15	84.76	
58	R-407C		0.02		2.27	8.74	20.36	35.26	50.77	66.46	
59	R-410A				0.01	0.05	0.17	0.77	1.79	3.26	
60	R-404A		0.01		0.10	0.14	0.19	0.25	0.33	0.43	
61	**Disposal Emiss. [t]**										
62	HFC-134a										
63	R-407C										
64	R-410A										
65	R-404A										

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1											
2											
3											
4	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
5											
6											
7	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
8	114	114		108	108		92	89		91	55
9	297	297		215	215		190	184		188	115
10	21	21		21	21		19	18		18	11
11	7	6.7		7	6.7		5.9	6		5.8	4
12	5.1	5.1		5.1	5.1		4.5	4.4		4.4	2.7
13	0.7	0.7		0.7	0.7		0.6	0.6		0.6	0.4
14											
15	49	49		44	44		30	30		30	22.2
16	127	127		92	92		61	61		61	46.0
17	9	9		9	9		6	6		6	4.5
18	2.9	2.9		2.9	2.9		1.9	1.9		1.9	1.4
19	2.2	2.2		2.2	2.2		1.5	1.5		1.5	1.1
20	0.3	0.3		0.3	0.3		0.2	0.2		0.2	0.2
21											
22	0.2	0.2		0.2	0.2		0.2	0.2		0.2	0.1
23	0.6	0.6		0.5	0.5		0.5	0.5		0.3	0.2
24	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0
25	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0
26	635	635		507	507		412	402		408	263
27	*1,774*	*1,774*		*1,378*	*1,378*		*1,125*	*1,097*		*1,114*	*720*
28	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
29	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
30	252	252		252	252		155	131		154	92
31	613	613		613	613		373	313		371	217
32	46	49		46	49		28	25		28	17
33	7.2	7.2		7.2	7.2		5.4	5.0		5.4	3.5
34	4	4		4	4		2.1	1.8		2.1	1.2
35	1.5			1.5			1.5			1.5	
36											
37	0.7			0.7			0.7			0.7	
38											
39	89	89		89	89		60	60		60	54
40	201	201		201	201		134	134		134	121
41	8	15		8	15		5	10		5.0	9
42	4.3	4.3		4.3	4.3		2.9	2.9		2.9	2.6
43	1.1	1.1		1.1	1.1		0.7	0.7		0.7	0.6
44	1.4			1.4			1.4			1.4	
45											
46	1.8			1.8			1.8			1.8	
47											
48	0.6	0.6		0.6	0.6		0.6	0.6		0.54	0.30
49	1.3	1.3		1.3	1.3		1.3	1.3		1.09	0.67
50	0.1	0.1		0.1	0.1		0.1	0.1		0.09	0.05
51	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.03	0.01
52	0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0		0.01	0.00
53	1,226	1,234		1,226	1,234		767	682		764	516
54	*3,329*	*3,338*		*3,329*	*3,338*		*2,091*	*1,856*		*2,082*	*1,403*
55	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
56	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
57	120.6	142.4		120.6	142.4		104.7	118.8		104.3	106.9
58	171.3	214.9		171.3	214.9		152.7	180.9		151.2	134.5
59	28.6	68.0		28.6	68.0		24.4	57.8		24.3	52.1
60	1.5	2.9		1.5	2.9		1.3	2.3		1.3	1.7
61											
62	11.7	39.7		11.7	39.7		7.8	26.5		7.8	26.5
63	56.8	89.9		56.8	89.9		37.8	57.1		37.8	55.1
64	2.2	65.8		2.2	65.8		1.5	37.6		1.5	35.6
65	0.3	1.8		0.3	1.8		0.2	1.0		0.2	1.0

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
66	**Manuf. Emiss. [t]**										
67	HFC-134a		0.02		0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
68	407C				0.03	0.05	0.08	0.09	0.09	0.09	
69	Subtotal Emiss. w/o PFCs		9		49	66	85	108	131	155	
70	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*11*		*64*	*88*	*116*	*149*	*183*	*219*	
71	**Househ. Refr. HFC-134a t**		1.2		1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
72	*Househ. Ref. kt CO2 eq*		*1.6*		*1.6*	*1.6*	*1.7*	*1.7*	*1.7*	*1.7*	
73											
74	**Subt. HFC Stationary**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
75	Emiss. w/o PFCs [t]		73		516	696	854	1,004	1,155	1,339	
76	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*169*		*1,170*	*1,599*	*1,994*	*2,375*	*2,758*	*3,205*	
77											
78	**Mobile AC/Refriger.**										
79	**Passenger Car AC**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
80	**Operating Emiss. [t]**										
81	HFC-134a		129		555	765	979	1,185	1,385	1,576	
82	HFC-152a										
83	**Disposal Emiss. [t]**										
84	HFC-134a								10	30	
85	HFC-152a										
86	**Manuf. Emiss. [t]**										
87	HFC-134a		3		8	9	9	10	10	10	
88	HFC-152a										
89	Subtotal Emiss. [t]		133		563	774	988	1,195	1,405	1,616	
90	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*172*		*732*	*1,007*	*1,284*	*1,553*	*1,826*	*2,101*	
91	**Truck Air Conditioners**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
92	**Operating Emiss. [t]**										
93	HFC-134a		4		19	28	38	49	59	70	
94	**Disposal Emiss. [t]**										
95	HFC-134a										
96	**Manuf. Emiss. [t]**										
97	HFC-134a		0.08		0.19	0.21	0.24	0.27	0.27	0.30	
98	Subtotal Emiss. [t]		4		19	28	39	49	59	70	
99	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*5*		*25*	*37*	*50*	*64*	*77*	*91*	
100	**Bus Air Conditioners**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
101	**Operating Emiss. [t]**										
102	HFC-134a		12		32	39	46	53	60	66	
103	**Disposal Emiss. [t]**										
104	HFC-134a									3.3	
105	**Manuf. Emiss. [t]**										
106	HFC-134a		0.02		0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	
107	Subtotal Emiss. [t]		12		32	39	46	53	60	70	
108	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*16*		*42*	*50*	*60*	*69*	*78*	*91*	
109	**Agricult. Machines AC**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
110	**Operating Emiss. [t]**										
111	HFC-134a		3		12	16	20	24	29	34	
112	**Disposal Emiss. [t]**										
113	HFC-134a										
114	**Manuf. Emiss. [t]**										
115	HFC-134a		0.1		0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	
116	Subtotal Emiss. [t]		3		13	16	20	25	29	34	
117	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*4*		*16*	*21*	*26*	*32*	*38*	*45*	
118	**Railcar AC**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
119	**Operating Emiss. [t]**										
120	HFC-134a		5.2		12	15	17	20	23	25	
121	**Disposal Emiss. [t]**										
122	HFC-134a										
123	**Manuf. Emiss. [t]**										
124	HFC-134a		0.018		0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	
125	Subtotal Emiss. [t]		5.3		12	15	17	20	23	25	
126	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*7*		*16*	*19*	*22*	*26*	*30*	*32*	

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
66											
67	0.02	0.02		0.02	0.02		0.02	0.02		0.01	0.01
68	0.09	0.09		0.09	0.09		0.09	0.09		0.07	0.05
69	393	626		393	626		331	482		328	413
70	*579*	*948*		*579*	*948*		*487*	*727*		*484*	*623*
71	1.38	1.38		1.38	1.38		1.38	1.38		1.38	1.38
72	*1.8*	*1.8*		*1.8*	*1.8*		*1.8*	*1.8*		*1.8*	*1.8*
73											
74	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
75	2,255	2,496		2,128	2,368		1,511	1,567		1,501	1,194
76	*5,684*	*6,062*		*5,288*	*5,666*		*3,704*	*3,683*		*3,681*	*2,748*
77											
78											
79	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
80	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
81	2,692	2,812		2,692	2,812		2,580	938		2,580	938
82							22	375			
83											
84	604	755		604	755		403	453		403	453
85								9			
86											
87	10	10		10	10		7	0		7	0
88							1	2			
89	3,306	3,577		3,306	3,577		3,013	1,777		2,990	1,391
90	*4,297*	*4,650*		*4,297*	*4,650*		*3,890*	*1,862*		*3,887*	*1,808*
91	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
92	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
93	155	223		155	223		155	211		155	134
94											
95	19	37		19	37		13	25		13	25
96											
97	0.42	0.51		0.42	0.51		0.42	0.51		0.42	0
98	175	261		175	261		168	237		168	159
99	*227*	*339*		*227*	*339*		*219*	*308*		*219*	*207*
100	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
101	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
102	92	104		92	104		92	104		92	65
103											
104	13	17		13	17		8	11		8	11
105											
106	0.05	0.05		0.05	0.05		0.05	0.05		0.05	0
107	105	120		105	120		100	115		100	76
108	*136*	*157*		*136*	*157*		*130*	*149*		*130*	*99*
109	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
110	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
111	57	64		57	64		57	64		57	35
112											
113	7	12		7	12		5	8		5	8
114											
115	0.3	0.3		0.3	0.3		0.3	0.3		0.3	0
116	64	76		64	76		62	72		62	43
117	*83*	*98*		*83*	*98*		*80*	*93*		*80*	*56*
118	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
119	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
120	25	29		25	29		25	29		25	20
121											
122		2			2			1.6			1.6
123											
124	0.02	0.02		0.02	0.02		0.02	0.02		0.02	0
125	25	31		25	31		25	30		25	22
126	*32*	*41*		*32*	*41*		*32*	*40*		*32*	*28*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
127	**Ship Air Conditioning**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
128	**Operating Emiss. [t]**										
129	HFC-134a		0		0.2	0.4	0.7	0.9	1.1	1.3	
130	**Disposal Emiss. [t]**										
131	HFC-134a										
132	**Manuf. Emiss. [t]**										
133	HFC-134a		0		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
134	Subtotal Emiss. [t]		0.0		0.3	0.5	0.7	1.0	1.2	1.4	
135	*Kilotonnes CO2 equiv.*		0		0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	1.9	
136	**Refrigerated Vehicles**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
137	**Operating Emiss. [t]**										
138	HFC-134a		2		7	10	12	13	15	16	
139	404A		7		17	21	25	29	33	35	
140	410A		0.2		2	2	3	3	4	5	
141	152a v. 401B				0.2	0.2	0.25	0.25	0.25	0.22	
142	218 v. 413A				0.1	0.2	0.23	0.23	0.23	0.20	
143	**Disposal Emiss. [t]**										
144	HFC-134a									2.7	
145	404A									5.6	
146	410A										
147	152a v. 401B									0.1	
148	218 v. 413A									0.1	
149	**Manuf. Emiss. [t]**										
150	HFC-134a		0.01		0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	
151	404A		0.01		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
152	410A		0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
153	Subotal Emiss. w/o PFC		9		26	34	40	46	52	64	
154	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*25.49*		*68.222*	*86.196*	*102.53*	*117.535*	*132.873*	*165.32*	
155	**Reefer Container**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
156	**Operating Emiss. [t]**										
157	HFC-134a		3		11.21	13.9	16.6	19.2	22.1	25.4	
158	404A				0.3	0.6	0.9	1.3	1.7	2.3	
159	**Disposal Emiss. [t]**										
160	HFC-134a										
161	404A										
162	Subtotal Emiss. [t]		3.2		11.5	14.5	17.5	20.5	23.8	27.6	
163	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*4*		*16*	*20*	*24*	*29*	*34*	*40*	
164	**Subt. HFCs mobile**										
165	Emiss. w/o PFC [t]		170		677	921	1,168	1,409	1,653	1,908	
166	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*234*		*915*	*1,241*	*1,571*	*1,892*	*2,218*	*2,567*	
167	**Other HFC Use**										
168	**One-Component Foam**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
169	First Year Emiss. [t]										
170	HFC-134a		1080		1092	780	719	660	425	381	
171	HFC-152a		720		728	780	719	660	425	475	
172	Filling-Emiss. [t]										
173	HFC-134a		22.5		24	31.5	37.5	42	37.2	17.4	
174	HFC-152a								9.30	21.6	
175	Subtotal Emiss. [t]		1823		1844	1592	1475	1362	897	894	
176	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*1,534*		*1,553*	*1,164*	*1,084*	*1,005*	*662*	*587*	
177	**PU Hard+Integr. Foam**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
178	First Year Emiss. [t]										
179	HFC-134a				92	92	92	92	92	97	
180	HFC-365mfc/245fa								20	21	
181	HFC-227ea								2	2	
182	Operating Emiss. [t]										
183	HFC-134a				0.49	1.48	2.47	3.46	4.45	5.43	
184	HFC-365mfc/245fa								0.28	0.89	
185	HFC-227ea								0.02	0.07	
186	Subtotal Emiss. [t]		0		92	93	94	95	118	126	
187	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*0*		*120*	*121*	*123*	*124*	*148*	*158*	

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
127	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
128	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
129	2,6	4,4		2,6	4,4		2,6	4,4		2,6	4,4
130											
131											
132											
133	0,1	0,1		0,1	0,1		0,1	0,1		0,1	0,1
134	2,7	4,5		2,7	4,5		2,7	4,5		2,7	4,5
135	3,5	5,8		3,5	5,8		3,5	5,8		3,5	5,8
136	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
137	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
138	15	15		15	15		15	15		15	10
139	42	47		42	47		42	47		42	31
140	6	7		6	7		6	7		6	5
141											
142											
143											
144	3	3		3	3		2	2		2	2
145	7	9		7	9		5	6		5	6
146	1,0	1,3		1,0	1,3		0,7	0,9		0,7	0,9
147											
148											
149											
150	0,02	0,02		0,02	0,02		0,02	0,02		0,02	0,02
151	0,01	0,01		0,01	0,01		0,01	0,0113		0,01	0,01
152	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00		0,00	0,00
153	75	81		75	81		71	77		71	54
154	*197,3*	*218,1*		*197,3*	*218,1*		*187,3*	*206,3*		*187,3*	*145*
155	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
156	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
157	44	48		44	48		44	48		44	24
158	6	8		6	8		6	8		6	4
159											
160	8	10		8	10		5	6,8		5	7
161		1,7			1,7			1,1			1,1
162	58,4	67,6		58,4	67,6		55,8	63,6		55,8	35,8
163	*88*	*107*		*88*	*107*		*85*	*101*		*85*	*57*
164	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
165	3.810	4.219		3.810	4.219		3.498	2.376		3.475	1.785
166	*5.065*	*5.616*		*5.065*	*5.616*		*4.627*	*2.765*		*4.624*	*2.405*
167											
168	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
169	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
170	1092	1092		449	449		22	22		0	0
171	728	728		560	560		28	28		0	0
172											
173	24	24		17,4	17,4		1	1		0	0
174				21,6	21,6		1	1		0	0
175	1844	1844		1048	1048		52	52		0	0
176	*1.553*	*1.553*		*688*	*688*		*34*	*34*		*0*	*0*
177	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
178	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
179	82	82		60	60		60	60			
180	435	435		268	268		268	268		157	28
181	33	33		20	20		20	20		6	1
182											
183	12	22		5,9	5,9		5,9	5,9		5,9	5,9
184	174	465		85	227		85	227		16	29
185	13	35		6	17		6	17		1	1
186	749	1072		446	598		446	598		186	65
187	*797*	*1133*		*477*	*634*		*477*	*634*		*181*	*64*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
188	**XPS Insulating Foam**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
189	First Year Emiss. [t]										
190	HFC-134a							495	540	390	
191	HFC-152a							1150	1428	1313	
192	Operating Emiss. [t]										
193	HFC-134a							1.0	3.1	5.6	
194	HFC-152a										
195	Subtotal Emiss. [t]		0		0	0	0	1646	1971	1709	
196	*Kilotonnes CO2 equiv.*							*806*	*906*	*698*	
197	**Asthma MDIs**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
198	Operating Emiss. [t]										
199	HFC-134a		0		27	36	47	106	160	171	
200	HFC-227		0		0	8	37	36	40	32	
201	Filling-Emiss. [t]										
202	HFC-134a							2	2	2	
203	HFC-227										
204	Subtotal Emiss. [t]		0		27	44	84	143	201	205	
205	*Kilotonnes CO2 equiv.*				*35*	*70*	*168*	*243*	*326*	*318*	
206	**Oth Aerosols/Solvents**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
207	Operating Emiss. [t]										
208	HFC-134a (+43-10mee)		242		249	252	255	257	257	256	
209	HFC-152a		10		10	10	11	15	15	15	
210	Filling-Emiss. [t]										
211	HFC-134a		2.4		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	
212	HFC-152a		0.15		0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	
213	Subtotal Emiss. [t]		254		262	264	269	274	274	274	
214	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*318*		*329*	*331*	*336*	*339*	*339*	*339*	
215	**Fire Extinguishers**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
216	Operating Emiss. [t]										
217	HFC-227				0.01	0.17	0.51	0.78	1.00	1.04	
218	HFC-236fa							0.00227	0.01453	0.031	
219	HFC-23										
220	Filling-Emiss. [t]										
221	HFC-227				0.002	0.004	0.080	0.067	0.033	0.020	
222	HFC-236fa							0.261	0.549	0.385	
223	HFC-23										
224	Disposal Emiss. [t]										
225	HFC-227										
226	HFC-236fa										
227	HFC-23										
228	Subtotal Emiss. [t]				0.01	0.18	0.6	1.11	1.6	1.5	
229	*Kilotonnes CO2 equiv.*				*0.04*	*0.5*	*1.7*	*4.1*	*6.5*	*5.7*	
230	**Semiconduct. HFC-23 [t]**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
231	Emiss. [t]		1.06		1.00	1.05	1.44	1.22	0.94	1.33	
232	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*12.4*		*11.7*	*12.3*	*16.9*	*14.3*	*11.0*	*15.6*	
233	**Magnesium Casting**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
234	HFC-134a [t]									0.2	
235	*Kilotonnes CO2 equiv.*									*0.291*	
236											
241	**Subtot. HFC other use**										
242	Emiss. [t]		2,077		2,226	1,994	1,924	3,523	3,464	3,211	
243	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*1,865*		*2,048*	*1,700*	*1,729*	*2,535*	*2,398*	*2,121*	
244											
245	**Total HFC-Use**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
246	Total HFC-Use Emiss [t]										
247	Subtotal I stat [t]		73		516	696	854	1,004	1,155	1,339	
248	Subtotal II mobil [t]		170		677	921	1,168	1,409	1,653	1,908	
249	Subtotal III other [t]		2,077		2,226	1,994	1,924	3,523	3,464	3,211	
250	Subtotal HFC Use Ems. [t]		2,319		3,419	3,611	3,946	5,936	6,273	6,459	
251											

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
188	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
189	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
190	765	932		586	714		630	769		126	0
191	2868	3496		1673	2040		335	0		335	0
192											
193	32.5	74.3		24.5	56.6		25.6	60.2		20	23
194											
195	3666	4503		2283	2810		991	829		480	23
196	*1,438*	*1,798*		*1,028*	*1,287*		*900*	*1,077*		*236*	*30*
197	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
198	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
199	352	474		234	314		234	314		192	146
200	88	118		49	66		49	66		40	31
201											
202	3	3		3	3		3	3		2	2
203				1	1		1	1		1	0
204	443	595		286	384		286	384		235	179
205	*717*	*963*		*451*	*607*		*451*	*607*		*370*	*283*
206	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
207	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
208	257	257		257	257		162	162		2	2
209	15	15		15	15		10	10		0	0
210											
211	2.4	2.4		2.4	2.4		0.00	0.00		0	0
212	0.15	0.15		0.15	0.15		0.00	0.00		0	0
213	275	275		275	275		172	172		2	2
214	*339*	*339*		*339*	*339*		*212*	*212*		*3*	*3*
215	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
216	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
217	5.3	7.5		5.3	7.5		5.3	7.5		5.3	7.5
218	0.6	0.6		0.6	0.6		0.6	0.6		0.6	0.6
219	0.35	1.84		0.35	1.84		0.35	1.84			
220											
221	0.050	0.050		0.050	0.050		0.050	0.050		0.050	0.050
222	0.384	0.386		0.384	0.386		0.384	0.386		0.384	0.386
223	0.01	0.01		0.01	0.01		0.01	0.01			
224											
225		1.0			1.0			1.0			1.0
226		0.075			0.075			0.075			0.075
227		0.050			0.050			0.050			
228	6.7	11.5		6.7	11.5		6.7	11.5		6.3	9.6
229	*25.9*	*53.7*		*25.9*	*53.7*		*25.9*	*53.7*		*21.7*	*31*
230	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
231	3.6	9.4		1.0	1.0		1.0	1.0		1.0	1.0
232	*42.6*	*110.5*		*11.1*	*11.1*		*11.1*	*11.1*		*11.1*	*11.1*
233	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
234	0	0		0.2	0.2		10.9	17.3		12.4	19.9
235	*0.0*	*0.0*		*0.3*	*0.3*		*14.2*	*22.5*		*16.1*	*25.9*
236											
241	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
242	6,986	8,310		4,346	5,128		1,966	2,065		922	279
243	*4,913*	*5,951*		*3,021*	*3,621*		*2,126*	*2,652*		*838*	*449*
244											
245	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
246	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
247	2,255	2,496		2,128	2,368		1,511	1,567		1,501	1,194
248	3,810	4,219		3,810	4,219		3,498	2,376		3,475	1,785
249	6,986	8,310		4,346	5,128		1,966	2,065		922	279
250	13,051	15,024		10,283	11,715		6,974	6,008		5,899	3,258
251											

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
252	Total HFC Use Ems.										
253	Subtotal Stat Use		169		1,170	1,599	1,994	2,375	2,758	3,205	
254	Subtotal Mobile Use		234		915	1,241	1,571	1,892	2,218	2,567	
255	Subtotal Other use		1,865		2,048	1,700	1,729	2,535	2,398	2,121	
256	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*2,267*		*4,133*	*4,540*	*5,294*	*6,802*	*7,374*	*7,894*	
257											
258	**HFC Production etc.**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
263	Total HFC Prod. Ems. [t]		360		259	248	128	119	132	74	
264	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*4,212*		*2,833*	*2,673*	*1,207*	*1,091*	*1,212*	*533*	
265											
266	**Total HFC Emiss. [t]**		2,679		3,678	3,858	4,073	6,054	6,404	6,532	
267	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*6,479*		*6,966*	*7,213*	*6,501*	*7,893*	*8,586*	*8,427*	
268											
269	**PFC**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
270	**Aluminium Production**										
271	Manuf. Emiss. [t]										
272	CF4		209		157	116	48	50	58	64	
273	C2F6		21		15.7	12	5	5	5.8	6.6	
274	Emiss PFC [t]		230		173	128	53	55	64	70	
275	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*1,552*		*1,166*	*864*	*356*	*372*	*431*	*475*	
276	**Refrigerants**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
277	Oper. + Disp. Emiss. [t]										
278	C2F6 (R-116)				0.5	0.8	1.2	1.7	2.1	2.5	
279	C3F8 (R-218)		1.2		7.3	9.4	10.3	11.1	11.7	12.1	
280	Emiss PFC [t]		1.2		7.8	10.2	11.6	12.7	13.7	14.7	
281	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*8.1*		*55.7*	*73.2*	*83.8*	*92.7*	*101*	*108*	
282	**PCB Manufacture**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
283	Manuf. Emiss. [t]										
284	CF4		2		2	2	2	2	2	2	
285	Emiss PFC [t]		2		2	2	2	2	2	2	
286	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*13*		*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	*13*	
287	**Semiconductors**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
288	Manuf. Emiss. [t]										
289	C2F6		11.3		17.3	18.8	18.5	12.7	12.8	14.4	
290	CF4		11.2		11.7	17.1	20.5	15.8	15.5	14.3	
291	C3F8		0		0.2	0.8	4.1	3.7	4.3	4.8	
292	c-C4F8		0		0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	
293	Emiss PFC [t]		23		29	37	43	32	33	34	
294	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*177*		*238*	*292*	*333*	*246*	*250*	*260*	
295											
296	**Total PFCs**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
297	PFC Emiss [t]		256		212	177	110	102	112	121	
298	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*1,750*		*1,473*	*1,243*	*786*	*723*	*795*	*856*	
299											
300	**SF6**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
301	**El. Eqipment T&D**										
302	Manufact. Switchgear t		20.0		16.6	10.8	9.5	7.3	8.0	5.44	
303	Manufact. Components t		16.0		14.0	14.0	13.2	14.5	14.4	12.40	
304	Bank Emissions t		7.3		8.1	8.5	7.7	8.0	8.2	8.42	
305	Disposal Emissions t				0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	
306	Subtotal Emiss. [t]		43.4		38.7	33.4	30.4	29.8	30.7	26.3	
307	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*1,036*		*924*	*798*	*727*	*713*	*733*	*629*	
308											
309	**Other Electr. Applic.**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
310	Manuf. Emissions t		0.7		12.0	11.6	13.5	12.6	8.9	6.0	
311	Bank Emissions t		4.4		4.9	4.8	5.0	4.8	4.9	4.9	
312	Disposal Emissions t		0.07		0.04	0.09	0	0	0	0	
313	Subtotal Emiss. [t]		5.2		17.0	16.6	18.4	17.4	13.8	10.9	
314	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*125*		*405*	*396*	*441*	*416*	*329*	*260*	

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
252	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
253	5,684	6,062		5,288	5,666		3,704	3,683		3,681	2,748
254	5,065	5,616		5,065	5,616		4,627	2,765		4,624	2,405
255	4,913	5,951		3,021	3,621		2,126	2,652		838	449
256	*15,662*	*17,629*		*13,374*	*14,903*		*10,458*	*9,100*		*9,143*	*5,602*
257	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
258	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
263	272	272		74	74		74	68		52	46
264	*2,851*	*2,851*		*535*	*535*		*535*	*527*		276	268
265											
266	13,323	15,296		10,357	11,789		7,048	6,076		5,950	3,303
267	*18,513*	*20,480*		*13,908*	*15,437*		*10,992*	*9,626*		9,419	5,869
268											
269	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
270	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
271											
272	128.5	128.5		55	55		55	55		44	44
273	12.8	12.8		5	5		5	5		4	4
274	141.3	141		60	60		60	60		48	48
275	*953*	*953*		*408*	*408*		*408*	*408*		*325*	*325*
276	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
277	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
278	5.6	5.6		5.6	5.6		3.6	3.3		3.6	2.4
279	3.0			3.0			3.0			3.0	
280	8.5	5.6		8.5	5.6		6.6	3.3		6.6	2.4
281	*71.9*	*51.1*		*71.9*	*51.1*		*54.2*	*29.9*		*54.0*	*21.9*
282	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
283	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
284	2	2		2	2		2	2		2	2
285	2	2		2	2		2	2		2	2
286	*13*	*13*		*13*	*13*		*13*	*13*		*13*	*13*
287	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
288	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
289	47.0	122.0		10.2	10.2		10.2	10.2		10.2	10.2
290	38.0	98.7		10.1	10.1		10.1	10.1		10.1	10.1
291	0.2	0.5		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0
292	0.1	0.2		0.0	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0
293	85	221		20	20		20	20		20	20
294	*682*	*1769*		*159*	*159*		*159*	*159*		*159*	*159*
295	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
296	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
297	237	370		91	88		89	86		77	73
298	*1,720*	*2,786*		*652*	*631*		*634*	*610*		*551*	*519*
299											
300	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
301	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
302	22.5	22.7		6.9	7.0		6.9	7.0		6.8	6.9
303	14.0	14.0		12.4	12.4		12.4	12.4		6.5	1.5
304	10.5	10.1		9.9	9.6		9.9	9.6		8.7	7.3
305	0.5	0.9		0.5	0.9		0.5	0.9		0.50	0.9
306	47.5	47.7		29.7	30.0		29.7	30.0		22.5	16.6
307	*1,135*	*1,140*		*711*	*716*		*711*	*716*		*537*	*398*
308											
309	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
310	12.02	12.02		1.02	1.02		1.02	1.02		0.02	0.02
311	4.9	4.9		4.9	4.9		4.9	4.9		4.9	4.9
312	0.04	0.04		0.04	0.04		0.04	0.04		0.04	0.04
313	17.0	17.0		6.0	6.0		6.0	6.0		5.0	5.0
314	*405*	*405*		*142*	*142*		*142*	*142*		*118*	*118*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
315											
316	**Magnesium Casting**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
317	Manufacturing Emiss t		7.7		9.2	8.6	13.2	17.3	16.0	19.1	
318	Subtotal Emiss. [t]		7.7		9.2	8.6	13.2	17.3	16.0	19.1	
319	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*185*		*220*	*206*	*316*	*413*	*383*	*457*	
320											
321	**Soundproof Glazing**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
322	Mauf. Emissions t		92		37	32	28.6	25	14	10	
323	Bank Emissions t		16		20	20	20.4	21	21	21	
324	Disposal Emissions t						2.7	6	11	18	
325	Subtotal Emiss. [t]		107.9		56.5	52	51.7	51	46.4	48.3	
326	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*2,578*		*1,350*	*1,244*	*1,236*	*1,227*	*1,108*	*1,155*	
327											
328	**Car Tires**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
329	Disposal Emissions t		110		125	67	50	30	9	6	
330	Subtotal Emiss. [t]		110.0		125.0	67	50	30	9	6	
331	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*2,629*		*2,988*	*1,601*	*1,195*	*717*	*215*	*143*	
332											
333	**Soles/Radar/Gl. Fibre**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
334	Subtotal Emiss. [t]		18.5		22.3	24	23.3	15	16.6	15.4	
335	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*442*		*532*	*574*	*557*	*365*	*396*	*369*	
336											
337	**Tracergas/Al-Cleaning**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
338	Manufacturing Emiss t		1.0		1.0	11.0	14.5	32.5	35.5	45.5	
339	Subtotal Emiss. [t]		1.0		1.0	11.0	14.5	32.5	35.5	45.5	
340	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*23.9*		*23.9*	*263*	*347*	*777*	*848*	*1,087*	
341											
342	**Semiconductors**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
343	Manufacturing Emiss t		2.0		2.4	2.2	2.4	1.8	2.4	2.6	
344	Subtotal Emiss. [t]		2		2	2	2	2	2	2.6	
345	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*49*		*58*	*52*	*56*	*44*	*56*	*62*	
346	23900										
347	**Other SF6**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
348	SF6		7		9	8	9	10	10	10	
349	Subtotal Emiss. [t]		7		9	8	9	10	10	10	
350	*Kilotonnes CO2 equiv.*		167		215	191	215	239	239	239	
351											
352			1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
353	**Total SF6**										
354	Total Emiss. [t]		303		281	223	213	205	180	184	
355	*Kilotonnes CO2 equiv.*		*7,235*		*6,716*	*5,325*	*5,090*	*4,910*	*4,308*	*4,402*	
356											
357											
358	**Total F-Gas-Emissions**		1995		1998	1999	2000	2001	2002	2003	
359											
360	Total HFC [t]		2,679		3,678	3,858	4,073	6,054	6,404	6,532	
361	Total PFC [t]		256		212	177	110	102	112	121	
362	Total SF6 [t]		303		281	223	213	205	180	184	
363	Total F-Gas Emiss. [t]		3,237		4,171	4,258	4,396	6,362	6,697	6,837	
364											
365	HFC ktonnes CO2 eqiv.		6,479		6,966	7,213	6,501	7,893	8,586	8,427	
366	PFC ktonnes CO2 eqiv.		1,750		1,473	1,243	786	723	795	856	
367	SF6 ktonnes CO2 eqiv.		7,235		6,716	5,325	5,090	4,910	4,308	4,402	
368	*Kilotonnes CO2 equiv.*		15,464		15,156	13,781	12,376	13,526	13,689	13,685	

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
315											
316	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
317	41	71		33,1	53,1		4,0	7,0		0,0	0,0
318	40,9	70,8		33,1	53,1		4,0	7,0		0,0	0,0
319	*977*	*1692*		*791*	*1269*		*96*	*167*		*0,0*	*0,0*
320											
321	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
322	37	37		10	10		0	0		0	0
323	23	19		18	9		17	6,6		17	6,6
324	67	143		67	143		67	143		67	143
325	127,0	198,5		95,3	162,0		84,3	149,1		84,3	149,1
326	*3.036*	*4.745*		*2.279*	*3.872*		*2.015*	*3.564*		*2.015*	*3.564*
327											
328	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
329	30	30		2,5	2,5		0,0	0,0		0,0	0,0
330	30,0	30,0		2,5	2,5		0,0	0,0		0,0	0,0
331	*717*	*717*		*60*	*60*		*0,0*	*0,0*		*0,0*	*0,0*
332											
333	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
334	10	10		10	10		10	10		10	10
335	*239*	*239*		*239*	*239*		*239*	*239*		*239*	*239*
336											
337	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
338	40,5	40,5		40,5	40,5		40,5	40,5		0,5	0,5
339	40,5	40,5		40,5	40,5		40,5	40,5		0,5	0,5
340	*968*	*968*		*968*	*968*		*968*	*968*		*12*	*12*
341											
342	w/o Measures as of 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
343	6,6	17,2		0,4	0,4		0,4	0,4		0,4	0,4
344	7	17		0,4	0,4		0,4	0,4		0,4	0,4
345	*158*	*411*		*9*	*9*		*9*	*9*		*9*	*9*
346											
347	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
348	10	10		10	10		10	10		10	10
349	10	10		10	10		10	10		10	10
350	239	239		239	239		239	239		239	239
351											
352	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
353	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
354	329	442		228	314		185	253		133	192
355	*7.875*	*10.556*		*5.438*	*7.514*		*4.418*	*6.045*		*3.169*	*4.579*
356											
357											
358	2010	2020		2010	2020		2010	2020		2010	2020
359	w/o Measures from 99			With Measures until 2003			EU Legislation 2007			With further Measures	
360	13.323	15.296		10.357	11.789		7.048	6.076		5.950	3.303
361	237	370		91	88		89	86		77	73
362	329	442		228	314		185	253		133	192
363	13.890	16.108		10.676	12.192		7.322	6.415		6.160	3.568
364											
365	18.513	20.480		13.908	15.437		10.992	9.626		9.419	5.869
366	1.720	2.786		652	631		634	610		551	519
367	7.875	10.556		5.438	7.514		4.418	6.045		3.169	4.579
368	28.108	33.822		19.998	23.582		16.045	16.281		13.139	10.967

Teil III

Historische Emissionsdaten für 1990

Einleitung

In diesem dritten Teil werden die Emissionsdaten der fluorierten Treibhausgase für das Berichtsjahr 1990 abgeschätzt und dokumentiert. Das Jahr 1995 ist bei diesen Gasen zwar Bezugsjahr für Reduktionsmaßnahmen nach dem Kyoto-Protokoll. Die Emissionsberichterstattung erfolgt allerdings nach UNFCCC und hat daher, wie die Klimarahmenkonvention selbst, als Basisjahr 1990. Obwohl die Emissionsdaten für 1990 von besonderer Bedeutung sind, wurden sie bislang in Deutschland vernachlässigt.

Die nachfolgenden Schätzungen von Aktivitätsdaten und Emissionen gleichen diesen Mangel aus. Um die Übernahme in vorhandene Berichtsformate und in das ZSE zu erleichtern, werden die Einzelquellen gleich in CRF-Tabellen präsentiert, geordnet nach drei (Haupt-)Quellgruppen 2.C (Metallproduktion), 2.E (Produktion halogenierter Kohlenwasserstoffe) und 2.F (Verbrauch von F-Gasen). Diese Gliederung deckt sich nicht mit der Einteilung in die drei Stoffgruppen FKW, HFKW und SF_6. Diese wird zum Schluss im dritten Kapitel dieses Teils herangezogen, wo die Klimawirksamkeit der Emissionen des Jahres 1990 zusammenfassend betrachtet wird.

Die Spezifik des Emissionsbildes des Jahres 1990 wird allerdings auch in der Quellgruppen-Sicht sofort deutlich: Bestimmend sind die Stoffe SF_6 und FKW (CF_4 und C_2F_6), während bewusst eingesetzte HFKW, die gegenwärtig die weitaus größte Stoffgruppe sind, bis auf eine Ausnahme (als Halbleiter-Ätzgas) noch gar nicht vorkommen. Gleichwohl sind sie in ihrer "alten", unbeabsichtigten Form als Nebenprodukt der HFCKW-Synthese hoch klimawirksam.

Bereits die erste deutsche Studie zu Emissionen fluorierter Treibhausgase aus dem Jahr 1996 (Schwarz/Leisewitz) bemühte sich durchweg um Vergleichsdaten aus dem Jahr 1990. Einige davon finden sich nachfolgend unverändert wieder. In manchen Fällen hat der in den letzten neun Jahren geschärfte Blick auf die Einzelquellen rückwirkende Korrekturen erzwungen. Die 1990er Daten der Quellgruppe 2.E "Produktion halogenierter Kohlenwasserstoffe" mussten fast völlig neu ermittelt werden. Im Anschluss an die 1990er Aktivitätsdaten und Emissionen in den CRF-Tabellen wird für jede Einzelquelle die Datenherkunft angeführt.

Die Dokumentation der Daten beschränkt sich auf diese meist nur knappen Datennachweise, um an anderer Stelle Ausgeführtes nicht zu wiederholen. Wer Erörterungen zur Methode vermisst, findet Quellenbeschreibungen, Erhebungsverfahren, Begründungen der Emissionsfaktoren, Einschätzungen von Datenqualität und Datensicherheit für sämtliche Einzelquellen in der bereits mehrfach erwähnten Studie "Emissionen, Aktivitätsraten und Emissionsfaktoren von fluorierten Treibhausgasen (F-Gasen) in Deutschland für die Jahre 1995-2002", die 2005 als UBA-Text 14/05 erschienen ist. Das meiste für 1995-2002 Erörterte ist mit geringen Einschränkungen auch auf 1990 anwendbar. Die Studie wird nachfolgend als "UBA-Text 14/05" abgekürzt und bildet neben "Aktuelle und künftige Emissionen treibhauswirksamer fluorierter Verbindungen in Deutschland" vom Dezember 1996 (abgekürzt: Schwarz/Leisewitz 1996) die Möglichkeit zu vertiefter Information.

Erstes Kapitel.
Die Quellgruppen 2.C und 2.E im Jahr 1990

Im Folgenden wird ein Grundverständnis der CRF-Tabellen vorausgesetzt.

Tabelle 16

TABLE 2(II). C, E SECTORAL BACKGROUND DATA FOR INDUSTRIAL PROCESSES					Germany
Metal Production; Production of Halocarbons and SF_6					1990
GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES	ACTIVITY DATA		IMPLIED EMISSION FACTORS	EMISSIONS	
	Description	(t)	(kg/t)	(t)	(t)
C. PFCs and SF_6 from Metal Production					
PFCs from Aluminium Production					
CF_4	Al-production	740.300	0,453	335,5	
C_2F_6	Al-production	740.300	0,045	33,5	
SF_6				7,9	
Aluminium Foundries	*(SF_6 consumption)*	0,50	NA	0,5	
Magnesium Foundries	Mg-production	2.000	3,70	7,4	
E. Production of Halocarbons and SF_6					
1. By-product Emissions					
Production of HCFC-22	Production	31.400			
HFC-23			11,78	370	[360]
Production of CFC-11/12	Production	72.000			
PFC-14 (CF4)			0,17	12	[5]
2. Fugitive Emissions					
HFCs *(specify chemical)*					
SF_6	Production	Confid..	Confid.	5	

Die Zahl [360] rechts außen in eckigen Klammern bedeutet HFKW-23 (in Tonnen), der aufgefangen und zu Kältemitteln oder Halonen weiter verarbeitet, die [5] bedeutet CF_4, das aufgefangen und zu Ätzgas aufgereinigt wurde. Beide Maßnahmen mindern Emissionen.

Nachweise der Daten

FKW-Emissionen aus der Aluminiumproduktion (CF_4, C_2F_6)

Die seit 1995 dokumentierten Produktions- und Emissionsdaten beziehen sich auf fünf inländische Hütten. Im Jahr 1990 gab es allerdings noch fünf weitere Hütten. Zwei waren in der DDR, die noch im gleichen Jahr geschlossen wurden. Drei lagen in den alten Bundesländern. Sie wurden ebenfalls Anfang der 90er Jahre geschlossen.

Alle Daten zu 1990 wurden bereits 1996 mit ausreichender Sorgfalt ermittelt bzw. abgeschätzt und in Schwarz/Leisewitz 1996, S. 61-72, präsentiert und dokumentiert.

SF_6-Anwendung in Aluminiumgießereien (Schmelzenreinigung)

Verbrauch und – damit identische - Emissionen stammen ebenfalls aus Schwarz/Leisewitz 1996, S. 50 (unverändert).

SF_6-Anwendung in Magnesiumgießereien (Schutzgas)

Verbrauch und – damit identische - Emissionen: Schwarz/Leisewitz 1996, S. 39-44 (kontrolliert und bestätigt 2005).

Nebenprodukt-Emissionen von HFKW-23 aus der HFCKW-22-Herstellung

Die – unerwünschten - Emissionen des HFKW-23 wurden in Schwarz/Leisewitz 1996, S. 125/126, für 1990 auf 200 t geschätzt. Außerdem wurde eine aufgefangene Teilmenge von 10 t angegeben, die teils als Tieftemperatur-Kältemittel R-23 direkt verkauft und teils zum bromhaltigen Kältemittel R-13B1 weiterverarbeitet wurde.

Diese Schätzungen stützten sich ausschließlich auf die größte der damals drei bestehenden Anlagen für HFCKW-22 in Deutschland (einschl. DDR), die Anlage bei der Hoechst AG in Frankfurt am Main.

In 2005 wurden die Betreiber der in 1990 zweitgrößten Anlage (Bad Wimpfen) erneut befragt. Sie bestätigten ihre Aussage vom 23.04.1996 (gegenüber Öko-Recherche), dass 1990 der anfallende HFKW-23 quantitativ aufgefangen und als Ausgangsstoff für Halon 1301 genutzt wurde, somit erwähnenswerte Emissionen nicht entstanden.

In 2005 wurde rückwirkend auch nach der HFCKW-22-Produktion in der DDR des Jahres 1990 (dritte Anlage) gefragt. Nach Auskunft von Rainer Niepel (03.06.2005), heute Geschäftsführer der Fluorchemie Dohna GmbH, die Flusssäure (HF) produziert, wurde in Dohna (bei Dresden) bis 1991 auf einer Technikums-Anlage HFCKW-22 hergestellt, und zwar jährlich ca. 1100 t. Der zwangsläufig anfallende HFKW-23 wurde über einen Rieselturm in die Atmosphäre abgelassen. Da keine Messungen stattfanden, wird hier zur Emissionsbestimmung der internationale Standard-Emissionsfaktor 3% angesetzt. Demzufolge emittierten von dieser Anlage etwa 30 t HFKW-23, die früher nicht berücksichtigt worden waren.

Schließlich wurden auch die 1990er Daten zur Anlage der Hoechst AG überprüft. Im Öko-Recherche-Archiv fand sich ein Fax der Hoechst AG (Schönfeld, Harder) vom 14.08.1991, worin die 1990er Produktion von HFCKW-22 mit 20.842 t beziffert wurde. In diesem Lichte erhielt die Aussage der am 23.03.1996 von Schwarz/Leisewitz befragten Hoechst-Experten Dr. Hug und Dr. Debrodt über einen "R-23-Anteil von 1,5 bis 2% an der R-22-Produktion" neues Gewicht. Denn der Zwangsanfall von R-23 aus der Hoechst-Anlage muss zwischen 300 und 400 t (anstatt 200 t) betragen haben. Er wird hier auf 350 t geschätzt. Davon werden 10 t für Kältemittel-Verwendung subtrahiert. 340 t emittierten in die Atmosphäre.

Hier ist anzumerken, dass in Frankfurt seit Mitte 1995 alles überschüssige R-23-Abgas in der benachbarten thermischen Spaltanlage vernichtet wird.

Nebenprodukt-Emissionen von CF_4 (R-14) aus der FCKW-Produktion

In Schwarz/Leisewitz 1996, S. 75, wurde der 1990er Zwangsanfall von CF_4 (R-14) aus der Synthese der FCKW-11 und -12 auf 15 t beziffert. Davon wurden 5 t aufgefangen und nach Aufreinigung als Ätzgas für die Halbleiter-/Elektronikindustrie verkauft, so dass die CF_4-Emissionen ca. 10 t betragen haben. Im April 1994 wurde die FCKW-Produktion eingestellt und die Produktion von HFKW-134a begonnen.

Wie bei HFKW-23 stammen die genannten 1990er Daten ausschließlich von der größten deutschen Anlage, die ebenfalls von der Hoechst AG betrieben wurde.

In 2005 wurden die Betreiber der in 1990 zweitgrößten Anlage um Überprüfung ihrer Aussage vom 23.04.1996 (gegenüber Öko-Recherche) gebeten, dass ihre FCKW-Produktion nicht mit CF_4-Emissionen verbunden war. Antwort: "Da bei der FCKW-Produktion von Solvay Fluor im Werk Wimpfen der Schwerpunkt bei FCKW-11 für Schaumanwendungen lag, wurde der Fluorierungsprozess von Tetra (CCl_4) so gefahren, dass möglichst wenig FCKW-12, damit auch nur minimale Anteile FCKW-13 und praktisch kein FKW-14 mehr entstanden. Tatsächlich konnte nach Angaben meiner Kollegen nie FKW-14 im Rohprodukt nachgewiesen werden. Die Emissionen von FKW-14 im Werk Wimpfen können damit mit 0 angesetzt werden" (Dr. Ewald Preisegger, Solvay Fluor & Derivate GmbH, Hannover, 27.06.2005).

In 2005 wurde auch rückwirkend nach den FKW-14-Emissionen in der DDR des Jahres 1990 recherchiert. In Nünchritz bei Dresden, einem Standort des VEB Chemiekombinats Bitterfeld, wurden die FCKW-11 und -12 hergestellt. Die Produktion wurde 1992 eingestellt, nachdem die Hüls AG zum 01.06.1991 das Chemiewerk Nünchritz für seine Siliconchemie gekauft hatte (Archivdaten Öko-Recherche). Die Kapazität betrug 10.000 bis 11.000 t (Robin Wood Magazin, Nr. 29/2.1991, S. 27), wovon 1990 nach unserer Schätzung 7.000 t realisiert wurden.

Wird die gleiche Relation zwischen FKW-14-Anfall und FCKW-11/12-Ausstoß wie bei der Hoechst AG zugrunde gelegt, nämlich 0,03%, können die R-14-Emissionen aus Nünchritz auf etwa 2 t geschätzt werden.

Nachrichtlich sei hier noch die 1990er Produktion von FCKW-11/-12 der Hoechst AG und der Kali-Chemie (heute Solvay Fluor) erwähnt. Hoechst: 42.500 t (Fax der Hoechst AG, 14.08.1991, Harder und Schönfeld); Kali-Chemie: 22.500 t (Schätzung Öko-recherche).

Emissionen bei der SF_6-Produktion

SF_6 wurde auch schon 1990 in Deutschland nur in Bad Wimpfen hergestellt. Ausstoß und dabei auftretende flüchtige Emissionen waren bisher nicht recherchiert worden. Der heutige Betreiber der Anlage, die Solvay Fluor GmbH, ermittelte für diese Studie die Produktionsmenge von 1990, die hier vertraulich bleiben muss. (Mitt. Ewald Preisegger, Solvay Fluor & Derivate GmbH, Hannover, 27.06.2005). Die flüchtigen Emissionen werden von Öko-Recherche auf 5 t veranschlagt.

Zweites Kapitel.
Die Quellgruppe 2.F im Jahr 1990

Tabelle 17

TABLE 2(II).F SECTORAL BACKGROUND DATA FOR INDUSTRIAL PROCESSES									Germany
Consumption of Halocarbons and SF_6									1990
	ACTIVITY DATA			**IMPLIED EMISSION FACTORS**			**EMISSIONS**		
	Amount of fluid			**Product manu-facturing factor**	**Product life factor**	**Disposal loss factor**	**From manu-facturing**	**From stocks**	**From dis-posal**
	Filled in new manu-factured products	**In operating systems (average annual stocks)**	**Re-mained in products at decomm-issioning**						
	(t)			**(% per annum)**			**(t)**		
SF_6-Anwendungen									
Elektrische Betriebsm.	273	800		*10%*	*1%*		30,0	8,0	
Schallschutzscheiben	180	903		*33%*	*1%*		59,4	9,0	
Autoreifen	100	250	65			*100%*			65,0
Spurengas	0,5			*100%*			0,5		
Schuhsohlen/Radar									7,0
Teilchenbeschleuniger	1,5	61,4		*1%*	*8%*		0,02	5,2	
Halbleiter/Elektronik									
Halbleiter CF_4	8			*85%*			6,8		
Halbleiter C_2F_6	12			*75%*			8,4		
Halbleiter CHF_3	4			*85%*			3,4		
Halbleiter NF_3	1			*40%*			0,4		
Halbleiter SF_6	5			*73%*			3,7		
Elektronik CF_4	3			*85%*			2,6		

NF_3 wird in der Tabelle nur angeführt, aber nach CRF noch nicht als klimawirksam gezählt.

Nachweise der Daten

Betriebsmittel zur Elektrizitätsübertragung
Bestand und Bestandsemissionen: Schwarz/Leisewitz 1996, S. 14-24, kontrolliert und bestätigt 2005.

Verbrauch und Herstellungsemissionen neu rekonstruiert 2005 an Hand der Daten aus dem jährlichen ZVEI-VDN-Monitoring im Rahmen der Selbstverpflichtung von 1997, sowie durch pers. Gespräche mit Experten wie Friedrich Plöger (Siemens AG), Jürgen Voss (Ritz Messwandler GmbH & Co. KG), Johannes Stein (ZVEI, Fachbereich Schaltgeräte, Schaltanlagen, Industriesteuerungen).

Schallschutzscheiben
Verbrauch, Bestand und Emissionen: Schwarz/Leisewitz 1996, S. 25-32.
Überarbeitet 2004 in: UBA-Text 14/05, S. 213-227.

Autoreifen
Verbrauch und Emissionen: Schwarz/Leisewitz 1996, S. 34-38, korrigiert im Zuge der Studie über Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten UBA-Text 14/05, S. 228-233.

Spurengas
Verbrauch und Emissionen: Schwarz/Leisewitz 1996, S. 49 (unverändert).

Flugzeugradar
Emissionen neu ermittelt in UBA-Text 14/05, S. 245-248 (Daten vertraulich).

Sportschuhsohlen
Emissionen ermittelt im Rahmen der Studie Schwarz/Leisewitz 1996 (Datenquelle dort veröffentlicht, Daten selbst vertraulich).

Teilchenbeschleuniger
Verbrauch, Bestand und Emissionen zuerst in Schwarz/Leisewitz 1996, S. 45/46. Erneut rekonstruiert im Rahmen der Öko-Recherche-Sondererhebung 2004 (unveröffentlicht, erst ab 1995 wiedergegeben in UBA-Text 14/05, S. 254-261).

Halbleiterindustrie: SF_6, CF_4, C_2F_6, CHF_3, NF_3
Verbrauch und Emissionen: Schwarz/Leisewitz 1996, S. 133-142 (kontrolliert und bestätigt 2005).

Elektronikindustrie (Leiterplattenreinigung mit CF_4)
Verbrauch und Emissionen: Schwarz/Leisewitz 1996, S. 74 (kontrolliert und bestätigt 2005).

Drittes Kapitel.
Ökologische Bewertung der Emissionen von 1990

Werden die in den beiden Tabellen 16 und 17 nach Quellgruppen geordneten Einzelquellen nach Stoffgruppen zusammengefasst, ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 18: Die Emissionen von 1990 nach Stoffgruppen

Stoffgruppe	Emissionen in metrischen t	Emissionen in Tsd. t CO_2-Äquivalente	*Mittleres GWP*
FKW (CF_4, C_2F_6)	399	2705	*6784*
HFKW-23 (CHF_3)	373	4369	*11700*
SF_6	201	4797	*23900*
Summe	973	11871	*12202*

Quellen: Tabelle 16 und Tabelle 17

Die gesamten F-Gas-Emissionen des Jahres 1990 betragen metrisch nur 973 t. Das ist ein Bruchteil der Menge des Jahres 2003 mit 6837 t (s. Teil II, Erstes Kapitel). In der Klimawirkung machen die 1990er Emissionen allerdings 11,87 Mio. t CO_2-Äquivalente aus, was nicht sehr viel unter dem Wert von 2003 mit 13,69 Mio. t ist. Der Grund dafür ist, dass 1990 nur F-Gase mit extrem hohem GWP emittierten, nämlich CF_4 (GWP: 6500), C_2F_6 (9200), CHF_3 (11700) und SF_6 (23900). Das durchschnittliche GWP (s. Tab. 18, letzte Spalte) betrug 12.202 (1990) gegenüber rechnerischen 2001 im Jahre 2003.

Die bewusst als FCKW-Nachfolger eingesetzten neuen HFKW wie HFKW-134a haben ein GWP von 1300 oder generell zwischen 140 und 3300. Darum schlägt sich das auf verstärkten HFKW-Einsatz zurückgehende rapide Wachstum der F-Gas-Emissionen nach 1990 bisher nur als mäßiger Zuwachs ihrer Klimawirkung nieder.

Dazu kommt, dass die Emissionen der "alten" F-Gase aus der Zeit vor dem FCKW-Ersatz seit 1990 tendenziell abnehmen.

- Aus fast 400 t FKW (überwiegend CF_4) in 1990 sind im Jahr 2003 – vor allem dank der Anstrengungen der Aluminiumindustrie – 121 t geworden.

- Noch stärker ist der Rückgang bei den Emissionen des HFKW-23 aus der R-22-Produktion. Hier ist die Chemische Industrie mittlerweile tätig geworden.

- Umso auffälliger ist die relative Konstanz der SF_6-Emissionen. Sie sind von 201 t (1990) nur auf 184 t (2003) gesunken, nach einem zwischenzeitlichen Hoch von über 300 t im Jahr 1995. Da aus der Einzelquelle Schallschutzscheiben noch bis 2020 ein starker Emissionsanstieg vorgezeichnet ist, sind politische Maßnahmen (EU F-Gase-Verordnung) zur Emissionsdämmung hier vorrangig.

Der mögliche Emissionsrückgang der "alten" F-Gase ist heute bereits zu großem Teil ausgeschöpft. Wenn es politische Absicht ist, das klimawirksame Wachstum der F-Gase grundsätzlich wieder auf den Stand des Jahres 1990 zurückzuführen, sind weitere Maßnahmen zur Emissionsdämpfung bei den "neuen" F-Gasen, den bewusst für ihren Einsatz hergestellten HFKW erforderlich. Die EU-Direktive über den Ausstieg aus HFKW-134a aus Pkw-Klimaanlagen geht in diese Richtung.

Anhang: Die verwendeten GWP-Werte

GWP-Werte der in der Studie vorkommenden fluorierten Treibhausgase (ohne chlorhaltige Substanzen)			
Substanz	Summenformel bzw. Zusammensetzung	Name	GWP 100
FKW (PFC)			
	CF_4	14	6500
	C_2F_6	116	9200
	C_3F_8	218	7000
	c-C_4F_8	318	8700
HFKW (HFC)			
	CHF_3	23	11700
	CH_2F_2	32	650
	C_2HF_5	125	2800
	$C_2H_2F_4$	134a	1300
	$C_2H_3F_3$	143a	3800
	$C_2H_4F_2$	152a	140
	C_3HF_7	227ea	2900
	$C_3H_2F_6$	236fa	6300
	$C_3H_3F_5$	245fa	950*
	$C_4H_5F_5$	365mfc	890*
	$C_5H_2F_{10}$	43-10mee	1300
Kältemischungen (ohne "Drop-In"-Mischungen)			
	143a/125/134a (52/44/4)	404A	3260
	32/125/134a (23/25/52)	407C	1525,5
	32/125 (50/50)	410A	1725
	125/143a (50/50)	507	3300
	116/23 (54/46)	508B	10350
Sonstige			
	SF_6		23900

Erläuterung

Die GWP-Werte folgen den Angaben im Zweiten Sachstandsbericht (Second Assessment Report) des IPCC von 1996, die für die UNFCCC-Berichterstattung immer noch maßgeblich sind. Lediglich für HFKW-365mfc und -245fa wurde der Dritte Bericht des IPCC (Third Assessment Report) von 2001 herangezogen, weil diese beiden Substanzen in IPCC 1996 noch nicht vorkommen.

Literatur

IPCC (1996) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change; J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell, eds.; Cambridge University Press. Cambridge, U.K.
IPCC (2001) *Climate Change 2001: A Scientific Basis*, Intergovernmental Panel on Climate Change; J.T. Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, C.A. Johnson, and K. Maskell, eds.; Cambridge University Press. Cambridge, U.K.