

**Sonderheft 342**  
*Special Issue*

**Calculations of gaseous and  
particulate emissions from  
German agriculture 1990 - 2009**

**Berechnung von gas- und partikel-  
förmigen Emissionen aus der  
deutschen Landwirtschaft 1990 - 2009**

Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Eike  
Poddey, Ulrich Dämmgen, Helmut Döhler,  
Brigitte Eurich-Menden, Petra Laubach, Maria  
Dieterle, Bernhard Osterburg

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

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

***Bibliografische Information  
der Deutschen Bibliothek***

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



**2011**

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

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

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

Responsibility for the content rests  
exclusively with the authors.

Die Verantwortung für die Inhalte liegt  
bei den jeweiligen Verfassern bzw.  
Verfasserinnen.

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

**Preis / Price 12 €**

**ISSN 0376-0723**

**ISBN 978-3-86576-068-5**

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

**Sonderheft 342**  
*Special Issue*

**Calculations of gaseous and  
particulate emissions from  
German agriculture 1990 - 2009**

**Berechnung von gas- und partikel-  
förmigen Emissionen aus der  
deutschen Landwirtschaft 1990 - 2009**

Claus Rösemann<sup>1</sup>, Hans-Dieter Haenel<sup>1</sup>, Eike  
Poddey<sup>1</sup>, Ulrich Dämmgen<sup>2</sup>, Helmut Döhler<sup>3</sup>,  
Brigitte Eurich-Menden<sup>3</sup>, Petra Laubach<sup>3</sup>, Maria  
Dieterle<sup>4</sup>, Bernhard Osterburg<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup> University of Veterinary Medicine Hannover, Institute for Animal Breeding and  
Genetics, Buenteweg 17p, D-30559 Hannover, Germany

<sup>3</sup> Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL), Bartningstraße 49,  
D-64289 Darmstadt, Germany

<sup>4</sup> Statistisches Bundesamt (DESTATIS), Graurheindorfer Str. 198, D-53117 Bonn,  
Germany

<sup>5</sup> Johann Heinrich von Thünen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas,  
Forestry and Fisheries (vTI), Institute of Rural Studies, Bundesallee 50,  
D-38116 Braunschweig, Germany



## Vorwort

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

*Michael Strogies*

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

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

Die Zielstellungen der internationalen Regelungen bestehen in der:

- Vermeidung bzw. Verminderung der Effekte der Klimaänderung
- Gewährleistung des Schutzes der Ozonschicht
- Vermeidung von Versauerung und Eutrophierung in Ökosystemen
- Bekämpfung der Entstehung von bodennahem Ozon
- Reduzierung der Feinstaubbelastungen
- Einhaltung von Luftqualitätsstandards
- Vermeidung gefährlicher (toxischer) Luftbelastungen
- Information der Öffentlichkeit über den Umweltzustand

Die Erfüllung der eingegangenen Verpflichtungen ist durch eine zeitnahe Erfassung, Bewertung, Berechnung sowie Berichterstattung und Dokumentation der jeweiligen Emissionsfrachten nachzuweisen.

Zusätzlich sind durch das im Februar 2005 in Kraft getretene Kyoto-Protokoll Verknüpfungen zwischen umweltstrategischen Zielen und flexiblen ökonomischen Instrumenten (Emissionshandel sowie gemeinsame Projekte mit Entwicklungsländern bzw. entwickelten Industrienationen) zu deren Zielerreichung vereinbart worden. Durch die damit erfolgte ökonomische und monetäre Bewertung der Emissionen sind weitere umfangreiche Anforderungen an die Genauigkeit der Emissionsermittlung gestellt. Diese bestehen in der Forderung nach Transparenz der Ermittlung und Berichterstattung, Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen anderer Länder, Konsistenz der berichteten Emissionszeitreihen, Vollständigkeit der Einbeziehung aller Quellen und Senken in das Inventar sowie die Bestimmung der Genauigkeit der Emissionsergebnisse. Daraus abgeleitet ist die

- Dokumentation der Quellen aller verwendeten Daten, Modelle und Berechnungsverfahren,
- detaillierte Verfahrensbeschreibungen durch einen Nationalen Inventarbericht,
- Angabe der Fehlerbandbreiten für die verwendeten Daten und Parameter sowie für die berechneten Emissionsfrachten,

---

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

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

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

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

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

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

- Sicherstellung eines Qualitätsmanagements über den gesamten Prozess der Datenerhebung, Berechnung und Berichterstattung der Emissionsinventare
- jährliche Überprüfung der Emissionsinventare (Berechnungsgrundlagen, Datenflüsse, Methoden und Ergebnisse) durch internationale Experten und zentrale statistische Analysen
- Archivierung aller Informationen für die Berichterstattung zu sichern.

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

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

Für den Bereich der land- und forstwirtschaftlich verursachten Emissionen hat sich über die letzten Jahre bereits im Vorgriff auf diese internationalen Anforderungen und dem gemeinsamen Verständnis der Zuständigkeit für diese Aufgabe eine enge Kooperation entwickelt.

Auf der Basis einer Ressortvereinbarung zur Führung von Datenbanken und dem Austausch der jeweils benötigten Daten und Angaben werden Fragestellungen zur Ermittlung der relevanten Emissionen in enger Zusammenarbeit bearbeitet. Der hier vorgelegte Bericht beinhaltet eine detaillierte Zusammenstellung der Basisinformationen und Methoden, mit denen gegenwärtig die Berechnung der landwirtschaftlichen Emissionen erfolgt.

Diese Zusammenarbeit sichert die frühestmögliche Einbeziehung der Ergebnisse der im von Thünen

Institut (vTI) koordinierten internationalen Arbeiten (UNECE) zur Weiterentwicklung der Berechnungsmethoden für landwirtschaftliche Emissionen (EMEP/EEA Guidebook) in den nationalen Prozess der Emissionsberechnung und –berichterstattung. Ein Beispiel hierfür ist das angewendete Gesamtstickstoffbilanzmodell.

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

- Im vTI werden dezentrale detaillierte Datenbanken und Berechnungsmodelle betrieben, die – neben eigenen Zielstellungen der jeweiligen Institute und Einrichtungen – eine Quantifizierung der relevanten Emissionen aus der Land- und Forstwirtschaft sowie der Einbindung von Treibhausgasen in Senken ermöglichen.
- Über vereinbarte Schnittstellen werden jährlich daraus abgeleitete aggregierte Ergebnisse und Basisinformationen in die für die internationale Berichterstattung entwickelte zentrale Datenbank (ZSE = zentrales System Emissionen) im Umweltbundesamt übernommen.
- Parallel dazu werden die entsprechenden geforderten Dokumentationen zur Beschreibung der Emissionsermittlung erarbeitet und in den nationalen Inventarbericht (NIR und IIR) aufgenommen.
- Über das ZSE erfolgen die Datenzusammenstellungen in den jeweils geforderten Berichtsformaten (UNECE = NFR; UNFCCC = CRF).
- Nach abgeschlossener Ressortabstimmung erfolgt dann über das Bundesumweltministerium die Übermittlung der Daten und Informationen an die jeweiligen Adressaten der Berichtsverpflichtung in Genf (UNECE), Bonn (UNFCCC) und Brüssel (EU). Diese bestehen aus detaillierten umfangreichen tabellarischen Datenzusammenstellungen und einer ausführlichen textlichen Beschreibung<sup>8</sup> der Ermittlung dieser Emissionen.
- Die sich im Rahmen der beiden UN-Konventionen an die Berichterstattung anschließenden internationalen Überprüfungsprozesse der vorgelegten nationalen Emissionsinventare werden in enger Kooperation bearbeitet.

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

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

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

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

Dieser Bericht dokumentiert die landwirtschaftlichen Detailberechnungen für das Jahr 2009. Er erfüllt die erweiterten Berichtsanforderungen des Kyoto-Protokolls, die sich aus der im Dezember 2006 entschiedenen zusätzlichen Anrechnungsmöglichkeit der Emissionsgutschriften aus dem Waldmanagement nach Artikel 3.4 des Kyoto-Protokolls ergeben. Hierfür sind spezielle und ressourcenintensive Anforderungen an das Kohlenstoff-Bodenmonitoring zu erfüllen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der ausführlichen Dokumentation der Anwendung von neuen Methoden und Parametern (insbesondere der IPCC-Guidelines 2006<sup>9</sup>).

Im Jahr 2010 wurden die durch Deutschland vorgelegten Emissionsinventare mehrfach detailliert überprüft. Neben automatisierten Prüfungen und Auswertungen bei den jeweiligen Datenempfängern erfolgte für die Berichterstattung unter der Genfer Luftreinhaltekonvention vom 21. bis zum 25. Juni 2010 in Kopenhagen eine Expertenüberprüfung<sup>10</sup> in der die Qualität und Vollständigkeit insbesondere der landwirtschaftlich verursachten Emissionen hervorgehoben wurde.

Eine weitere detaillierte Expertenüberprüfung erfolgte vom 20. bis 25. September 2010 für die Berichterstattung der Treibhausgase im Rahmen eines „In-country-reviews“. Die Ergebnisse befinden sich zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses für den vorliegenden Bericht noch in der Diskussion zwischen dem Sekretariat der Klimarahmenkonvention und den nationalen Experten.

---

<sup>9</sup> 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

<sup>10</sup> Report for the Stage 3 in-depth review of emission inventories submitted under the UNECE LRTAP Convention and EU National Emissions Ceilings Directive for: GERMANY, veröffentlicht: [http://www.ceip.at/fileadmin/inhalte/emep/pdf/2010/DE\\_Stage3\\_Review\\_Report\\_2010.pdf](http://www.ceip.at/fileadmin/inhalte/emep/pdf/2010/DE_Stage3_Review_Report_2010.pdf)





## **Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2009**

### **Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 / 2009**

*Claus Rösemann<sup>1</sup>, Hans-Dieter Haenel<sup>1</sup>, Eike Poddey<sup>1</sup>, Ulrich Dämmgen<sup>2</sup>, Helmut Döhler<sup>3</sup>, Brigitte Eurich-Menden<sup>3</sup>, Petra Laubach<sup>3</sup>, Maria Dieterle<sup>4</sup>, Bernhard Osterburg<sup>5</sup>*

---

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

<sup>2</sup> University of Veterinary Medicine Hannover, Institute for Animal Breeding and Genetics, Buenteweg 17p, 30559 Hannover, Germany

<sup>3</sup> Association for Technology and Structures in Agriculture (KTBL), Bartningstraße 49, 64289 Darmstadt, Germany

<sup>4</sup> Statistisches Bundesamt (DESTATIS), Graurheindorfer Str. 198, 53117 Bonn, Germany

<sup>5</sup> Johann Heinrich von Thunen Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (vTI), Institute of Rural Studies, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

**Table of Contents / Inhaltsübersicht**

<b>1</b>	<b>Introduction / Einführung.....</b>	<b>23</b>
<b>1.1</b>	<b>Scope of the report / Gegenstand des Berichts .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2</b>	<b>Overview of emission results / Übersicht über Emissionsergebnisse.....</b>	<b>25</b>
1.2.1	CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O emissions / CH <sub>4</sub> - und N <sub>2</sub> O-Emissionen .....	25
1.2.2	NH <sub>3</sub> emissions / NH <sub>3</sub> -Emissionen.....	28
<b>1.3</b>	<b>Changes with respect to the previous report and improvements planned / Änderungen gegenüber dem vorherigen Bericht und geplante Verbesserungen .....</b>	<b>31</b>
1.3.1	Changes with respect to the previous report / Änderungen gegenüber dem vorherigen Bericht ...	31
1.3.2	Improvements planned / geplante Verbesserungen.....	43
<b>1.4</b>	<b>Data CD / Daten-CD .....</b>	<b>44</b>
<b>2</b>	<b>Terminology, definitions and units / Begriffe, Definitionen und Einheiten .....</b>	<b>47</b>
<b>2.1</b>	<b>Terminology / Begriffe.....</b>	<b>47</b>
2.1.1	Translation of technical terms / Die Übersetzung von Fachbegriffen.....	47
2.1.2	The terms “animal number“ and “animal place“ / Die Begriffe „Tierzahlen“ und „Tierplätze“ ..	47
2.1.3	Periods of time: the term “animal round“ and related entities / Zeiten: Der Begriff „Durchgang“ und damit zusammenhängende Größen .....	47
2.1.4	Animal weight definitions / Tiergewicht-Definitionen.....	48
2.1.4.1	Start weight, final live weight and carcass weight / Anfangs-, Lebendend- und Schlachtgewicht	48
2.1.4.2	Weight gain and weight gain rate / Zuwachs und Zuwachsrate.....	48
2.1.4.3	Mean weights / Mittlere Gewichte.....	49
2.1.4.4	Metabolic weight and cumulative metabolic weight / Metabolisches und kumuliertes metabolisches Gewicht .....	49
2.1.4.5	Carcass weight / Gewicht nach Schlachtung .....	49
2.1.5	The terms “emissions“ and “emission factors“ / Die Begriffe „Emissionen“ und „Emissionsfaktoren“ .....	50
<b>2.2</b>	<b>Units and Symbols / Einheiten und Symbole .....</b>	<b>51</b>
2.2.1	Units / Einheiten .....	51
2.2.2	Symbols / Symbole .....	52
<b>2.3</b>	<b>Referencing formats / Zitierweise.....</b>	<b>54</b>
2.3.1	EMEP Guidebook and IPCC Guidelines / EMEP Guidebook und IPCC Guidelines .....	54
2.3.2	German Statistics Documents / Deutsche Statistiken .....	54
<b>3</b>	<b>Modelling basics and data availability / Modellgrundlagen und Datenverfügbarkeit .....</b>	<b>55</b>
<b>3.1</b>	<b>Structure and Terminology of the model GAS-EM / Das Modell GAS-EM, Aufbau und Begriffe .....</b>	<b>55</b>
3.1.1	Relevant guidance documents / Die relevanten Handbücher.....	55
3.1.2	Choice of methodologies / Zur Methodenwahl.....	55
3.1.3	The model GAS-EM / Das Modell GAS-EM.....	56
3.1.4	Structure of the EXCEL® calculation workbooks / Aufbau der EXCEL®-Rechenmappen .....	58
<b>3.2</b>	<b>Energies in animal metabolism / Energien im tierischen Stoffwechsel .....</b>	<b>59</b>
3.2.1	Energy definitions / Energie-Definitionen.....	59
3.2.2	Digestibility and metabolizability / Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit .....	59
3.2.3	Intake of gross energy / Gesamtenergie-Aufnahme.....	60
<b>3.3</b>	<b>Methane emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung.....</b>	<b>61</b>
3.3.1	General Procedure / Allgemeine Vorgehensweise.....	61
3.3.2	Assessment of methane emissions from enteric fermentation / Bestimmung der Methanemissionen aus der Verdauung .....	62
3.3.2.1	Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren.....	62
3.3.2.2	Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren.....	62
3.3.2.3	Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren.....	62
<b>3.4</b>	<b>Carbon in manure management / Kohlenstoff im Wirtschaftsdünger-Management.....</b>	<b>63</b>
3.4.1	Carbon excretions / Kohlenstoff-Ausscheidungen.....	63
3.4.2	Carbon flows in manure management / Kohlenstoff-Fluss im Wirtschaftsdünger-Management .....	63
3.4.3	Methane emissions from manure management / Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger-Management .....	64

3.4.3.1	General Procedure / Allgemeine Vorgehensweise .....	64
3.4.3.2	Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren .....	65
3.4.3.3	Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren .....	65
3.4.3.4	Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren .....	66
3.4.4	NMVOC emissions from manure management / NMVOC-Emissionen aus Wirtschaftsdünger- Management .....	66
3.4.5	Carbon dioxide emissions from manure management / Kohlenstoffdioxid-Emissionen aus Wirtschaftsdünger-Management .....	67
<b>3.5</b>	<b>Nitrogen in manure management / Stickstoff im Wirtschaftsdünger-Management .....</b>	<b>67</b>
3.5.1	N excretions / N-Ausscheidungen .....	67
3.5.2	N mass flow and emission assessment for mammals / N-Massenfluss und Emissionsbestimmung bei Säugetieren .....	68
3.5.2.1	N mass flow model for mammals / N-Massenfluss-Modell bei Säugetieren .....	68
3.5.2.2	Assessment of the emissions of nitrogen species from manure management / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies aus Wirtschaftsdünger-Management .....	69
3.5.2.2.1	Tier 1 approach / Stufe-1-Verfahren .....	69
3.5.2.2.2	Tier 2 approach / Stufe-2-Verfahren .....	70
3.5.2.2.3	Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren .....	70
3.5.2.2.4	TAN and N <sub>org</sub> : Data used in the inventory / TAN und N <sub>org</sub> : Im Inventar verwendete Daten .....	76
3.5.3	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	77
3.5.4	N mass flow model for birds / N-Massenfluss-Modell für Vögel .....	77
<b>3.6</b>	<b>Bedded systems: straw properties / Eingestreute Systeme: Eigenschaften von Stroh .....</b>	<b>78</b>
<b>3.7</b>	<b>Emissions of particulate matter from animal husbandry / Partikel-Emissionen aus der Tierhaltung .....</b>	<b>79</b>
<b>3.8</b>	<b>Projections / Projektionen .....</b>	<b>80</b>
<b>3.9</b>	<b>Data gaps and uncertainties / Datenlücken und Unsicherheiten .....</b>	<b>82</b>
3.9.1	Data gaps / Datenlücken .....	82
3.9.2	Uncertainties / Unsicherheiten .....	82
3.9.3	Verification / Verifizierung .....	83
<b>4</b>	<b>Cattle / Rinder .....</b>	<b>84</b>
<b>4.1</b>	<b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien .....</b>	<b>84</b>
<b>4.2</b>	<b>Data used for all cattle subcategories / Für alle Rinder-Unterkategorien gültige Daten .....</b>	<b>85</b>
4.2.1	Bedded systems: straw properties / Eingestreute Systeme: Eigenschaften von Stroh .....	85
4.2.2	Emissions factors for storage / Emissionsfaktoren für die Lagerung .....	85
4.2.3	Emissions factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung .....	88
4.2.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	90
<b>4.3</b>	<b>Dairy cows / Milchkühe .....</b>	<b>91</b>
4.3.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	91
4.3.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	91
4.3.1.2	Milk yield and composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe .....	91
4.3.1.3	Animal weights / Tiergewichte .....	92
4.3.1.4	Animal weight gains / Tiergewichtszunahmen .....	93
4.3.1.5	Pregnancy rates / Trächtigkeitsraten .....	94
4.3.1.6	Duration of calving interval, lactation period, and dry period / Dauer von Zwischenkalbezeit, Laktationsperiode und Trockenstehzeit .....	94
4.3.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	95
4.3.2.1	The NEL system / Das NEL System .....	95
4.3.2.2	Overall NEL requirements / Gesamt- NEL-Bedarf .....	96
4.3.2.3	NEL requirement for maintenance / NEL-Bedarf für Erhaltung .....	96
4.3.2.4	NEL requirement to obtain feed / NEL-Bedarf für die Nahrungsaufnahme .....	96
4.3.2.5	NEL requirements for lactation / NEL-Bedarf für Laktation .....	97
4.3.2.6	NEL requirements for draft power / NEL-Bedarf für Zugleistungen .....	97
4.3.2.7	NEL requirements for pregnancy / NEL-Bedarf für die Trächtigkeit .....	98
4.3.2.8	NEL requirements for growth / NEL-Bedarf für Wachstum .....	98
4.3.2.9	Energy partitioning between lactation period and dry period / Energieaufteilung zwischen Laktationsperiode und Trockenstehzeit .....	98
4.3.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	100

4.3.3.1	Linking feed intake with energy requirements / Die Kombination von Futter-Aufnahme und Energiebedarf.....	100
4.3.3.2	Total dry matter intake / Gesamttrockenmasse-Aufnahme.....	100
4.3.3.3	Dry matter intake during the lactation period / Trockenmasse-Aufnahme während der Laktationszeit.....	102
4.3.3.4	Dry matter intake during the dry period / Trockenmasse-Aufnahme während der Trockenstehzeit.....	104
4.3.3.5	Partitioning of roughage intake between house and pasture / Aufteilung der Raufutteraufnahme zwischen Stall und Weide.....	104
4.3.3.6	Assessment of gross energy intake / Bestimmung der Gesamtenergie-Aufnahme.....	105
4.3.4	Feed composition / Futterzusammensetzung.....	106
4.3.4.1	Modelling concept.....	106
4.3.4.2	Composition of the mixed diet / Zusammensetzung der gemischten Ration.....	106
4.3.4.3	Composition of the grass based diet / Zusammensetzung der Ration auf Grassilage-Basis.....	108
4.3.4.4	Impact of grazing on mean roughage properties / Einfluss von Weidegang auf mittlere Raufutter-Eigenschaften.....	109
4.3.4.5	Calculation of digestibility and metabolizability / Berechnung von Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit.....	110
4.3.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung.....	111
4.3.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management.....	112
4.3.7	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen.....	114
4.3.8	N intake with feed and N excretion / N-Aufnahme mit dem Futter und N-Ausscheidung.....	114
4.3.8.1	N intake / N-Aufnahme.....	114
4.3.8.2	Overall nitrogen excretion / Gesamtausscheidung von Stickstoff.....	115
4.3.8.3	Renal and faecal nitrogen excretion and TAN content of excreta / Stickstoff-Ausscheidung mit Harn und Kot und TAN-Gehalte der Ausscheidungen.....	115
4.3.8.4	N entering pasture and the manure management system / N-Einträge in die Weide und in das Wirtschaftsdünger-Management.....	116
4.3.8.5	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh.....	116
4.3.8.6	Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide.....	117
4.3.8.6.1	N excreted in the house, the dairy parlour and during grazing / N-Ausscheidungen im Stall, im Melkstall und auf der Weide.....	117
4.3.8.6.2	Frequency distribution of housing types / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen.....	118
4.3.8.6.3	Duration of grazing / Dauer des Weidegangs.....	118
4.3.8.6.4	Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“.....	118
4.3.8.7	Emissions during storage / Emissionen aus dem Lager.....	118
4.3.8.8	Emissions during spreading / Emissionen bei der Ausbringung.....	119
4.3.8.9	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren.....	119
4.3.9	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	119
4.3.10	Intercomparison of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich resultierender Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen mit denen benachbarter Staaten.....	120
4.3.10.1	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung.....	120
4.3.10.2	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management.....	121
4.3.10.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies.....	121
4.3.10.4	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	122
4.3.11	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen.....	123
<b>4.4</b>	<b>Calves / Kälber.....</b>	<b>124</b>
4.4.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	124
4.4.1.1	Animal numbers / Tierzahlen.....	124
4.4.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen.....	125
4.4.2	Energy requirements / Energiebedarf.....	125
4.4.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme.....	125
4.4.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung.....	126
4.4.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement.....	126
4.4.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen.....	127
4.4.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies.....	127

4.4.7.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	127
4.4.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	127
4.4.7.3	Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide .....	128
4.4.7.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	128
4.4.7.5	Partial emission factors “storage” and „spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	128
4.4.7.6	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	128
4.4.8	Emission of particulate matter / Emissionen von Staub .....	128
4.4.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	129
<b>4.5</b>	<b>Heifers / Färsen .....</b>	<b>130</b>
4.5.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	130
4.5.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	130
4.5.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	131
4.5.1.2.1	Animal weights / Tiergewichte .....	131
4.5.1.2.2	Life span and mean weight gain / Dauer des Lebensabschnitts und mittlere Gewichtszunahme .....	132
4.5.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	132
4.5.2.1	Parametrisation of cumulative energy requirements for growth and maintenance/ Parametrisierung des kumulativen Energiebedarfs für Wachstum und Erhaltung .....	132
4.5.2.2	Energy requirements for pregnancy / Energiebedarf für Trächtigkeit .....	133
4.5.2.3	Mean daily energy requirements / Mittlerer täglicher Energiebedarf .....	133
4.5.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	134
4.5.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	136
4.5.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	136
4.5.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	137
4.5.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	137
4.5.7.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	137
4.5.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	138
4.5.7.3	Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“ .....	138
4.5.7.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	138
4.5.7.5	Partial emission factors “storage” and „spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	138
4.5.7.6	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	139
4.5.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	139
4.5.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	139
<b>4.6</b>	<b>Bulls (male beef cattle) / Mastbullen .....</b>	<b>140</b>
4.6.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	140
4.6.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	140
4.6.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	141
4.6.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	144
4.6.2.1	Metabolisable energy / Umsetzbare Energie .....	144
4.6.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	145
4.6.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	146
4.6.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	147
4.6.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	147
4.6.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	147
4.6.7.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	147
4.6.7.2	Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren “Stall und Weide” .....	148
4.6.7.3	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	148
4.6.7.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	148
4.6.7.5	Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	148
4.6.7.6	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	148
4.6.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	149
4.6.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	149
<b>4.7</b>	<b>Suckler cows / Mutterkühe .....</b>	<b>150</b>

4.7.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	150
4.7.1.1	Animal numbers / Tierzahlen.....	150
4.7.1.2	Animal weight and calves/ Tiergewicht und Kälber.....	151
4.7.2	Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme .....	151
4.7.2.1	Energy requirements / Energiebedarf .....	151
4.7.2.2	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	151
4.7.3	Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung .....	151
4.7.4	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	152
4.7.5	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	152
4.7.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	152
4.7.6.1	N excretion / N-Ausscheidung.....	153
4.7.6.2	N input with straw / N-Einträge mit Stroh.....	153
4.7.6.3	Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“.....	153
4.7.6.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung.....	153
4.7.6.5	Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	153
4.7.6.6	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	154
4.7.7	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	154
4.7.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	154
<b>4.8</b>	<b>Stud bulls (mature males) / Zuchtbullen.....</b>	<b>155</b>
4.8.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	155
4.8.1.1	Animal numbers / Tierzahlen.....	155
4.8.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	156
4.8.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	156
4.8.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	156
4.8.4	Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung .....	156
4.8.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	156
4.8.6	NMVOC Emissions / NMVOC-Emissionen .....	157
4.8.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	157
4.8.7.1	N excretion and N input with straw / N-Ausscheidung und –Eintrag mit Stroh.....	157
4.8.7.2	Partial emission factors “housing” and “grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ und „Weide“ .....	158
4.8.7.3	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung.....	158
4.8.7.4	Partial emission factors for “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren für „Lager“ und „Ausbringung“ .....	158
4.8.7.5	Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren .....	158
4.8.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	158
4.8.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	159
<b>4.9</b>	<b>Aggregated data for cattle except dairy cows (other cattle) / Zusammenfassung: Rinder ohne Milchkühe (übrige Rinder) .....</b>	<b>160</b>
4.9.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	160
4.9.1.1	Cumulative animal numbers / Tierzahl-Summen .....	160
4.9.1.2	Calculation of mean animal weights / Berechnung mittlerer Tiergewichte .....	161
4.9.1.3	Calculation of mean pregnancy rates / Berechnung mittlerer Trächtigkeitsraten .....	161
4.9.1.4	Calculation of mean digestibilities / Berechnung mittlerer Verdaulichkeiten .....	161
4.9.2	Methan emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung.....	162
4.9.3	Methane emissions from manure management systems / Methanemissionen aus Wirtschaftsdünger-Management.....	162
4.9.3.1	Mean implied emission factors for methane from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	162
4.9.3.2	Mean VS excretion rates / Mittlere VS-Ausscheidungen .....	162
4.9.3.3	Mean methane conversion factors / Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren.....	162
4.9.3.4	Mean implied emission factors for NMVOC from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für NMVOC aus Wirtschaftsdünger-Management.....	163
4.9.3.5	Mean N excretion rates / Mittlere N-Ausscheidungen.....	163
4.9.3.6	Calculation of mean TAN contents / Berechnung mittlerer TAN-Gehalte .....	163

4.9.3.7	Mean implied emission factors for ammonia from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Ammoniak aus Wirtschaftsdünger-Management.....	163
4.9.3.8	Mean implied emission factors for particulate matter from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Stäube aus Wirtschaftsdünger-Management.....	163
4.9.4	Intercomparison of implied emission factors and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren und emissionserklärenden Variablen mit denen benachbarter Staaten.....	164
4.9.4.1	Mean implied emission factors for methane from enteric fermentation and mean performance data / Mittlere Emissionsfaktoren für Methan aus der Verdauung und mittlere Leistungsdaten	164
4.9.4.2	Mean implied emission factors for methane and NMVOC from manure management and emission explaining variables / Mittlere Emissionsfaktoren für Methan und NMVOC aus dem Wirtschaftsdünger-Management und emissionserklärende Variablen .....	164
4.9.4.3	Mean implied emission factors for ammonia and emission explaining variables / Mittlere effektive Emissionsfaktoren für Ammoniak und emissionserklärende Variablen.....	165
4.9.4.4	Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere effective Emissionsfaktoren für Staub.....	166
4.9.5	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen.....	166
<b>5</b>	<b>Pigs / Schweine.....</b>	<b>167</b>
<b>5.1</b>	<b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien.....</b>	<b>167</b>
<b>5.2</b>	<b>Emission factors used for all pig subcategories / Für alle Schweine-Unterkategorien gültige Emissionsfaktoren.....</b>	<b>167</b>
5.2.1	Bedded systems: straw properties / Eingestreute Systeme: Eigenschaften von Stroh.....	167
5.2.2	Emission factors for storage / Emissionsfaktoren für die Lagerung.....	167
5.2.3	Emission factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung .....	170
5.2.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen.....	171
<b>5.3</b>	<b>Sows and sucking piglets / Sauen und Saugferkel .....</b>	<b>172</b>
5.3.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	172
5.3.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	172
5.3.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	173
5.3.2	Energy requirements / Energiebedarf.....	173
5.3.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	176
5.3.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung.....	178
5.3.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement .....	178
5.3.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen.....	179
5.3.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	179
5.3.7.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	179
5.3.7.2	Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh .....	180
5.3.7.3	Partial emission factors “housing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....	180
5.3.7.4	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	180
5.3.7.5	Partial emission factors “storage” for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> und „Ausbringung“.....	180
5.3.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	180
5.3.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen.....	181
<b>5.4</b>	<b>Weaners / Aufzuchtferkel .....</b>	<b>182</b>
5.4.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	182
5.4.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	182
5.4.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	184
5.4.2	Energy requirements / Energiebedarf.....	186
5.4.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	187
5.4.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung.....	188
5.4.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement.....	188
5.4.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen.....	189
5.4.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	189
5.4.7.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	189
5.4.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh.....	189

5.4.7.3	Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen .....	190
5.4.7.4	Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....	190
5.4.7.5	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung.....	190
5.4.7.6	Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	190
5.4.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	190
5.4.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	191
<b>5.5</b>	<b>Fattening pigs / Mastschweine .....</b>	<b>192</b>
5.5.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	192
5.5.1.1	Animal numbers / Tierzahlen.....	192
5.5.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	193
5.5.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	195
5.5.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	198
5.5.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	199
5.5.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	200
5.5.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	200
5.5.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	200
5.5.7.1	N excretion / N-Ausscheidung.....	201
5.5.7.2	Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh.....	201
5.5.7.3	Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen.....	202
5.5.7.4	Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....	202
5.5.7.5	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung.....	202
5.5.7.6	Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	202
5.5.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	202
5.5.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	203
<b>5.6</b>	<b>Stud boars (mature males) / Eber.....</b>	<b>204</b>
5.6.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten.....	204
5.6.1.1	Animal numbers / Tierzahlen.....	204
5.6.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	204
5.6.2	Energy requirements / Energiebedarf .....	205
5.6.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	205
5.6.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	205
5.6.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement .....	205
5.6.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	206
5.6.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	206
5.6.7.1	N excretion / N-Ausscheidung.....	206
5.6.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	207
5.6.7.3	Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen.....	207
5.6.7.4	Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ .....	207
5.6.7.5	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung.....	207
5.6.7.6	Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ .....	207
5.6.8	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	207
5.6.9	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	208
<b>5.7</b>	<b>Pigs – collective description / Schweine – zusammenfassende Daten .....</b>	<b>209</b>
5.7.1	Animal numbers /Tierzahlen.....	209
5.7.2	Aggregation of emission explaining data / Aggregierung emissionserklärender Daten .....	210
5.7.2.1	General approach / Allgemeiner Ansatz .....	210
5.7.2.2	Animal weight / Tiergewicht .....	210
5.7.2.3	Mean pregnancy rates of sows / Mittlere Trächtigkeiten der Sauen .....	211
5.7.3	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich effektiver Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten .....	211



5.7.3.1	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen.....	212
<b>6</b>	<b>Small ruminants / Kleine Wiederkäuer.....</b>	<b>213</b>
<b>6.1</b>	<b>Small ruminants, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei kleinen Wiederkäuern.....</b>	<b>213</b>
<b>6.2</b>	<b>Sheep – all subcategories / Schafe insgesamt .....</b>	<b>213</b>
6.2.1	Animal numbers and correction procedure / Tierzahlen und Korrekturverfahren.....	213
6.2.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	215
6.2.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	215
6.2.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen.....	216
6.2.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	217
6.2.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	217
<b>6.3</b>	<b>Lambs / Lämmer .....</b>	<b>218</b>
6.3.1	Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails .....	218
6.3.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	218
6.3.1.2	Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten.....	218
6.3.2	Methane emissions / Methanemissionen .....	218
6.3.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	218
6.3.4	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen.....	219
<b>6.4</b>	<b>Adult sheep / Erwachsene Schafe.....</b>	<b>219</b>
6.4.1	Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails .....	219
6.4.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	219
6.4.1.2	Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten.....	220
6.4.2	Methane emissions / Methanemissionen .....	220
6.4.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	220
6.4.4	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen.....	220
<b>6.5</b>	<b>Sheep – collective description / Schafe - zusammenfassende Daten.....</b>	<b>221</b>
6.5.1	Mean animal weight / Mittleres Tiergewicht.....	221
6.5.2	Mean N excretion rate / Mittlere N-Ausscheidungen .....	221
6.5.3	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten.....	221
6.5.4	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen.....	223
<b>6.6</b>	<b>Goats / Ziegen .....</b>	<b>224</b>
6.6.1	Animal number and animal performances / Tierzahlen und Leistungsdaten.....	224
6.6.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	224
6.6.1.2	Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten.....	224
6.6.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	224
6.6.3	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdünger-Management.....	225
6.6.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen.....	226
6.6.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	226
6.6.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub.....	226
6.6.7	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen be- nachbarter Staaten .....	226
6.6.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen.....	227
<b>7</b>	<b>Horses, mules and asses / Pferde, Maultiere und Esel.....</b>	<b>228</b>
<b>7.1</b>	<b>Horses, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei Pferden</b>	<b>228</b>
7.1.1	Activity data and animal behaviour / Aktivitätsdaten und Tierverhalten .....	228
7.1.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	228
7.1.1.2	Animal behaviour and grazing data / Tierverhalten und Weidehaltungsdaten .....	228
7.1.2	Methane from manure management – characteristic values / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management - charakteristische Größen.....	228

7.1.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	229
7.1.4	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	230
7.1.5	Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO, and N <sub>2</sub> from manure management / Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management.....	230
<b>7.2</b>	<b>Heavy horses / Großpferde .....</b>	<b>231</b>
7.2.1	Activity and performance data, energy requirements /Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf.....	231
7.2.1.1	Animal numbers / Tierzahlen.....	231
7.2.1.2	Animal performance and energy requirements / Leistungsdaten und Energiebedarf .....	231
7.2.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	231
7.2.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management.....	232
7.2.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	232
7.2.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	232
7.2.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	233
7.2.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	233
<b>7.3</b>	<b>Light horses and ponies / Kleinpferde und Ponys.....</b>	<b>234</b>
7.3.1	Activity and performance data, energy requirements /Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf.....	234
7.3.1.1	Animal numbers / Tierzahlen.....	234
7.3.1.2	Animal performance and energy requirements / Leistungsdaten und Energiebedarf .....	234
7.3.2	Methane from enteric fermentation / Methane aus der Verdauung.....	234
7.3.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management.....	235
7.3.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	235
7.3.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	235
7.3.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	236
7.3.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	236
<b>7.4</b>	<b>Horses – collective description / Pferde - zusammenfassende Daten.....</b>	<b>237</b>
7.4.1.1	Animal weight / Tiergewicht .....	237
7.4.1.2	Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen.....	237
7.4.1.3	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten .....	237
7.4.2	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	238
<b>7.5</b>	<b>Mules and asses / Maultiere und Esel.....</b>	<b>239</b>
7.5.1	Activity and performance data, energy requirements /Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf.....	239
7.5.1.1	Animal numbers / Tierzahlen.....	239
7.5.1.2	Animal performance and energy requirements / Leistungsdaten und Energiebedarf .....	240
7.5.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	240
7.5.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management.....	240
7.5.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	241
7.5.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	241
7.5.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	241
7.5.7	Compilation of emission results, activity data, and implied emisison factors / Zusammenstellung von Emissionsergebnissen, Aktivität und effektiven Emissionsfaktoren, ...	242
7.5.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	242
<b>8</b>	<b>Other mammals / Andere Säugetiere .....</b>	<b>243</b>
<b>8.1</b>	<b>Fur animals / Pelztiere.....</b>	<b>243</b>
8.1.1	Animal numbers / Tierzahlen.....	243
8.1.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	244
8.1.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management.....	244
8.1.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	244

8.1.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	244
8.1.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	245
8.1.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	245
<b>8.2</b>	<b>Buffalo / Büffel.....</b>	<b>246</b>
8.2.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten .....	246
8.2.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	246
8.2.1.2	Animal performance / Leistungsdaten .....	246
8.2.1.3	Management details / Haltungsdaten .....	247
8.2.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	247
8.2.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	247
8.2.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	248
8.2.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	248
8.2.5.1	N excretion and N input with bedding / N-Ausscheidung und N aus der Einstreu .....	248
8.2.5.2	Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung .....	249
8.2.5.3	Emissions factors / Emissionsfaktoren .....	249
8.2.6	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	249
8.2.7	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	250
<b>9</b>	<b>Poultry / Geflügel.....</b>	<b>251</b>
<b>9.1</b>	<b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien.....</b>	<b>251</b>
<b>9.2</b>	<b>Emission factors used for all poultry subcategories / Für alle Geflügel-Unterkategorien gültige Emissionsfaktoren.....</b>	<b>251</b>
9.2.1	NMVOC emissions / NMVOC-Emission .....	251
9.2.2	Partial emission factors “storage” and “spreading” for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> .....	252
9.2.3	Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO, and N <sub>2</sub> from manure management / Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	253
<b>9.3</b>	<b>Laying hens / Legehennen.....</b>	<b>254</b>
9.3.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	254
9.3.2	Animal weights and egg production data / Tiergewichte und Legeleistungsdaten .....	255
9.3.3	Energy requirements / Energiebedarf .....	256
9.3.3.1	Metabolisable energy / Umsetzbare Energie .....	256
9.3.3.2	Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie .....	257
9.3.3.3	Metabolisable energy needed to obtain food / Energiebedarf für Nahrungsaufnahme .....	258
9.3.3.4	Metabolisable energy needed for egg production / Energiebedarf für Eiproduktion .....	258
9.3.3.5	Metabolisable energy for growth / Energiebedarf für Wachstum .....	259
9.3.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	259
9.3.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	260
9.3.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	260
9.3.7	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	260
9.3.8	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	261
9.3.8.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	261
9.3.8.1.1	N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter .....	261
9.3.8.1.2	N excretion with eggs / N-Ausscheidung mit Eiern .....	262
9.3.8.1.3	N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper .....	263
9.3.8.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	263
9.3.8.3	Partial NH <sub>3</sub> emission factors / Partielle NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren .....	263
9.3.8.4	Partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / Partielle Emissionsfaktoren für N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> .....	264
9.3.9	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	264
9.3.10	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	265
<b>9.4</b>	<b>Broilers / Masthähnchen und –hühnchen.....</b>	<b>266</b>
9.4.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	266
9.4.2	Husbandry systems and animal performance / Haltungsverfahren und tierische Leistung .....	266
9.4.2.1	Husbandry systems / Haltungsverfahren .....	266

9.4.2.2	Animal weights / Tiergewichte .....	267
9.4.2.3	National total of gross broiler meat production / Brutto-Hähnchenfleischproduktion .....	268
9.4.2.4	Duration of fattening period / Mastdauer .....	268
9.4.2.5	Duration of the service period / Reinigungsdauer .....	270
9.4.3	Energy requirements / Energiebedarf .....	271
9.4.3.1	Metabolisable energy / Umsetzbare Energie .....	271
9.4.3.2	Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie .....	271
9.4.3.3	Metabolisable energy required for growth / Energiebedarf für Wachstum .....	272
9.4.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	273
9.4.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	274
9.4.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	274
9.4.7	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	275
9.4.8	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	275
9.4.8.1	N excretion / N-Ausscheidung .....	275
9.4.8.2	N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter .....	275
9.4.8.3	N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper .....	276
9.4.8.4	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	277
9.4.8.5	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren .....	277
9.4.9	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	278
9.4.10	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	278
<b>9.5</b>	<b>Pullets / Junghennen .....</b>	<b>279</b>
9.5.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	279
9.5.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen .....	279
9.5.3	Energy requirements / Energiebedarf .....	280
9.5.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	281
9.5.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	282
9.5.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	282
9.5.7	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	282
9.5.8	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	283
9.5.8.1	N excretion rates / N-Ausscheidungen .....	283
9.5.8.1.1	N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter .....	283
9.5.8.1.2	N retention / N-Retention .....	283
9.5.8.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	284
9.5.8.3	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren .....	284
9.5.9	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	285
9.5.10	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	285
<b>9.6</b>	<b>Geese / Gänse .....</b>	<b>286</b>
9.6.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	286
9.6.2	Animal weights / Tiergewichte .....	286
9.6.3	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	286
9.6.4	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	286
9.6.5	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	287
9.6.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	287
9.6.7	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	287
9.6.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	288
<b>9.7</b>	<b>Ducks / Enten .....</b>	<b>289</b>
9.7.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	289
9.7.2	Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung .....	289
9.7.2.1	Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer .....	289
9.7.3	Energy requirements / Energiebedarf .....	289
9.7.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme .....	290
9.7.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	291
9.7.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	291
9.7.6.1	VS inputs with bedding material / VS-Einträge mit Einstreu .....	291
9.7.7	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	292

9.7.8	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	292
9.7.8.1	N excretion rates / N-Ausscheidungen .....	292
9.7.8.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	293
9.7.8.3	Partial NH <sub>3</sub> emission factors / Partielle NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren .....	293
9.7.9	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	294
9.7.9.1.1	Emission explaining variables / Emissionserklärende Variablen .....	294
9.7.9.1.2	Emission factors for particle emissions / Emissionsfaktoren für Partikel-Emissionen .....	294
9.7.10	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	294
<b>9.8</b>	<b>Turkeys / Puten .....</b>	<b>295</b>
9.8.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	295
9.8.2	Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung .....	296
9.8.2.1	Animal weights / Tiergewichte .....	296
9.8.2.2	Feed properties and feed intake / Futtereigenschaften und Futteraufnahme .....	297
9.8.2.3	Data gap closure for animal weights and feed intake / Schließung von Datenlücken Bei Tiergewichten und Futteraufnahme .....	299
9.8.3	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	299
9.8.4	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management .....	299
9.8.5	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen .....	300
9.8.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	300
9.8.6.1	N excretion rates / N-Ausscheidungen .....	300
9.8.6.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh .....	301
9.8.6.3	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren .....	301
9.8.7	Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub .....	301
9.8.8	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	302
<b>9.9</b>	<b>Poultry – collective description / Geflügel - zusammenfassende Daten .....</b>	<b>303</b>
9.9.1	Aggregated data for poultry / Zusammenfassende Daten für Geflügel .....	303
9.9.1.1	Animal numbers / Tierzahlen .....	303
9.9.1.2	Animal weights / Tiergewichte .....	303
9.9.1.3	Calculation of mean VS and N excretions / Berechnung mittlerer VS- und N-Ausscheidungen .....	304
9.9.1.4	Implied emission factors / Mittlere Emissionsfaktoren .....	304
9.9.2	Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von emissionserklärenden Variablen und resultierenden Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten .....	305
9.9.2.1	Mean implied emission factors for gases and emission explaining variables / Mittlere Emissionsfaktoren für Gase und emissionserklärende Variablen .....	305
9.9.2.2	Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere Emissionsfaktoren für Partikel .....	306
9.9.3	Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....	306
<b>10</b>	<b>Emissions from cultures with nitrogen fertilizers / Emissionen aus mit Stickstoff gedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen .....</b>	<b>308</b>
<b>10.1</b>	<b>Application of mineral fertilizers / Mineraldüngeranwendung .....</b>	<b>309</b>
10.1.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	309
10.1.1.1	Amounts of fertilizers used / Berücksichtigte Düngermengen .....	309
10.1.1.2	Spatial disaggregation of fertilizer amounts for 1999 and 2003/ Regionalisierung der Düngermengen für 1999 und 2003 .....	310
10.1.2	Emission of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	311
10.1.2.1	Ammonia emissions / Ammoniak-Emissionen .....	311
10.1.2.2	Emissions of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> O-, NO- und N <sub>2</sub> -Emissionen .....	312
10.1.2.2.1	Method applied / Angewandte Methode .....	312
10.1.2.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren .....	313
10.1.3	CO <sub>2</sub> emissions from the application of urea / CO <sub>2</sub> -Emissionen aus der Harnstoff-Anwendung .....	315
<b>10.2</b>	<b>Application of animal manures / Wirtschaftsdüngeranwendung .....</b>	<b>316</b>
10.2.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	316
10.2.1.1	Nitrogen from German animal husbandry returned to soil / Stickstoff-Einträge in die Böden aus der deutschen Tierhaltung .....	316

10.2.1.2	Imports and exports of animal manures / Im- und Exporte von Wirtschaftsdüngern .....	316
10.2.2	Emissions of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / N <sub>2</sub> O-, NO- and N <sub>2</sub> -Emissionen .....	317
10.2.2.1.1	The method applied / Angewandte Methode .....	317
10.2.2.1.2	Emission factors / Emissionsfaktoren .....	319
<b>10.3</b>	<b>Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen .....</b>	<b>320</b>
10.3.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	320
10.3.2	N <sub>2</sub> O Emissions / N <sub>2</sub> O-Emissionen .....	322
<b>10.4</b>	<b>Histosols (managed organic soils) / Bewirtschaftete organische Böden (chem. Moorflächen) .....</b>	<b>323</b>
10.4.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	323
10.4.2	Emissions of N <sub>2</sub> O / N <sub>2</sub> O-Emissionen .....	323
<b>10.5</b>	<b>Non-methane volatile organic compounds (NMVOC) from agricultural plants / Flüchtige organische Stoffe außer Methan (NMVOC) aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen .....</b>	<b>325</b>
10.5.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	325
10.5.2	Assessment of NMVOC emissions / Bestimmung der NMVOC-Emission .....	325
10.5.2.1	Method applied / Angewandte Methode .....	325
10.5.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren .....	325
<b>10.6</b>	<b>Emissions of particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub>) from arable agriculture / Staubemissionen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) aus der Bewirtschaftung von Ackerland .....</b>	<b>327</b>
10.6.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	327
10.6.2	Assessment of emissions of particulate matter / Bestimmung der Staub-Emission .....	327
<b>10.7</b>	<b>Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten .....</b>	<b>328</b>
<b>10.8</b>	<b>Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....</b>	<b>328</b>
<b>11</b>	<b>Emissions from cultures without fertilizers / Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen .....</b>	<b>329</b>
<b>11.1</b>	<b>Biological N fixation: legumes / Biologische N-Fixierung: Leguminosenanbau .....</b>	<b>329</b>
11.1.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	329
11.1.2	Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	330
11.1.2.1	The method applied / Angewandte Methode .....	330
11.1.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren .....	331
<b>11.2</b>	<b>Emissions of from excretions during grazing / Emissionen aus tierischen Ausscheidungen auf der Weide .....</b>	<b>332</b>
11.2.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	332
11.2.2	Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies .....	332
11.2.2.1	The method applied / Angewandte Methode .....	332
11.2.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren .....	333
<b>11.3</b>	<b>Emissions from crop residues / Emissionen aus Ernterückständen .....</b>	<b>335</b>
11.3.1	Activity data / Aktivitätsdaten .....	335
11.3.1.1	Area under cultivation / Anbauflächen .....	335
11.3.1.2	Yields / Erträge .....	335
11.3.1.3	Duration of cropped system ( $x_{\text{renew}, i}$ ) and frequency of harvesting ( $x_{\text{mow}, i}$ ) / Dauer der Kultur ( $x_{\text{renew}, i}$ ) und Erntefrequenz der Kultur ( $x_{\text{mow}, i}$ ) .....	336
11.3.1.4	Dry matter content ( $x_{\text{DM}, i}$ ) / Trockenmassegehalte ( $x_{\text{DM}, i}$ ) .....	336
11.3.1.5	Ratio of above ground crop residues to yield ( $a_{\text{above}, i}$ ) / Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ( $a_{\text{above}, i}$ ) .....	337
11.3.1.6	Nitrogen content of the above-ground crop residues ( $x_{\text{N}, \text{above}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der oberirdischen Ernterückstände ( $x_{\text{N}, \text{above}, i}$ ) .....	337
11.3.1.7	Ratio of below ground crop residues to yield ( $a_{\text{below}, i}$ ) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur Erntemenge ( $a_{\text{below}, i}$ ) .....	338
11.3.1.8	Nitrogen content of below ground crop residues ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der unterirdischen Ernterückstände ( $x_{\text{N}, \text{below}, i}$ ) .....	339
11.3.1.9	Ratio of crop residues to yield ( $a_i$ ) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte ( $a_i$ ) .....	339

11.3.1.10	Nitrogen content of crop residues ( $x_{N,i}$ ) and harvested crop products( $x_{N,yield,i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände ( $x_{N,i}$ ) und der geernteten Produkte ( $x_{N,yield,i}$ ): .....	339
11.3.1.11	Factor for not harvested horticultural crops ( $\delta_{HC}$ ) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse ( $\delta_{HC}$ ) ..	339
11.3.1.12	Overview of data used to estimate the activity data / Übersicht über die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten .....	339
11.3.1.13	Uncertainty of activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten.....	341
11.3.2	Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies.....	341
11.3.2.1	The method applied / Angewandte Methode.....	341
11.3.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren.....	342
<b>11.4</b>	<b>Indirect N<sub>2</sub>O emissions from depositions of reactive nitrogen originating from agriculture / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Landwirtschaft.....</b>	<b>343</b>
11.4.1	Activity data / Aktivitätsdaten.....	343
11.4.2	Assessment of N <sub>2</sub> O emissions / Bestimmung der N <sub>2</sub> O-Emissionen.....	343
11.4.2.1	The method applied / Angewandte Methode.....	343
11.4.2.2	Emission factors / Emissionsfaktoren.....	344
<b>11.5</b>	<b>Indirect N<sub>2</sub>O emissions from leached and run off N originating from agriculture / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem N aus der Landwirtschaft.....</b>	<b>345</b>
11.5.1	Activity data / Aktivitätsdaten.....	345
11.5.2	Assessment of N <sub>2</sub> O emissions / Bestimmung der N <sub>2</sub> O-Emissionen.....	346
11.5.2.1	The method applied / Angewandte Methode.....	346
11.5.2.2	Emission factor / Emissionsfaktor.....	347
<b>11.6</b>	<b>Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten .....</b>	<b>347</b>
<b>11.7</b>	<b>Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen .....</b>	<b>348</b>
<b>12</b>	<b>Pesticides and Limestone / Pestizide und Düngerkalk .....</b>	<b>349</b>
<b>12.1</b>	<b>Pesticides / Pestizide .....</b>	<b>349</b>
<b>12.2</b>	<b>Limestone / Düngerkalk .....</b>	<b>349</b>
<b>13</b>	<b>Calculation of fractions / Berechnung von Verhältniszahlen .....</b>	<b>350</b>
<b>13.1</b>	<b>Calculation procedures / Berechnungsverfahren .....</b>	<b>350</b>
13.1.1	Fraction of crop residue burned (Frac <sub>BURN</sub> ) / Anteil der Ernterückstände, die auf dem Feld verbrannt werden (Frac <sub>BURN</sub> ) .....	350
13.1.2	Fraction of livestock N excretion in excrements burned for fuel (Frac <sub>FUEL</sub> ) / Anteil der tierischen N-Ausscheidungen in Dung, der als Heizmaterial dient (Frac <sub>FUEL</sub> ) .....	350
13.1.3	Fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as NH <sub>3</sub> -N and NO <sub>x</sub> -N (Frac <sub>GASF</sub> ) / Anteil der N-Menge, die als Folge der Ausbringung von Mineraldüngern als NH <sub>3</sub> -N und NO <sub>x</sub> -N emittiert wird (Frac <sub>GASF</sub> ).....	350
13.1.4	Fraction of livestock N excretion that volatilises as NH <sub>3</sub> and NO <sub>x</sub> (Frac <sub>GASM</sub> ) / Anteil der N-Menge, die vor und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern als NH <sub>3</sub> und NO <sub>x</sub> emittiert wird (Frac <sub>GASM</sub> ) .....	350
13.1.5	Fraction of livestock N excreted and deposited onto soil during grazing (Frac <sub>GRAZ</sub> ) / Anteil des beim Weidegang ausgeschiedenen N an der Gesamtausscheidung von N (Frac <sub>GRAZ</sub> ) .....	351
13.1.6	Fraction of N input to soils that is lost through leaching and runoff (Frac <sub>LEACH</sub> ) / Anteil des N-Eintrags in Böden, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren wird (Frac <sub>LEACH</sub> ).....	352
13.1.7	Fraction of N in non-N-fixing crops (Frac <sub>NCR0</sub> ) / N-Anteil in Pflanzen außer Leguminosen (Frac <sub>NCR0</sub> ) .....	352
13.1.8	Fraction of N in N-fixing crops (Frac <sub>NCRBF</sub> ) / N-Anteil in Leguminosen (Frac <sub>NCRBF</sub> ).....	353
13.1.9	Fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product (Frac <sub>Remove</sub> ) / Anteil der oberirdischen Biomasse, der als Ernteprodukt abgefahren wird (Frac <sub>Remove</sub> ) .....	353
<b>13.2</b>	<b>Tables volume: tables related to chapters 13.1.1 to 13.1.9/ Tabellenband: Tabellen zu den Kapiteln 13.1.1 to 13.1.9.....</b>	<b>354</b>
<b>13.3</b>	<b>Intercomparison with results from neighbouring countries / Vergleich mit Ergebnissen benachbarter Staaten .....</b>	<b>354</b>

<b>14</b>	<b>Assessment of the uncertainties of the emission inventory / Bestimmung der Unsicherheiten des Emissionsinventars .....</b>	<b>356</b>
<b>14.1</b>	<b>Gaussian error propagation / Gaußsche Fehlerfortpflanzung .....</b>	<b>356</b>
<b>14.2</b>	<b>Uncertainty of the implied emission factors for methane / Unsicherheit der effektiven Emissionsfaktoren für Methan .....</b>	<b>357</b>
14.2.1	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung .....	357
14.2.2	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	357
<b>14.3</b>	<b>Uncertainties of the implied emission factors for N<sub>2</sub>O / Unsicherheiten der effektiven Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O .....</b>	<b>358</b>
14.3.1	Uncertainty of the IEF for N <sub>2</sub> O from manure management / Unsicherheit des IEF für N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management .....	358
14.3.2	Uncertainty of the IEF for N <sub>2</sub> O from agricultural soils / Unsicherheit des IEF für N <sub>2</sub> O aus landwirtschaftlichen Böden .....	359
14.3.2.1	Direct N <sub>2</sub> O emissions from agricultural soils / Direkte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden .....	359
14.3.2.2	Indirect N <sub>2</sub> O emissions from agricultural soils / Indirekte N <sub>2</sub> O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden .....	359
<b>14.4</b>	<b>Uncertainty of the IEF for NO and N<sub>2</sub> from storage / Unsicherheit des IEF für NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager .....</b>	<b>359</b>
<b>14.5</b>	<b>Uncertainty of the implied emission factor for NH<sub>3</sub> from housing and animal waste management / Unsicherheit des effektiven Emissionsfaktors für NH<sub>3</sub> aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement .....</b>	<b>360</b>
<b>14.6</b>	<b>Uncertainty of the German agricultural green house gas inventory / Unsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars .....</b>	<b>363</b>
14.6.1	Uncertainty table according to IPCC (2000) Tier 1 methodology / Unsicherheitstabelle gemäß IPCC (2000) Stufe-1-Verfahren .....	363
14.6.2	Uncertainties of activity data / Unsicherheiten von Aktivitätsdaten .....	364
14.6.3	Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren .....	365
<b>14.7</b>	<b>Uncertainty of the German agricultural ammonia inventory / Unsicherheit des Ammoniak-Inventars für die deutsche Landwirtschaft .....</b>	<b>367</b>
<b>15</b>	<b>Additional information / Zusatzinformationen .....</b>	<b>371</b>
<b>15.1</b>	<b>The Assessment of Air Temperatures Relevant to Emission Inventories / Die Erfassung relevanter Lufttemperaturen für Emissionsinventare .....</b>	<b>371</b>
15.1.1	The significance of up-to-date air temperature data / Die Bedeutung von aktuellen Lufttemperaturdaten .....	371
15.1.2	Assessment of the data required / Erzeugung der benötigten Daten .....	371
<b>15.2</b>	<b>RAUMIS .....</b>	<b>374</b>
<b>16</b>	<b>Acknowledgements / Danksagung .....</b>	<b>376</b>
<b>17</b>	<b>References / Literatur .....</b>	<b>377</b>



## Table of Figures / Liste der Abbildungen

Figure 1.1:	Emissions of CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O from German agriculture for the time series 1990 to 2009 and Projections 2010 and 2020 (Submission 2011) .....	26
Figure 1.2:	Development of CH <sub>4</sub> und N <sub>2</sub> O emissions from animal husbandry in % of 1990, Submission 2011 .....	27
Figure 1.3:	Development of animal numbers (dairy cows, other cattle and pigs, in % of 1990) .....	27
Figure 1.4:	CH <sub>4</sub> emissions from enteric fermentation in 2009 (in Gg a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> ), Submission 2011 .....	28
Figure 1.5:	Scatter plot of N <sub>2</sub> O emissions (direct and indirect) from agricultural soils over amounts of mineral fertilizer N for the years 1990 to 2009 (Submission 2011).....	28
Figure 1.6:	Time series of NH <sub>3</sub> emissions from German agriculture and Projections 2010 and 2020 (Submission 2011).....	29
Figure 1.7:	Development of dairy cattle numbers, milk yields and NH <sub>3</sub> from dairy cattle husbandry (in % of 1990).....	30
Figure 1.8:	Percentages of NH <sub>3</sub> emissions originating from housing, storage and manure application for dairy cows and fattening pigs in 2009 (Submission 2011) .....	30
Figure 1.9:	Application of mineral fertilizer N (amounts sold), amounts of N in urea and ANS applied, and the NH <sub>3</sub> emissions from the total application of mineral fertilizers (Submission 2011).....	31
Figure 1.10:	Differences between CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O emissions of Submission 2011 and Submission 2010 .....	41
Figure 1.11:	Differences between the NH <sub>3</sub> emission results of Submission 2011 and Submission 2010 .....	42
Figure 3.1:	Mass flow in agriculture, EMEP/CORINAIR Guidebook Chapter 10 .....	57
Figure 3.2:	Energies considered in animal metabolism.....	59
Figure 3.3:	Carbon pools and pathways considered in the calculation files.....	64
Figure 3.4:	N flows in an animal subcategory. Mammals.....	69
Figure 3.5:	N flows in an animal subcategory. Birds.....	78
Figure 4.1:	Cattle, scheme of animal weight development .....	85
Figure 4.2:	Standard mixed feeds, share of rape seed expeller in concentrates as function of milk yield ...	107
Figure 4.3:	Standard grass based feeds, share of wheat in concentrates as function of milk yield .....	108
Figure 4.4:	Bulls (male beef cattle), comparison of weight gain data (ADR and HIT data sets) .....	143
Figure 5.1:	Sows, mean population of sucking piglets over piglets number in German census. ....	176
Figure 5.2:	Weaners, weight gain as a function of live weight. ....	185
Figure 5.3:	Fattening pigs, comparison of final live weights (calculation vs. producer data).....	194
Figure 9.1:	laying hens, relation between weight at the beginning of egg production period and final live weight .....	256
Figure 9.2:	laying hens, relation between mean egg weight and final live weight.....	256
Figure 9.3:	Broilers, growth relative to reference ( $r_g$ , solid trend line, $R^2 = 0.81$ ).....	268
Figure 9.4:	Turkeys, typical animal weight and weight gain developments .....	297
Figure 9.5:	Turkeys, weekly feed intake and ME content of a representative feed.....	298
Figure 11.1:	Above and below ground parts of crops, tuber crops and grasses .....	337
Figure 15.1:	Air temperatures, map of annual and springtime means in Germany .....	373

**Table of Tables / Liste der Tabellen**

Table 2.1:	List of symbols frequently used for entities .....	52
Table 2.2:	List of subscripts used to identify source categories and subcategories.....	53
Table 2.3:	Abbreviations used for the German Federal States .....	53
Table 3.1:	Straw properties in animal husbandry .....	79
Table 3.2:	Animal numbers projected for 2020.....	80
Table 3.3:	Housing and grazing systems (national means, weighted with animal numbers) .....	81
Table 3.4:	Storage and spreading of slurry (national means, weighted with of animal manure amounts) ....	82
Table 4.1:	Cattle, categorisation and characterisation .....	84
Table 4.2:	Cattle, partial emission factors for $\text{NH}_3$ from storage (related to TAN) .....	86
Table 4.3:	Cattle, partial emission factors for $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ , and $\text{N}_2$ from storage (related to $\text{N}_{\text{excr}} + \text{N}_{\text{straw}}$ ) .....	86
Table 4.4:	Cattle, $\text{NH}_3$ emission factors for application of <i>slurry to arable land</i> (related to TAN) .....	88
Table 4.5:	Cattle, $\text{NH}_3$ emission factors for application of <i>slurry to grassland</i> (related to TAN).....	89
Table 4.6:	Cattle, $\text{NH}_3$ emission factors for application of <i>liquid separate to arable land or grassland</i> (related to TAN).....	89
Table 4.7:	Cattle, $\text{NH}_3$ emission factors for application of <i>digested slurry to arable land or grassland</i> (related to TAN).....	89
Table 4.8:	Cattle, $\text{NH}_3$ emission factors for application of <i>leachate ("Jauche") to arable land or grassland</i> (related to TAN).....	89
Table 4.9:	Cattle, $\text{NH}_3$ emission factors for application of <i>manure (FYM) to arable land or grassland</i> (related to TAN).....	89
Table 4.10:	Cattle, emission factors $EF_{\text{NMVOC}}$ relating NMVOC emissions to $\text{NH}_3$ emissions .....	90
Table 4.11:	Dairy cows, calculation procedures applied.....	91
Table 4.12:	Dairy cows, fat content of milk (in % of mass) (statistical data) .....	92
Table 4.13:	Dairy cows, protein content of milk (in % of mass) (statistical data) .....	92
Table 4.14:	Dairy cows, carcass weights (in $\text{kg an}^{-1}$ ).....	93
Table 4.15:	Dairy cows, slaughter ages, ages at first calving and resulting life spans (in a).....	94
Table 4.16:	Dairy cows, NEL intake during the dry period for a cow of 650 kg.....	99
Table 4.17:	Dairy cows, diet constituent properties used in the inventory.....	106
Table 4.18:	Dairy cows, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) .....	113
Table 4.19:	Dairy cows, N inputs with straw in German dairy cattle houses.....	117
Table 4.20:	Dairy cows, partial emission factors for $\text{NH}_3\text{-N}$ from housing (related to TAN) .....	118
Table 4.21:	Dairy cows, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing .....	120
Table 4.22:	Dairy cows, intercomparison of implied emission factors regarding enteric fermentation.....	120
Table 4.23:	Dairy cows, manure management, intercomparison of implied emission factors .....	121
Table 4.24:	Dairy cows, intercomparison of N excretion rates and implied emission factors for $\text{NH}_3$ .....	122
Table 4.25:	Dairy cows, intercomparison of PM implied emission factors .....	123
Table 4.26:	Dairy cows, related tables provided with the data CD .....	123
Table 4.27:	Calves, calculation procedures applied .....	124
Table 4.28:	Other cattle, maximum methane producing capacity and methane conversion factors $MCF$ ....	127
Table 4.29:	Calves, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing.....	129
Table 4.30:	Calves, related tables provided with the data CD .....	129
Table 4.31:	Heifers, calculation procedures applied .....	130
Table 4.32:	Heifers, carcass weights (in $\text{kg an}^{-1}$ ) .....	132
Table 4.33:	Heifers, metabolisable energy required for maintenance and growth .....	133
Table 4.34:	Heifers, diet characteristics (data valid also for bulls for replacement (Aufzuchttrinder) and bulls) .....	135
Table 4.35:	Heifers, N inputs with straw in German heifer houses.....	138
Table 4.36:	Heifers, emission factors $EF_{\text{PM}}$ for particle emissions from housing.....	139
Table 4.37:	Heifers, related tables provided with the data CD.....	139
Table 4.38:	Bulls (male beef cattle), calculation procedures applied.....	140
Table 4.39:	Bulls (male beef cattle), carcass weight (in $\text{kg an}^{-1}$ ) .....	142
Table 4.40:	Bulls (male beef cattle), mean weight gains $\Delta w_{\text{bm, ADR}}$ (in $\text{g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) (calculated from ADR data (ADR, 1993 ff)) .....	142
Table 4.41:	Bulls (male beef cattle), mean weight gains $\Delta w_{\text{bm, HIT}}$ as calculated from HIT data (in $\text{g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) .....	143

Table 4.42:	Bulls (male beef cattle), mean weight gain before slaughtering .....	144
Table 4.43:	Bulls (male beef cattle), N inputs with straw in German bull houses .....	148
Table 4.44:	Bulls (male beef cattle), emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	149
Table 4.45:	Bulls (male beef), related tables provided with the data CD .....	149
Table 4.46:	Suckler cows, calculation procedures applied .....	150
Table 4.47:	Suckler cows, N inputs with straw in German suckler cow houses .....	153
Table 4.48:	Suckler cows, emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	154
Table 4.49:	Suckler cows, related tables provided with the data CD .....	154
Table 4.50:	Bulls (mature males), calculation procedures applied .....	155
Table 4.51:	Cattle (mature males) partial $NH_3$ emission factors used for housing .....	158
Table 4.52:	Bulls (mature males), emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	159
Table 4.53:	Bulls (mature males), related tables provided with the data CD .....	159
Table 4.54:	Other cattle, calculation procedures applied .....	160
Table 4.55:	Other cattle, intercomparison of implied emission factors .....	164
Table 4.56:	Other cattle, intercomparison of implied $CH_4$ emission factors for manure management .....	165
Table 4.57:	Other cattle, intercomparison of N excretion rates $m_{excr. oc}$ and $NH_3$ implied emission factors .....	165
Table 4.58:	Other cattle, intercomparison of PM implied emission factors .....	166
Table 4.59:	Other cattle, related tables provided with the data CD .....	166
Table 5.1:	Pigs, categorisation and characterisation .....	167
Table 5.2:	Pigs, partial emission factors for $NH_3$ losses from storage (related to TAN) .....	168
Table 5.3:	Pigs, partial emission factors for losses of $N_2O$ , $NO$ , and $N_2$ from storage .....	168
Table 5.4:	Pigs, partial $NH_3$ emission factors for losses from application of pig <i>slurry to arable land</i> .....	170
Table 5.5:	Pigs, partial $NH_3$ emission factors for losses from application of <i>slurry to grassland</i> .....	170
Table 5.6:	Pigs, partial $NH_3$ emission factors for losses from application of <i>leachate</i> ("Jauche") .....	170
Table 5.7:	Pigs, partial $NH_3$ emission factors for losses from application of <i>manure</i> (FYM) .....	171
Table 5.8:	Pigs, emission factors relating NMVOC emissions to $NH_3$ emissions for pigs .....	171
Table 5.9:	Sows, calculation procedures applied to sows .....	172
Table 5.10:	Sows, requirements of metabolisable energy as used in the inventory .....	174
Table 5.11:	Sows, number of piglets raised per year, $n_{piglets, year}$ (primary statistical information) .....	174
Table 5.12:	Sows, diets used in the inventory, and their properties .....	176
Table 5.13:	Sows, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors (MCF) .....	178
Table 5.14:	Sows, partial emission factors for $NH_3$ -N from housing (related to TAN) .....	180
Table 5.15:	Sows, emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	181
Table 5.16:	Sows, related tables provided with the data CD .....	181
Table 5.17:	Weaners, calculation procedures applied .....	182
Table 5.18:	Weaners, final weight (in $kg\ an^{-1}$ ) (primary statistical data) .....	184
Table 5.19:	Weaners, diets used in the inventory, and their properties .....	187
Table 5.20:	Weaners, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors (MCF) .....	188
Table 5.21:	Weaners, N inputs with straw in German weaner houses (straw based systems) .....	190
Table 5.22:	Weaners, emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	190
Table 5.23:	Weaners, related tables provided with the data CD .....	191
Table 5.24:	Fattening pigs, calculation procedures applied .....	192
Table 5.25:	Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in $kg\ an^{-1}$ ) .....	193
Table 5.26:	Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in $kg\ an^{-1}$ ) .....	193
Table 5.27:	Fattening pigs, weight gain during fattening (in $g\ an^{-1}\ d^{-1}$ ) .....	193
Table 5.28:	Fattening pigs, percentage of animals fed N reduced in the districts in Lower Saxony .....	199
Table 5.29:	Fattening pigs, diets used, related energies, and nitrogen contents. ( $X_{DE}$ : digestibility, $X_{ME}$ : metabolisability, $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy, $x_N$ : N content feed) .....	199
Table 5.30:	Fattening pigs, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors (MCF) .....	200
Table 5.31:	Fattening pigs, N inputs with straw in German fattening pig houses (straw based systems) .....	201
Table 5.32:	Fattening pigs, partial emission factors for $NH_3$ -N from housing (related to TAN) .....	202
Table 5.33:	Fattening pigs, emission factors $EF_{PM}$ for particle emissions from housing .....	203
Table 5.34:	Fattening pigs, related tables provided with the data CD .....	203
Table 5.35:	Boars, calculation procedures applied .....	204
Table 5.36:	Boars, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors (MCF) .....	206
Table 5.37:	Boars, related tables provided with the data CD .....	208

Table 5.38:	Pigs, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors.....	211
Table 5.39:	Pigs, intercomparison of PM implied emission factors.....	212
Table 5.40:	Pigs, related tables provided with the data CD .....	212
Table 6.1:	Sheep, calculation procedures applied .....	213
Table 6.2:	Sheep and lambs, correction of animal numbers.....	214
Table 6.3:	Sheep, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ).....	216
Table 6.4:	Sheep, emission factors relating NMVOC emissions to $NH_3$ emissions.....	216
Table 6.5:	Lambs, calculation procedures applied .....	218
Table 6.6:	Lambs, related tables provided with the data CD .....	219
Table 6.7:	Adult sheep, calculation procedures applied.....	219
Table 6.8:	Sheep without lambs, related tables provided with the data CD .....	220
Table 6.9:	Sheep, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors.....	222
Table 6.10:	Sheep, collective description, related tables provided with the data CD.....	223
Table 6.11:	Goats, calculation procedures applied.....	224
Table 6.12:	Goats, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ).....	225
Table 6.13:	Goats, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors .....	227
Table 6.14:	Goats, related tables provided with the data CD .....	227
Table 7.1:	Horses, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ).....	229
Table 7.2:	Horses and mules/asses, emission factors for particle emissions from housing.....	230
Table 7.3:	Heavy horses, calculation procedures applied .....	231
Table 7.4:	Heavy horses, related tables provided with the data CD.....	233
Table 7.5:	Light horses and ponies, calculation procedures applied .....	234
Table 7.6:	Light horses and ponies, related tables provided with the data CD .....	236
Table 7.7:	Horses, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors .....	238
Table 7.8:	Horses, related tables provided with the data CD .....	238
Table 7.9:	Mules and asses, calculation procedures applied .....	239
Table 7.10:	Mules and asses, compilation of input data and national emission results (constant in time).....	242
Table 7.11:	Mules and asses, related tables provided with the data CD .....	242
Table 8.1:	Fur animals, calculation procedures applied .....	243
Table 8.2:	Fur animals, animal numbers 2000, data obtained by inquiry .....	243
Table 8.3:	Fur animals, related tables provided with the data CD (data for the year 2000 only).....	245
Table 8.4:	Buffalo, calculation procedures applied.....	246
Table 8.5:	Buffalo, partial emission factors used in the inventory .....	249
Table 8.6:	Buffalo, related tables provided with the data CD .....	250
Table 9.1:	Poultry, categorisation and characterisation.....	251
Table 9.2:	Poultry (laying hens, broilers, pullets), emission factors relating NMVOC emissions to $NH_3$ emissions.....	252
Table 9.3:	Poultry, partial emission factors for $N_2O$ , $NO$ , and $N_2$ from storage of poultry excreta .....	252
Table 9.4:	Poultry, partial emission factors for $NH_3$ from application of poultry manure .....	253
Table 9.5:	Laying hens, calculation procedures applied .....	254
Table 9.6:	Laying hens, performance data .....	255
Table 9.7:	Laying hens, diets used in laying hen feeding, related energies and nitrogen content.....	259
Table 9.8:	Laying hens, partial emission factors for $NH_3$ losses from housing (related to N excreted).....	264
Table 9.9:	Laying hens, emission factors for particle emissions from housing.....	265
Table 9.10:	Laying hens, related tables provided with the data CD.....	265
Table 9.11:	Broilers, calculation procedures applied.....	266
Table 9.12:	Broilers, growth rate relative to reference, according to linear trend in Figure 9.3 ( $r_g$ , in $kg\ kg^{-1}$ ) .....	268
Table 9.13:	Broilers, national total of German broiler meat production (in $10^6\ kg\ a^{-1}$ ) .....	268
Table 9.14:	Broilers, duration of cleansing period $\tau_{service}$ (in $d\ ro^{-1}$ ) .....	270
Table 9.15:	Broilers, time series of raw protein content in feed $x_{XP}$ ( $kg\ kg^{-1}$ ) .....	273
Table 9.16:	Broilers, amounts of N inputs with straw in German broiler houses .....	277
Table 9.17:	Broilers, related tables provided with the data CD .....	278
Table 9.18:	Pullets, calculation procedures applied .....	279
Table 9.19:	Pullets, diets used in pullet feeding, related energies, and nitrogen contents.....	281
Table 9.20:	Pullets, amounts of N inputs with straw in German pullet houses .....	284
Table 9.21:	Pullets, related tables provided with the data CD .....	285
Table 9.22:	Geese, calculation procedures applied .....	286

Table 9.23:	Geese, related tables provided with the data CD .....	288
Table 9.24:	Ducks, calculation procedures applied .....	289
Table 9.25:	Ducks, amounts of N inputs with straw in German broiler houses.....	293
Table 9.26:	Ducks, related tables provided with the data CD.....	294
Table 9.27:	Turkeys, calculation procedures applied.....	295
Table 9.28:	Turkeys, primary data available.....	296
Table 9.29:	Turkeys, diets used, related energy contents, and nitrogen contents .....	298
Table 9.30:	Turkeys, amounts of N inputs with straw in German turkey houses .....	301
Table 9.31:	Turkeys, related tables provided with the data CD.....	302
Table 9.32:	Poultry, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors .....	305
Table 9.33:	Poultry, intercomparison of PM implied emission factors.....	306
Table 9.34:	Poultry, related tables provided with the data CD .....	307
Table 9.35:	Other poultry (poultry except laying hens and broilers), related tables provided with the data CD .....	307
Table 10.1:	Cultures with fertilizers, calculation procedures applied.....	308
Table 10.2:	Attribution of German national classes of N fertilizers to SNAP categories .....	309
Table 10.3:	Cultures with fertilizers, recommended amounts of nitrogen fertilizers.....	311
Table 10.4:	Mineral fertilizers, NH <sub>3</sub> emission factors as functions of spring temperature $t_s$ ( $t_s$ in °C).....	312
Table 10.5:	Sewage sludge applied within agriculture (in Gg a <sup>-1</sup> dry matter) (statistical data) .....	321
Table 10.6:	Sewage sludge, nitrogen content (in g kg <sup>-1</sup> N, related to dry matter) (statistical data) .....	321
Table 10.7:	Agricultural crops, NMVOC emission factors and duration of emission .....	326
Table 10.8:	Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD .....	328
Table 11.1:	Cultures without fertilizers, calculation procedures applied.....	329
Table 11.2:	Crop residues (agricultural crops), data used to calculate N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> emissions .....	340
Table 11.3:	Crop residues (horticultural crops), data used to calculate N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> emissions .....	340
Table 11.4:	Soils, intercomparison of N <sub>2</sub> O implied emission factors.....	348
Table 11.5:	Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD .....	348
Table 12.1:	Emissions of pesticides, related tables provided with the data CD.....	349
Table 13.1:	Fractions $Frac_x$ , related tables provided with the data CD .....	354
Table 13.2:	Fractions $Frac_x$ , intercomparison of fractions explaining direct and indirect N <sub>2</sub> O emissions .....	355
Table 14.1:	Uncertainty of the implied emission factor for NH <sub>3</sub> from manure management (in %) .....	362
Table 14.2:	Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory.....	366
Table 14.3:	Uncertainty calculation for the German agricultural ammonia inventory .....	369
Table 15.1:	Air temperatures in Germany 1961 – 1990 and 1990 – 2007 and correction values .....	372



## 1 Introduction / Einführung

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

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

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

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

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

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

CO<sub>2</sub> emissions from urea and liming are reported in the category “landuse, landuse change and forestry” (LULUCF).

Emissions from activities preceding agriculture (e.g. the production and transport of mineral fertilizers), emissions from vehicles (including tractors) or stationary installations are dealt with under the categories “production processes”, “other mobile sources” and “non-industrial combustion plants”.

In Germany, the necessary data to describe emissions from agriculture were not available until recently (Dämmgen and Grünhage, 2001). Such data sets were

Gasförmige und partikelförmige Emissionen aus der Landwirtschaft sind in Europa

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

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

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

Entsprechend diesen Vorgaben werden als Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft nur die Emissionen aus den bewirtschafteten Nutzflächen und der Tierhaltung selbst und die unmittelbar auf sie zurückzuführenden indirekten Emissionen als Emissionen aus der Landwirtschaft bezeichnet.

CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Harnstoff und Kalkung werden in der Kategorie „Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft“ (LULUCF) berichtet.

Emissionen aus dem Vorleistungsbereich (etwa Düngemittelherstellung und –transport), aus dem Betrieb von Fahrzeugen (einschließlich Schlepper) oder stationären Einrichtungen werden unter den Kategorien „production processes“, „other mobile sources“ und „non-industrial combustion plants“ erfasst.

Die für die Berechnung der landwirtschaftlichen Emissionen in Deutschland benötigten Daten waren zunächst nicht vorhanden (Dämmgen und Grünhage,

generated for the first time in a project (Döhler et al., 2002) jointly financed by the German Ministries for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) and for Consumer Protection, Food and Agriculture (BMVEL).

In addition, the inventory is to be used as a tool in policy making (cf Dämmgen et al., 2006; Gauger et al., 2006). This requires, among other things, calculation methods based on process descriptions as far as possible, in order to enable detection and assessment of emission mitigation options. As decisions on alterations of houses or on the introduction of new techniques are made on the farm level, the methods have to be suitable for the calculation of (typical) emissions of single farm enterprises.

As the approaches of the first inventory were at least partly unsatisfactory, they permanently have been developed and updated. The version used for the present inventory is based on results described in Döhler et al. (2002), but it makes use of the latest available editions of the international guidelines. It also includes results of international co-operation between experts (EAGER<sup>6</sup>).

The report at hand describes the methodology used for the current emission reporting (submission 2011). It replaces the contents of the reports of precedent submissions.

Kapitel 1.2 provides an overview of the emission calculation results.

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

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

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

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

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

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

Chapter 13 describes the calculation of entities needed as further information.

2001). Sie wurden erstmals in einem Gemeinschaftsprojekt der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) erarbeitet (Döhler et al., 2002).

Das Inventar soll darüber hinaus als Instrument der Politikberatung dienen (vgl. Dämmgen et al., 2006; Gauger et al., 2006). Dies erfordert u. A. möglichst prozessorientierte Berechnungsmethoden, um gezielt Möglichkeiten zur Emissionsminderung aufdecken und prüfen zu können. Da Entscheidungen über Veränderungen von Gebäuden und Techniken letztlich auf Betriebsebene fallen, sollen die Berechnungsansätze im Prinzip auch dazu nutzbar sein, einzelne Betriebe mit ihren typischen Eigenschaften abzubilden.

Die zum Teil unbefriedigenden Ansätze des ersten Inventars wurden beständig verbessert und weiter entwickelt. Sie gründen auf den in Döhler et al. (2002) erarbeiteten Ergebnisse, verwendet aber die jeweils neuesten Ausgaben der internationalen Regelwerke und bezieht Ergebnisse ein, die im internationalen Vergleich benachbarter Staaten erarbeitet wurden (EAGER<sup>6</sup>).

Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die für die aktuelle Berichterstattung (Submission 2011) verwendete Methodik. Der vorliegende Bericht ersetzt die Methodenbeschreibungen früherer Berichte.

Kapitel 1.2 gibt einen Überblick über die berechneten Emissionsergebnisse.

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

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

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

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

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

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

Kapitel 13 beschreibt die Berechnung von Größen, die als zusätzliche Informationen benötigt werden.

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



The assessment of the uncertainties of the emission inventory is dealt with in Chapter 14.

Chapter 15 gives an outlook on future improvements in inventory calculations.

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

Kapitel 14 geht auf die bestimmung der Unsicherheiten des Emissionsinventars ein.

Kapitel 15 spricht künftige Verbesserungen in der Inventarberechnung an.

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

## 1.2 Overview of emission results / Übersicht über Emissionsergebnisse

In the following, a summary of important results of the emission calculations for the emission reporting 2011 (Submission 2011) from German agriculture is presented. The results mainly pertain to the time series 1990 to 2009, but also to the projections for the years 2010 and 2020. The overview is restricted to CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und NH<sub>3</sub> from emission sources covered by the emission reporting for the sector "Agriculture", i. e. animal husbandry and managed agricultural soils. CO<sub>2</sub> from liming is reported elsewhere in the sector "Landuse, Landuse Change and Forestry". Furthermore, emissions from industrial processes associated with agriculture (e. g. fertilizer production) as well as emissions from energy consumption by agriculture are also reported elsewhere.

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

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

As the uncertainties of the GHG and the NH<sub>3</sub> inventories will not be dealt with in the following, the reader is referred to Chapter 14.

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

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die Berichterstattung 2011 (Submission 2011) aus der deutschen Landwirtschaft gegeben, wobei es zum Einen um die Zeitreihe 1990 bis 2009 geht, zum Anderen um die Projektionen für die Jahre 2010 und 2020. Die Übersicht beschränkt sich auf CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O und NH<sub>3</sub> aus dem Bereich, der durch die Berichterstattung im Berichtssektor „Landwirtschaft“ abgedeckt wird, d. h. die Nutztierhaltung und landwirtschaftlich genutzte Böden, ohne CO<sub>2</sub> aus Kalkung (wird im Sektor „Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft“ berichtet) und ohne Emissionen aus Vorleistungsbereich und Energieverbrauch, die ebenfalls in gesonderten Sektoren berichtet werden.

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

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

Auf die Unsicherheit von Treibhausgas- und NH<sub>3</sub>-Gesamtinventar wird im Folgenden nicht eingegangen. Hierzu wird auf Kapitel 14 verwiesen.

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

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

Figure 1.1 displays the time series of trace gas emissions of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O from German agriculture calculated for the years 1990 to 2009. The results are given for the four source sectors enteric fermentation, manure management and soils.

In addition, results are presented for the projection years 2010 and 2020. Projection 2020 was calculated based on the data provided in Chapter 3.8, while for Projection 2010 it was assumed that the conditions in

Figure 1.1 zeigt die für die Jahre 1990 bis 2009 berechnete Zeitreihe der Treibhausgas-Emissionen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der deutschen Landwirtschaft, gegliedert nach den Quellenbereichen Verdauung, Wirtschaftsdünger-Management und Böden.

Ergänzt wird die Zeitreihe durch die Ergebnisse der Projektionen für die Jahre 2010 und 2020. Die Projektion für 2020 wurde auf Grundlage der Vorgaben in 3.8 erstellt, während die Projektion für 2010 im

agriculture do not differ from those found in 2009 except for the application of mineral fertilizer where 2010 data were already available and could be taken into account for the 2010 projection calculations.

Wesentlichen auf der Annahme gründet, dass die Verhältnisse 2010 mit denen im Jahr 2009 identisch sind, wobei als Ausnahme die bereits vorliegenden Daten für die Mineraldünger-Ausbringung 2010 bereits einbezogen wurden.

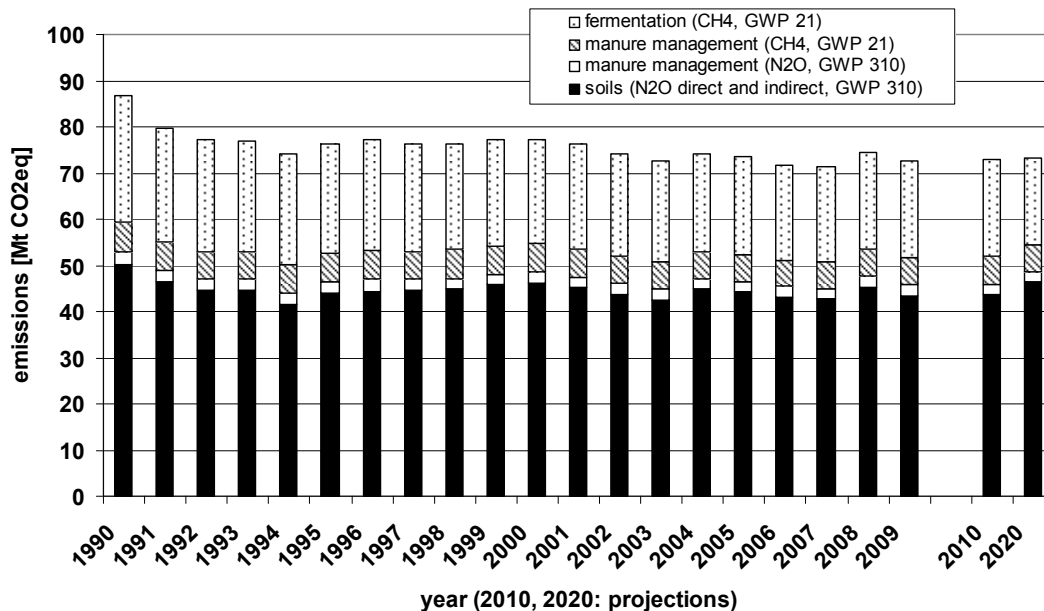


Figure 1.1: Emissions of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O from German agriculture for the time series 1990 to 2009 and Projections 2010 and 2020 (Submission 2011)

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

Total CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from German agriculture exhibit a decreasing trend which is dominated by the strong decrease immediately after the German unification. This trend is mostly due to the times series of the emissions from animal husbandry. Figure 1.2 displays the development of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry for the years 1990 to 2009 in % of the respective values in 1990.

The decrease of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry is mostly due to the decrease of animal numbers for dairy cows and other cattle. Figure 1.3 shows the development of animal numbers of dairy cows, other cattle and pigs. These categories are responsible for about 97 % of total CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry (dairy cows ca. 51 %; other cattle ca. 35 %; pigs ca. 11 %). The continued decrease of the numbers of dairy cows and other cattle as well as the increase of pig numbers after

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

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

Die Abnahme der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Tierhaltung ist überwiegend auf die Abnahme der Tierzahlen bei Milchkühen und übrigen Rindern zurück zu führen. Figure 1.3 zeigt den Verlauf der Tierzahlen für Milchkühe, andere Rinder, und Schweine, die insgesamt rund 97 % der Gesamtemissionen an CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Tierhaltung verursachen (Milchkühe ca. 51%; übrige Rinder ca. 35 %; Schweine ca. 11 %). Deutlich sind der abnehmende Trend bei Milchkühen und übrigen Rindern, sowie der Wieder-

1995 is obvious.

anstieg bei den Schweinen ab 1995.

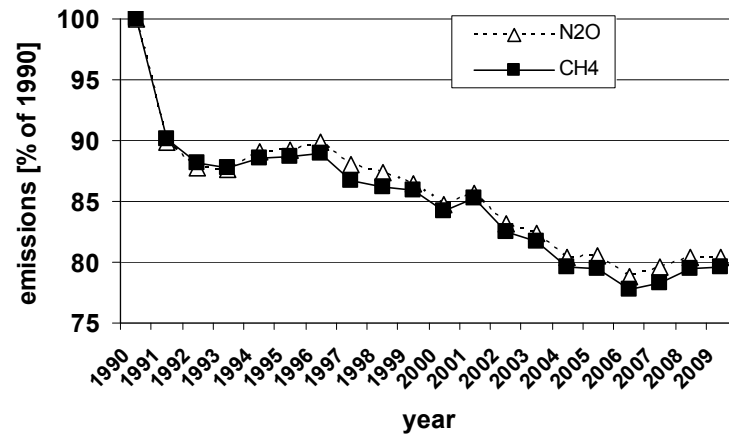


Figure 1.2: Development of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry in % of 1990, Submission 2011

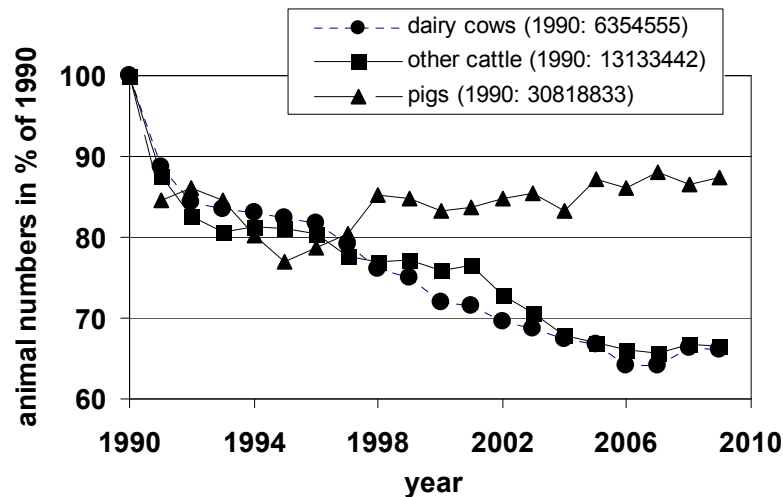


Figure 1.3: Development of animal numbers (dairy cows, other cattle and pigs, in % of 1990)

Exemplarily for the year 2009, Figure 1.4 shows, the contributions of dairy cows, other cattle, pigs and other animals (sheep, goats, mules and asses, buffalo) to the second-largest GHG emission source sector in German Agriculture which is CH<sub>4</sub> from enteric fermentation.

Figure 1.4 schlüsselt exemplarisch für das Jahr 2009 die Beiträge von Milchkühen, übrigen Rindern, Schweinen und anderen Tieren (Schafe, Ziegen, Pferde, Esel und Maultiere, Büffel) zum zweitgrößten THG-Emissionsbeitrag aus der deutschen Landwirtschaft, der CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung, auf.

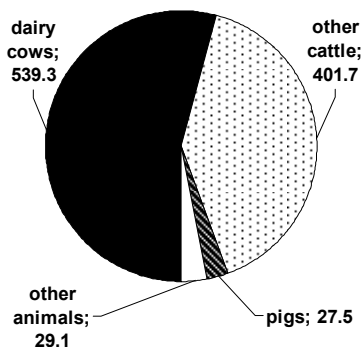
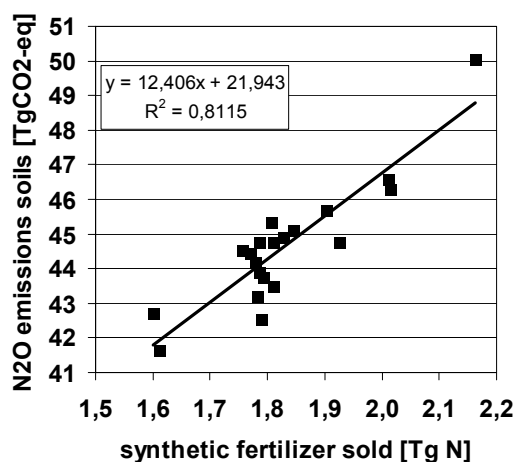


Figure 1.4: CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation in 2009 (in Gg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>), Submission 2011

To a large extent, the interannual fluctuations of total CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions are due to fluctuations of the N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils. The N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils themselves are dominated by the application of mineral fertilizer, as is shown in Figure 1.5 using the data from 1990 to 2009.

Die interannuellen Schwankungen der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Gesamtemissionen gehen zu einem großen Teil auf die Schwankungen der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden zurück, die wiederum durch die Mineraldüngeranwendung dominiert werden, wie Figure 1.5 anhand der Daten von 1990 bis 2009 zeigt.



conditions in agriculture do not differ from those found in 2009 except for the application of mineral fertilizer where 2010 data were already available and could be taken into account for the 2010 projection calculations.

It can be seen from Figure 1.6 that the  $\text{NH}_3$  emissions from German agriculture decreased in the years 1990/1991 which is due to the German unification, while no explicit trend is discernible for the years since then. The time series of the  $\text{NH}_3$  emissions is a result of counteracting processes. Under unchanged agricultural conditions, decreasing animal numbers (see Figure 1.3) would lead to a decrease of emissions from animal husbandry. However, the increase of animal performance in the years 1990 to 2009 has a partly compensating impact on the emissions. As an example, Figure 1.7 shows the development of emissions from dairy cattle husbandry as a result of decreasing animal numbers and increasing milk yields.

sentlichen auf der Annahme gründet, dass die Verhältnisse 2010 mit denen im Jahr 2009 identisch sind, wobei als Ausnahme die bereits vorliegenden Daten für die Mineraldünger-Ausbringung 2010 bereits einbezogen wurden.

Aus Figure 1.6 ist ersichtlich, dass die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft als Folge der deutschen Wiedervereinigung 1990/1991 deutlich gesunken sind, während in den Jahren seither kein wesentlicher Trend zu erkennen ist. Der zeitliche Verlauf der  $\text{NH}_3$ -Emissionen ist ein Ergebnis von gegenläufigen Effekten. Unter sonst unveränderten Bedingungen würden abnehmende Tierzahlen (Figure 1.3) zu einer Abnahme der Emissionen aus der Nutztierhaltung führen. Eine gegenläufige Wirkung hat allerdings der zu beobachtende Anstieg der tierischen Leistung. So kompensiert z. B. der Anstieg der jährlichen Milchleistung zum Teil die abnehmende Anzahl der Milchkühe, siehe Figure 1.7.

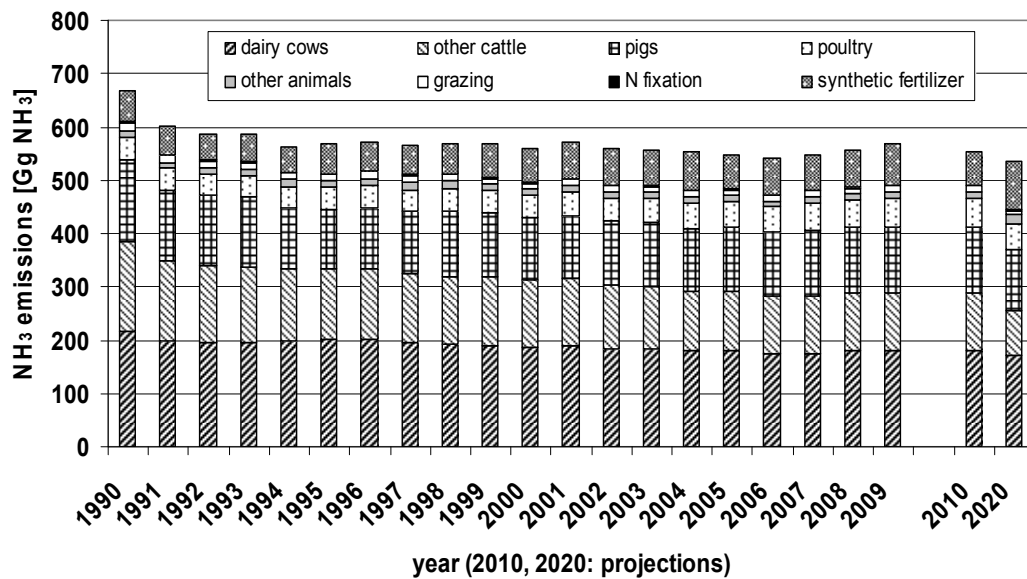


Figure 1.6: Time series of  $\text{NH}_3$  emissions from German agriculture and Projections 2010 and 2020 (Submission 2011)

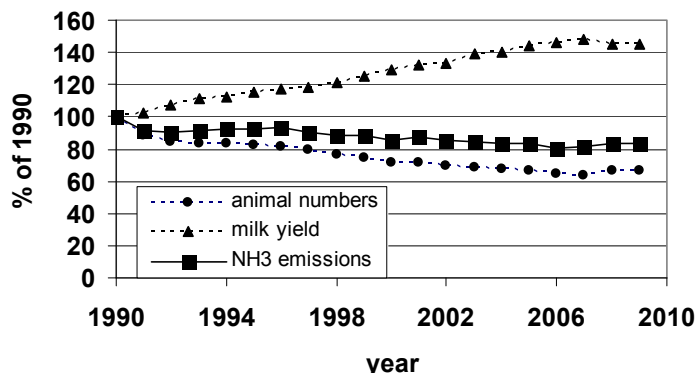


Figure 1.7: Development of dairy cattle numbers, milk yields and  $\text{NH}_3$  from dairy cattle husbandry (in % of 1990)

For the main emission sources within the animal categories „cattle“ and „pigs“, i. e. dairy cows and fattening pigs, Figure 1.8 shows for the example year 2009 the percentages of  $\text{NH}_3$  emissions originating from housing, storage and manure application. It is obvious that for dairy cows the emissions from manure application are predominant, while for fattening pigs the major share of the emissions are originating from the housing.

Figure 1.8 verdeutlicht exemplarisch für die Hauptquellen im Bereich Rinder und Schweine, d. h. Milchkühe und Mastschweine, die für 2009 berechnete prozentuale Verteilung der aus Stall, Lager und Wirtschaftsdünger-Ausbringung resultierenden  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Es wird deutlich, dass bei Milchkühen die Emissionen aus der Wirtschaftsdünger-Ausbringung überwiegen, während dies bei den Mastschweinen für den Stallbereich gilt.

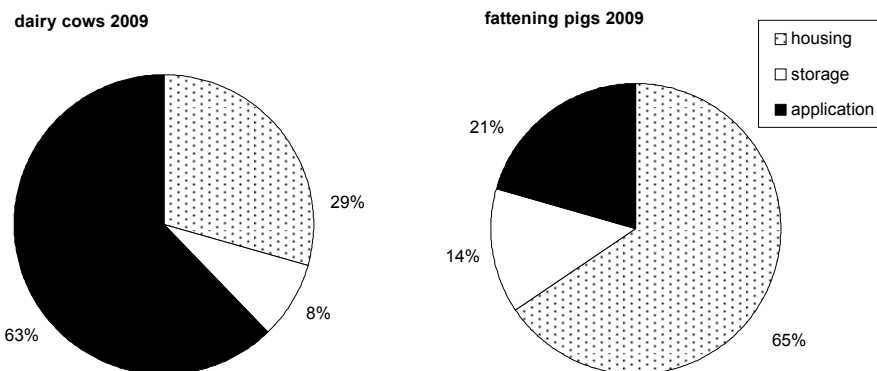


Figure 1.8: Percentages of  $\text{NH}_3$  emissions originating from housing, storage and manure application for dairy cows and fattening pigs in 2009 (Submission 2011)

$\text{NH}_3$  emissions from the application of mineral fertilizers are dominated by the application of urea and ANS. Figure 1.9 shows (in percent of 1990) the time series of the  $\text{NH}_3$  emissions from the application of mineral fertilizers, the total amount of mineral fertilizer N applied and the amount of N in urea and ANS applied (which in 1990 represented a share of

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung sind maßgeblich durch die Anwendung von Harnstoff und AHL geprägt. Figure 1.9 zeigt (in Prozent von 1990) die zeitlichen Verläufe der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung, der Mineraldüngeranwendung insgesamt (N-Menge) und des in der Mineraldüngeranwendung enthaltenen Anteils

14.1 % of the total amount of mineral fertilizer N, increasing to 32.6 % in 2009). It is obvious that in 2009, inspite of a lower total amount of mineral fertilizers than 1990, the  $\text{NH}_3$  emissions from the application of mineral fertilizers exceed that obtained for 1990. For 2010, however,  $\text{NH}_3$  emissions are considerably lower than in 2009, even though the total amount of mineral fertilizers applied did not change remarkably. This result is due to the strong decrease of the application of urea and ANS between 2009 and 2010. (Note that the data for the mineral fertilizer application in 2010 is not projected but is based on official census by the Statistisches Bundesamt.) The obvious interconnection between the amount of urea and ANS applied and the  $\text{NH}_3$  emissions from the total application of mineral fertilizers is caused by the fact that the emission factors of urea and ANS remarkably exceed those of other fertilizers.

von Harnstoff-N und AHL-N (der von 14,1 % im Jahr 1990 auf 32,6 % der Mineraldüngerausbringung im Jahr 2009 stieg). Es zeigt sich deutlich, dass 2009 trotz geringerer Mengen an Mineraldünger als 1990 die  $\text{NH}_3$ -Emission aus der Mineraldüngeranwendung höher als 1990 ist. Für 2010 ergibt sich dagegen trotz einer gegenüber 2009 nahezu gleich bleibenden Gesamtmenge an Mineraldünger eine deutliche Abnahme der  $\text{NH}_3$ -Emission gegenüber 2009, was mit der deutlichen Abnahme der Harnstoff- und AHL-Anwendung zusammenhängt. (Die Mineraldüngerdaten für 2010 sind keine Prognose, sondern beruhen auf den bereits verfügbaren Daten des Statistischen Bundesamtes.) Die deutliche Abhängigkeit der  $\text{NH}_3$ -Emissionen von der Menge an Harnstoff und AHL ist eine unmittelbare Folge der im Vergleich zu den übrigen Düngern erheblich größeren Emissionsfaktoren für Harnstoff und AHL.

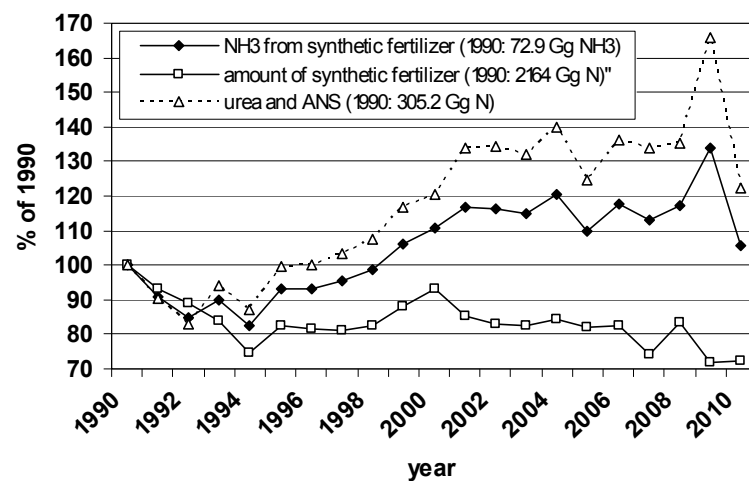


Figure 1.9: Application of mineral fertilizer N (amounts sold), amounts of N in urea and ANS applied, and the  $\text{NH}_3$  emissions from the total application of mineral fertilizers (Submission 2011)

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

#### 1.3.1 Changes with respect to the previous report / Änderungen gegenüber dem vorherigen Bericht

In September 2010, the last year's (submission 2010) inventory of German greenhouse gases was reviewed during an In Country Review. This applied also the agricultural part of the inventory established according to Haenel et al. (2010).

As a consequence of the In Country Review, the agricultural emission calculation methods had to be modified in three positions: the methane conversion factor for the enteric fermentation of dairy cows, the ash content of the excretions of dairy cows, and the emission factor for indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils due to leaching and run-off. The respec-

Im September 2010 fand ein In-Country-Review des letztjährigen deutschen Treibhausgas-Inventars (Submission 2010) statt, dessen landwirtschaftlicher Teil mit Hilfe der in Haenel et al. (2010) beschriebenen Methoden erstellt wurde.

Als Folge dieses In-Country-Review wurden für den vorliegenden Bericht die landwirtschaftlichen Berechnungsmethoden an drei Stellen geändert. Hierbei handelt es sich um den Methan-Umwandlungsfaktor für die Verdauung bei Milchkühen, den Aschegehalt der Ausscheidungen bei Milchkühen sowie den Emissionsfaktor für indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -

tive changes of the methodology as well as a number of additional modifications are addressed in the subsequent paragraphs. The chapter numbers given refer to the report at hand.

Figure 1.10 and Figure 1.11, presented at the end of this chapter, illustrate the differences between the CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> emission results of the current Submission 2011 (see Chapters 1.2.1 und 1.2.2) and the previous submission (Submission 2010, Haenel et al., 2010).

### **Structure of the report**

All poultry categories are dealt with in one single chapter (Chapter 9).

There is no consensus which calculation method has to be applied for the calculation of methane deposition onto agricultural soils (see Haenel et al., 2010, p. 354). Hence, the respective chapter (Haenel et al, 2010, Chapter 11.5) was discarded.

From this inventory onwards, due to the lack of sufficient data to establish a reliable national import-export balance, imports and exports of animal manures are not considered until further notice. (For a more detailed discussion see Chapter 10.2.1.2 in the report at hand). Hence, the contents of chapter 10.6. of the last-year inventory report (Haenel et al., 2010) have been dropped.

### **Animal numbers (all animal categories)**

For the animal numbers on district level no data had been available for the federal states of Mecklenburg-Vorpommern and Bavaria. Now the respective data have been provided.

### **All animals and Chapter 3 (Modelling basics)**

For all straw based housing systems an error in the calculation of TAN immobilisation in the housing stage has been eliminated. This leads to considerably increased NH<sub>3</sub> emissions.

The calculations of national means of N excretions related to the three types of animal husbandry systems (slurry based, straw based, pasture) hat to be corrected. This corrections leads to redistributions of N excreted between the husbandry systems.

### **Chapter 4.3 Dairy cows**

To account for the influence of pasture grass on the mean energy and nitrogen contents of roughage, the respective entities have to be calculated. This was missed for the NEL content. Correction of this error leads to a decrease of N excretions in the order of magnitude of 0.5 %. The emissions of N species reduce accordingly. The intake of gross energy is also slightly reduced which leads to a respective decrease in CH<sub>4</sub> emissions per animal place from enteric fermentation and manure management.

However, on a national basis, the CH<sub>4</sub> emissions

Emissionen durch Auswaschung und Oberflächenabfluss. Hierauf und auf weitere Änderungen gehen die nachfolgenden Abschnitte ein, wobei sich die Kapitelverweise auf den vorliegenden Bericht beziehen.

Figure 1.10 und Figure 1.11 am Ende dieses Kapitels illustrieren die Unterschiede zwischen den CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O- und NH<sub>3</sub>-Emissionsergebnissen der vorliegenden Submission 2011 (siehe Kapitel 1.2.1 und 1.2.2) und der Vorjahresberichterstattung (Submission 2010, Haenel et al., 2010).

### **Struktur des Berichtes**

Alle Geflügelkategorien werden in einem Hauptkapitel zusammengefasst (Kapitel 9).

Das Kapitel für die in bisherigen Berichten (z. B. Haenel et al, 2010, Kapitel 11.5) beschriebene Methan-Deposition bei landwirtschaftlichen Böden entfällt, da es keinen Konsens zur Berechnungsmethode gibt (s. Haenel et al., 2010, S. 354).

Die in bisherigen Inventaren einbezogenen Wirtschaftsdünger-Importe werden mangels einer ausreichenden Datenbasis zur Erstellung einer Import-Export-Bilanz bis auf Weiteres nicht mehr berücksichtigt (zur näheren Begründung siehe Kapitel 10.2.1.2 im vorliegenden Bericht). Damit entfällt das Kapitel 10.6 des letztjährigen Inventarberichtes (Haenel. et al., 2010).

### **Tierzahlen (alle Tierkategorien)**

Bei den Kreisviehzahlen liegen nun auch für Mecklenburg-Vorpommern und Bayern für 2007 Daten vor. Diese beiden Länder hatten bisher keine Zahlen gemeldet.

### **Alle Tiere und Kapitel 3 (Modellgrundlagen)**

Bei allen Festmist-Haltungsverfahren wurde ein Fehler in der Berechnung der TAN-Immobilisierung im Stall beseitigt. Dies führt zu merklich erhöhten NH<sub>3</sub>-Emissionen.

In der Berechnung nationaler Mittelwerte der auf die Haltungssysteme (güllebasiert, strohbasiert, Weide) bezogenen N-Ausscheidungen wurde ein Fehler korrigiert. Dies führt zu Verschiebungen zwischen den Haltungssystemen.

### **Kapitel 4.3 Milchkühe**

Im Falle von Weidegang muss bei der Berechnung von Energie- und Stickstoffgehalt des Raufutters der Beitrag des Weidegras berücksichtigt werden. Für den NEL-Gehalt geschah das bisher nicht. Die Korrektur dieses Fehlers führt zu einer Abnahme der N-Ausscheidung in der Größenordnung von 0,5 %. Entsprechend reduziert sich die Emission von N-Spezies. Auch die Aufnahme an Gesamtenergie verringert sich geringfügig mit der Folge entsprechend niedrigeren CH<sub>4</sub>-Emissionen pro Tierplatz aus Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management.

Die nationalen Mittelwerte der CH<sub>4</sub>-Emissionen



increase slightly due to the correction of an error in the aggregation of the emissions calculated on district level.

As a result of the In Country Review of the German green house gas inventory in September 2010 the methane conversion factor of enteric fermentation for dairy cows has been reset to the 1996 IPCC value of 0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>. This value is about 10 % higher than the one used before (cf. Haenel et al., 2010). correspondingly, the CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation increased.

A further increase of the CH<sub>4</sub> emissions occurs due to a revision of the ash content of faeces. According to the recommendation of the experts of the German in country review mentioned above the previously used value of 13 % in dry matter has been replaced by the IPCC (1996 and 2006) default value of 8 %.

The equation for energy corrected milk has been updated. The effect on emissions is marginal. A detailed description of the definition of energy corrected milk has been inserted into the text.

The times series of slaughter ages and ages of first calving were completed with data for 2009. This led to slight modifications of the respective interpolation results. These modifications are of very limited relevance for the emission results when compared with the effects of other modifications.

The NH<sub>3</sub> emission factor for grazing has been updated according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8. It is now 0.10 kg kg<sup>-1</sup> related to TAN (former value: 0.075 kg kg<sup>-1</sup> related to N). This leads to decreased NH<sub>3</sub> emissions during grazing.

The emission factors for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> have been updated according to EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. The values are the same as given in EMEP (2007), but in former inventories they had been interchanged for slurry and straw based systems. The update leads to an approximate doubling of PM emissions for slurry based systems, while the emissions are approximately halved for straw based systems.

In the calculation of animal weights on national level an error has been corrected. This leads to a higher mean weight of dairy cows.

#### Chapter 4.4 Calves

The emission factors for PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> have been updated according to EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. They are higher than the previously used values given by EMEP(2007).

#### Chapter 4.5 Heifers

The times series of slaughter ages and ages of first calving were completed with data for 2009. This led to slight modifications of the respective interpolation results. The effect on emission calculations are marginal.

The NH<sub>3</sub> emission factor for grazing has been up-

pro Tier steigen dennoch, da ein Fehler in der Aggregation der auf Kreisebene berechneten Emissionen korrigiert wurde.

Infolge des In-Country-Review des deutschen Treibhausgas-Inventars im September 2010 wurde der CH<sub>4</sub>-Umwandlungsfaktor für Verdauung bei den Milchkühen auf den IPCC (1996)-Wert von 0,06 MJ MJ<sup>-1</sup> gesetzt. Dieser Wert ist um rund 10 % höher als der bisher verwendete Wert (vgl. Haenel et al., 2010), was zu einer entsprechenden Erhöhung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung führt.

Zu einer weiteren Erhöhung der CH<sub>4</sub>-Emissionen insgesamt trägt bei, dass aufgrund der Empfehlungen der Gutachter beim In-Country-Review des deutschen Treibhausgas-Inventars im September 2010 der Aschegehalt der Ausscheidungen von 13 % in der Trockenmasse auf den Defaultwert von IPCC (1996 und 2006) herabgesetzt wurde (8 %).

Die Formel für die Berechnung der energiekorrigierten Milch wurde aktualisiert. Im Text wurde eine detaillierte Beschreibung eingefügt. Die Auswirkungen auf die Emissionen sind geringfügig.

Die Zeitreihen für Alter, Abgangsalter und die Abkalberate wurden für 2009 ergänzt. Daraus ergaben sich leichte Änderungen in der Interpolation der entsprechenden Zeitreihen. Die Auswirkungen auf die Emissionen sind geringfügig im Vergleich zu Auswirkungen anderer Änderungen.

Der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für Weidegang wurde nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, auf 0.10 kg kg<sup>-1</sup> in Bezug auf TAN gesetzt (alter Wert: 0.075 kg kg<sup>-1</sup> in Bezug auf N). Dies führt zu verringerten NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Weidegang.

Die Emissionsfaktoren für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> wurden nach EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, aktualisiert. Die Werte haben sich gegenüber EMEP(2007) nicht verändert, wurden bislang aber für güllebasierte und strohbasierte Systeme vertauscht verwendet. Aus der Änderung resultiert für güllebasierten Systemen nahezu eine Verdoppelung der PM-Emissionen, bei strohbasierten Systemen in etwa eine Halbierung.

In der Aggregation der Tiergewichte auf nationaler Ebene wurde ein Fehler korrigiert. Dies führt zu einem höheren mittleren Milchkuhgewicht.

#### Kapitel 4.4 Kälber

Die Emissionsfaktoren für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> wurden nach EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, aktualisiert. Sie sind größer als die früher verwendeten Werte nach EMEP(2007).

#### Kapitel 4.5 Färsen

Die Zeitreihen für Alter, Abgangsalter und die Abkalberate wurden für 2009 ergänzt. Daraus ergaben sich leichte Änderungen in der Interpolation der entsprechenden Zeitreihen. Die Auswirkungen auf die Emissionen sind geringfügig.

Der NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für Weidegang wurde

dated according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8. It is now  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$  related to TAN (former value:  $0.075 \text{ kg kg}^{-1}$  related to N). This leads to lower  $\text{NH}_3$  emissions during grazing.

The emission factors for  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  have been updated according to EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. The values are the same as given in EMEP (2007), but in former inventories they had been interchanged for slurry and straw based systems. The update leads to an approximate doubling of PM emissions for slurry based systems, while the emissions are approximately halved for straw based systems.

#### **Chapter 4.6 Bulls (mature males)**

Weight gain data have been recalculated for the years up to 2009 on basis of updated HIT data. For carcass weights the HIT data are used from 1999 onwards, while for the years up to 1998 the data provided by the Statistisches Bundesamt are kept (FS 3, R. 4.2.1). This leads to an increase of emissions per animal place.

The emission factors for  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  have been updated according to EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. The values are the same as given in EMEP (2007), but in former inventories they had been interchanged for slurry and straw based systems. The update leads to an approximate doubling of PM emissions for slurry based systems, while the emissions are approximately halved for straw based systems.

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

In the calculation of the gross energy intake (GE) an error has been corrected. This leads to an increase of GE of about 26 %, followed by respectively higher  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation and manure management.

The  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing has been updated according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8. It is now  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$  related to TAN (former value:  $0.075 \text{ kg kg}^{-1}$  related to N). This leads to lower  $\text{NH}_3$  emissions during grazing.

The emission factors for  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  have been updated according to EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. They are lower than the previously used values which had been adopted from dairy cows.

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

The emission factors for  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  have been updated according to EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10. They are lower than the previously used values which had been adopted from dairy cows.

#### **Chapter 4.9 Data aggregation for other cattle**

In the calculation of the mean weight of other cattle an error was corrected, leading to a mean weight increase (ca. 12 % in 2008 and 2009).

In the calculation of animal weights on national

nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, auf  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$  in Bezug auf TAN gesetzt (alter Wert:  $0.075 \text{ kg kg}^{-1}$  in Bezug auf N). Dies führt zu geringeren  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Weidegang.

Die Emissionsfaktoren für  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  wurden nach EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, aktualisiert. Die Werte haben sich gegenüber EMEP(2007) nicht verändert, wurden bislang aber für güllebasierte und strohbasierte Systeme vertauscht verwendet. Aus der Änderung resultiert für güllebasierten Systemen nahezu eine Verdoppelung der PM-Emissionen, bei strohbasierten Systeme in etwa eine Halbierung.

#### **Kapitel 4.6 Mastbullen**

Die Berechnungen der Tiergewichtszunahmen wurden mit den aktuellen HIT-Daten bis incl. 2009 neu durchgeführt. Bei den Schlachtgewichten werden ab 1999 nun die HIT-Daten verwendet. Bis 1998 werden wie bisher die Daten des Statistischen Bundesamtes (FS 3, R. 4.2.1) verwendet. Es ergibt sich eine Erhöhung der Emissionen pro Tierplatz.

Die Emissionsfaktoren für  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  wurden nach EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, aktualisiert. Die Werte haben sich gegenüber EMEP(2007) nicht verändert, wurden bislang aber für güllebasierte und strohbasierte Systeme vertauscht verwendet. Aus der Änderung resultiert für güllebasierten Systemen nahezu eine Verdoppelung der PM-Emissionen, bei strohbasierten Systeme in etwa eine Halbierung.

#### **Kapitel 4.7 Mutterkühe**

In der Berechnung der Gesamtenergie-Aufnahme (GE) wurde ein Fehler korrigiert. Dadurch steigt GE-Aufnahme um rund 26 %, entsprechend auch die  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management.

Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für Weidegang wurde nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, auf  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$  in Bezug auf TAN gesetzt (alter Wert:  $0.075 \text{ kg kg}^{-1}$  in Bezug auf N). Dies führt zu geringeren  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Weidegang.

Die Emissionsfaktoren für  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  wurden nach EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, aktualisiert. Diese Emissionsfaktoren sind niedriger als die früher verwendeten Werte, die aus der Milchkuhhaltung übernommen worden waren.

#### **Kapitel 4.8 Zuchtbullen**

Die Emissionsfaktoren für  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  wurden nach EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, aktualisiert. Sie sind niedriger als die früher verwendeten Werte, die aus der Milchkuhhaltung übernommen worden waren.

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

In der Berechnung des mittleren Gewichtes der übrigen Rinder wurde ein Fehler beseitigt. Damit steigt der Wert an (ca. 12 % für 2008 und 2009).

In der Aggregierung der Tiergewichte auf nationa-

level an error has been corrected. This leads to a higher mean weight.

### **Chapter 5.2 All pigs (emission factors)**

For leachate the emission factor for  $\text{NH}_3$  losses from storage was updated (now  $0.03 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  instead of  $0.031 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ). This leads to almost negligibly lower emissions.

In the last year's inventory report the  $\text{NH}_3$  emission factor for slurry underneath slatted floor was reported incorrectly. The correct value is  $0.105 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  instead of  $0.10 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . However, the emissions remain unchanged as the calculations had been and are performed with the correct value.

### **Chapter 5.3 Sows and sucking piglets**

The PM emission factors for sows according to EMEP(2009)-4B-26 have been implemented. In fact the update is a reduction of decimal digits from three to two. It leads to somewhat reduced PM emissions.

### **Chapter 5.4 Weaners**

For the the housing system "deep litter, free ventilated" the  $\text{NH}_3$  emission factor was updated (from  $0.4 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  to  $0.35 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ). This leads to lower emissions.

In the last year's inventory report the value for  $B_0$  was reported incorrectly. The correct value is  $0.45 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  instead of  $0.48 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ . However, the emissions remain unchanged as the calculations had been and are performed with the correct value.

### **Chapter 5.5 Fattening pigs**

An error in the equation for the cumulative metabolisable energy had to be corrected. It is partly compensated by dropping the approximation used in the derivation of the cumulative metabolisable energy equation. All in all, this leads to an increase of ME requirements, causing higher emissions of  $\text{CH}_4$  and  $\text{NH}_3$ .

In the last year's inventory report the value for  $B_0$  was reported incorrectly. The correct value is  $0.45 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  instead of  $0.48 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ . However, the emissions remain unchanged as the calculations had been and are performed with the correct value.

The implementation of the calculation of the animal numbers was not fully correct (especially the calculation of  $n_{\text{piglets+}}$ ). The error was corrected.

For the the housing system "deep litter, free ventilated" the  $\text{NH}_3$  emission factor was updated (from  $0.4 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  to  $0.35 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ). This leads to lower emissions.

The amounts of bedding material had to be updated. Higher amounts lead to higher Emissions of  $\text{NH}_3$ .

The PM emission factors according to EMEP(2009)-4B-26 have been implemented. They

ler Ebene wurde ein Fehler korrigiert. Dies führt zu einem höheren mittleren Gewicht.

### **Kapitel 5.2 Alle Schweine (Emissionsfaktoren)**

Für Jauche-Lagerung wurde der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor aktualisiert (jetzt  $0,03 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  statt  $0.031 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ). Dies führt zu (sehr geringfügig) niedrigeren Emissionen.

Im Text wurde der fehlerhafte  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für den Güllekeller unterm Spaltenboden korrigiert ( $0,105 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  statt  $0,10 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ N}$ ). In den Emissionsberechnungen wurde und wird mit dem korrekten Wert gearbeitet, so dass die Korrektur ohne Auswirkung auf die Ergebnisse bleibt.

### **Kapitel 5.3 Sauen und Saugferkel**

Es erfolgte eine Aktualisierung der PM-Emissionsfaktoren für Sauen nach EMEP(2009)-4B-26. Die Änderung besteht in der Rundung der bisherigen Werte von drei auf zwei Dezimalstellen und führt zu etwas niedrigeren PM-Emissionen.

### **Kapitel 5.4 Aufzuchtschweine**

Für den Tiefstreuall (Außenklima) wurde der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor aktualisiert (jetzt  $0,35 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  statt  $0.4 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ). Dies führt zu niedrigeren Emissionen.

Im Text wurde der fehlerhafte Wert für  $B_0$  korrigiert ( $0,45 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  statt  $0,48 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ ). In den Emissionsberechnungen wurde und wird mit dem korrekten Wert gearbeitet, so dass die Korrektur ohne Auswirkung auf die Ergebnisse bleibt.

### **Kapitel 5.5 Mastschweine**

In der Gleichung für die kumulative umsetzbare Energie musste ein Fehler korrigiert werden. Er wird teilkompensiert durch den Verzicht auf die bisherige Näherung in der Berechnung der kumulativen umsetzbaren Energie. Insgesamt steigt aber der ME-Bedarf an, entsprechend auch die  $\text{CH}_4$ - und die  $\text{NH}_3$ -Emissionen.

Im Text wurde der fehlerhafte Wert für  $B_0$  korrigiert ( $0,45 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  statt  $0,48 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ ). Im Rechenblatt wurde mit dem korrekten Wert gearbeitet, so dass die Korrektur ohne Auswirkung auf die Ergebnisse bleibt.

Die im Rechenblatt fehlerhafte Umsetzung der Berechnung der Tierzahlen (insbesondere der Hilfsgröße  $n_{\text{piglets+}}$ ) wurde korrigiert.

Für den Tiefstreuall (Außenklima) wurde der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor aktualisiert (jetzt  $0,35 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  statt  $0.4 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ). Dies führt zu niedrigeren Emissionen.

Die Einstreumengen mussten aktualisiert werden. Sie sind nun größer, mit der Folge erhöhter  $\text{NH}_3$ -Emissionen.

Es erfolgte eine Aktualisierung der PM-Emissionsfaktoren nach EMEP(2009)-4B-26. Die

differ only slightly from the previously used data.

#### **Chapter 5.6 Boars**

The PM emission factors have been updated. As EMEP(2009)-4B-26 does not provide specific emission factors for boars, the factors given for sows have been adopted as it is assumed that boars and sows are housed in similar houses. With this updating an error in the previously used emission factors has been corrected. The new emission factors are higher than the previously used values.

#### **Chapter 5.7 Pigs – collective description**

Aggregation approaches in former inventories (cf. e. g. Haenel et al, 2010) were partly inconsistent with respect to the integration of sucking piglets. Hence, after consultation with the persons in charge at the German Federal Environmental Agency, the aggregation methods have been revised.

The total number of pigs to be reported is the sum of the animal numbers used in the four pig categories of the inventory.

Changes in the mean pig weight as well in the percentage distributions of the various manure management systems partly interfere with the corrections of calculation errors made in former inventories.

Other mean values which were calculated inconsistently in former inventories increase.

In the calculation of animal weights on national level an error has been corrected. This leads to a higher mean weight.

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

The correction of the animal numbers on federal state level (transformation of December data into numbers valid for June) used in former inventories for the years up to 1998 has been abandoned, because the Statistisches Bundesamt now provides the respective data for the month of June. However, on district level, the correction of animal numbers is retained, because on this level no animal numbers are available for June.

The TAN contents and NH<sub>3</sub>-emission factors used in former inventories were replaced by default data published by EMEP (2009)-4B-26, Table 3-8. The consequence is an increase of NH<sub>3</sub>-emissions per animal place.

#### **Chapter 6.6 Goats**

The TAN contents and NH<sub>3</sub>-emission factors used in former inventories were replaced by default data published by EMEP (2009)-4B-26, Table 3-8. The consequence is an increase of NH<sub>3</sub>-emissions per animal place.

Änderung ist geringfügig.

#### **Kapitel 5.6 Eber**

Es erfolgte eine Aktualisierung der PM-Emissionsfaktoren, indem wegen der angenommenen Vergleichbarkeit der Haltungsverfahren die Werte für Sauen nach EMEP(2009)-4B-26 übernommen wurden. (EMEP(2009)-4B-26 gibt für Eber keine Faktoren an.) Mit dieser Änderung wurde auch ein Fehler in den bisher verwendeten Faktoren korrigiert. Die neuen Faktoren sind höher als die bisher verwendeten.

#### **Kapitel 5.7 Schweine – zusammenfassende Daten**

Die im Inventar (z. B. Haenel et al., 2010) bislang verwendeten Aggregierungsansätze wiesen Inkonsistenzen hinsichtlich der Berücksichtigung der Saugferkel auf. Nach Rücksprache mit den Verantwortlichen beim deutschen Umweltbundesamt wurden die Methoden für das vorliegende Inventar überarbeitet.

Die zu berichtende Schweinezahl umfasst nur die Anzahl der Tiere aus den vier Schweinekategorien des Inventars.

Die Änderungen im berichteten mittleren Schweinegewicht sowie bei den prozentualen Anteilen der verschiedenen Wirtschaftsdüngermanagement-Systeme werden durch Korrekturen von Berechnungsfehlern überlagert.

Andere Mittelwerte, die bisher nicht konsistent berechnet wurden, erhöhen sich.

In der Aggregation der Tiergewichte auf nationaler Ebene wurde ein Fehler korrigiert. Dies führt zu einem höheren mittleren Gewicht.

#### **Kapitel 6.2 Schafe insgesamt, 6.3 Lämmer, 6.4 Mutterschafe und übrige erwachsene Schafe**

Die bisher in den Jahren bis 1998 verwendete Korrektur der Tierzahlen auf Länderebene (Umrechnung von Dezember- in Juni-Tierzahlen) konnte aufgegeben werden, da das Statistische Bundesamt entsprechende Juni-Daten bereit gestellt hat. Die Tierzahlen auf Kreisebene, die weiterhin nur für den Dezember verfügbar sind, werden dagegen weiterhin zu Juni-Zahlen korrigiert.

Die bisher verwendeten TAN-Gehalte und NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren wurden durch die von EMEP (2009)-4B-26, Table 3-8, veröffentlichten Default-Werte ersetzt. Insgesamt ergeben sich erhöhte NH<sub>3</sub>-Emissionen pro Tierplatz.

#### **Kapitel 6.6 Ziegen**

Die bisher verwendeten TAN-Gehalte und NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren wurden durch die von EMEP (2009)-4B-26, Table 3-8, veröffentlichten Default-Werte ersetzt. Insgesamt ergeben sich erhöhte NH<sub>3</sub>-Emissionen pro Tierplatz.

**Chapter 7 Horses, mules and asses**

The correction of the animal numbers used in former inventories for the years from 1999 is abandoned. It was established because a change in the margins of the German animal census resulted in a kink in the time series. Now the inventory assumes that horses not counted by the animal census are no agricultural animals and therefore there is no need to report their emissions. Dropping the animal number corrections caused a slight shift in the relation between the numbers of heavy horses and light horses/ponies. This in turn leads to a slight modification of data averaged over all horses.

TAN content and  $\text{NH}_3$  emission factors for housing and grazing have been updated according to EMEP (2009)-4B-26, Table 3-8. The TAN percentage is now 60 % instead of 40 % in former inventories.

In former inventories, TAN and organic N excreted were unevenly redistributed between stable and pasture. This concept was based on expert information on animal behaviour with respect to excretions. However, this concept had to be discarded, as no evidence could be found in literature. It has been replaced by the concept used for all other grazing animals in the inventory which consists of a redistribution of TAN and  $\text{N}_{\text{org}}$  between stable and pasture which is identical for TAN and  $\text{N}_{\text{org}}$ .

The consequence is an increase of  $\text{NH}_3$ -emissions per animal place.

**Chapter 8.2 Buffalo**

The calculation of percentages of N excreted in the different manure management systems had to be corrected.

The  $\text{NH}_3$  emission factors for grazing was updated according to EMEP (2009)-4B-26, Table 3-8. It is now 13 % related to TAN excreted instead of 7.5 % related to N excreted.

The consequence is an increase of  $\text{NH}_3$ -emissions per animal place.

**Chapter 9 Poultry**

For all poultry categories the  $\text{NH}_3$  emission factors for storage have been updated according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8. This has been done also for housing with geese, ducks and turkeys. These modifications lead to an increase of  $\text{NH}_3$  emissions.

**Chapter 9 Laying hens**

The RAUMIS data on frequencies of laying hen husbandry systems are available only until 1999. In former inventories the 1999 data were used for the years after 1999. The RAUMIS data are now completely replaced by time series provided by the Statistisches Bundesamt, which, however, do not distinguish between the different cage types as known from the RAUMIS data.  $\text{NH}_3$  emission factors have been

**Kapitel 7 Pferde, Maultiere und Esel**

Auf die bisher verwendete Korrektur der Tierzahlen in den Jahren ab 1999 wurde verzichtet. Sie wurde eingeführt, weil sich durch eine Änderung des Agrarstatistikgesetzes die Erfassungsgrenzen änderten und die Anzahl der erfassten Pferde sich stark änderte. Es wird nun davon ausgegangen, dass die nicht mehr erfassten Pferde keine landwirtschaftlichen Tiere sind und deshalb auch nicht über sie zu berichten ist. Durch den Wegfall der Korrekturen ändert sich geringfügig das Verhältnis zwischen Großpferden und Kleinpferden/Ponys, wodurch über alle Pferde gemittelte Ergebnisse sich leicht verändern.

TAN-Gehalt und  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Stall und Weidegang wurden nach EMEP (2009)-4B-26, Table 3-8, aktualisiert. Der TAN-Gehalt beträgt nun 60 % (statt früher 40 %).

Die bisherige, auf einem Expertenurteil basierende ungleiche Verteilung von ausgeschiedenem TAN und organischem Stickstoff auf Stall und Weide, die mit einem besonderen Ausscheidungsverhalten bei Pferden begründet wurde (in Analogie für Esel und Maultiere übernommen), wurde aufgegeben, da sich in der Literatur keinerlei entsprechende Informationen finden ließen. Jetzt erfolgt die Aufteilung der Ausscheidungen auf Stall und Weide für TAN und  $\text{N}_{\text{org}}$  in gleicher Weise (nach den auch bei anderen Weidetieren üblichen Verfahren).

Insgesamt ergeben sich erhöhte  $\text{NH}_3$ -Emissionen pro Tierplatz.

**Kapitel 8.2 Büffel**

In der Berechnung des prozentualen Anteils der je Wirtschaftsdünger-Managementsystem ausgeschiedenen N-Menge wurde ein Fehler korrigiert.

Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für Weidegang wurde nach EMEP (2009)-4B-26, Table 3-8, von 7,5 % (bezogen auf ausgeschiedenes N) auf 13 % (bezogen auf ausgeschiedenes TAN) aktualisiert.

Insgesamt ergeben sich erhöhte  $\text{NH}_3$ -Emissionen pro Tierplatz.

**Kapitel 9 Geflügel**

Bei allen Geflügelkategorien wurden die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für das Lager nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8 aktualisiert, bei Gänsen, Enten und Puten auch für den Stall. In der Summe ergeben diese Änderungen eine Erhöhung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen.

**Kapitel 9.3 Legehennen**

Die nur bis 1999 reichenden und bislang für spätere Jahre fortgeschriebenen RAUMIS-Daten zur Verteilung der Haltungsverfahren werden durch die weiter reichende Zeitreihen des Statistischen Bundesamtes ersetzt. Die Differenzierung der RAUMIS-Daten für verschiedene Käfighaltungsformen muss allerdings entfallen, da die Daten des Statistischen Bundesamtes diese Differenzierung nicht kennen. Für die Daten des

defined for the data provided by the Statistisches Bundesamt. In general, these modifications lead to an increase of the  $\text{NH}_3$  emissions.

The procedures for data gap closure were updated. (interpolation instead of keeping the latest known value, use of proxy data).

The  $\text{NH}_3$  emission factor for storage was updated from 0.081 to 0.14 kg per kg of TAN (according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

The  $\text{PM}_{2.5}$  emission factors were updated according to EMEP(2009)-4B-17. They differ only slightly from previously used data.

#### **Chapter 9.4 Broilers**

Based on the previously used model for the duration of the fattening period, a new model has been derived, which allows to account for changes in the duration of the service time (cleansing period) during the last years. In comparison to the old model, the new model calculates more realistic (i. e. lower) final live weights. This causes a small decrease of the annual excretions. However, this effect is overcompensated by the correction of an input data error, which lead to a population percentage of cocks of 0.5 % instead of 50 %. As hens are lighter than cocks, the mean broiler weight was underestimated causing underestimated amounts of annual excretions per broiler place.

For 2007 and 2008 the model input entity „national gross meat production“ („Bruttofleischerzeugung“) was updated. This leads to increased VS-excretions.

The  $\text{NH}_3$  emission factor for storage was updated from 0.075 to 0.17 kg per kg of TAN (according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

The emission factor for  $\text{PM}_{2.5}$  was updated from 0.0068 to 0.007 kg  $\text{kg}^{-1}$  (according to EMEP(2009)-4B-17, Table 3-4).

#### **Chapter 9.5 Pullets**

As PM conditions in pullets husband seem approximately comparable to those of broiler husbandry, PM emission factors of broilers were adopted for pullets (cf. EMEP (2009)-4B-17, Table 3-4). This is the first time that pullet PM emissions are reported in the German agricultural inventory.

#### **Chapter 9.6 Geese**

PM emission factors as given EMEP (2009)-4B-17, Table 3-4, were implemented. This is the first time that PM emissions of geese are reported in the German agricultural inventory.

#### **Chapter 9.7 Ducks**

The data for feed conversion rate and content of metabolizable energy in duck diet were adjusted. However, the resulting increase in ME requirements of is overcompensated by the correction of a modelling error (use of the duration of the fattening period ins-

Statistischen Bundesamtes wurden  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren festgelegt. Tendenziell ergibt sich eine Erhöhung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen.

Die Lückenschlussverfahren wurden aktualisiert (Interpolation statt Fortschreibung, Verwendung von Proxydaten).

Es erfolgte die Änderung des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für Lagerung von 0,081 auf 0,14 kg pro kg TAN nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8.

Die  $\text{PM}_{2.5}$ -Emissionsfaktoren wurden nach EMEP(2009)-4B-17 aktualisiert. Die Änderung ist geringfügig..

#### **Kapitel 9.4 Masthähnchen und –hühnchen**

Aufbauend auf dem bisherigen Modell zur Berechnung der Mastdauer wurde ein neues Modell implementiert, das es erlaubt, die über die Jahre erfolgte Änderungen in der Reinigungsdauer zu berücksichtigen. Im Vergleich zum alten Modell ergeben sich realistischere (geringere) Endgewichte pro Mastdurchgang, während die Anzahl der Mastdurchgänge ansteigt. Die damit verbundene leichte Abnahme der jährlichen Ausscheidungen pro Tierplatz wird überlagert durch die Korrektur eines Eingabedatenfehlers, der darin bestand, dass der Anteil der (schwereren und damit mehr ausscheidenden) männlichen Tiere nur mit 0,5 % statt mit 50 % in die Berechnung einging.

Für 2007 und 2008 erfolgte eine Aktualisierung der Modell-Inputgröße „nationale Bruttofleischerzeugung“. Dies führt zu einem Anstieg bei den VS-Ausscheidungen.

Es erfolgte die Änderung des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für Lagerung von 0,075 auf 0,17 kg pro kg TAN nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8.

Es erfolgte eine Aktualisierung des  $\text{PM}_{2.5}$ -EF von 0,0068 auf 0,007 kg  $\text{kg}^{-1}$  (EMEP(2009)-4B-17, Table 3-4).

#### **Kapitel 9.5 Junghennen**

Wegen annähernder Vergleichbarkeit der Staubentwicklung erfolgte die Übernahme der PM-Emissionsfaktoren von den Masthähnchen (EMEP (2009)-4B-17, Table 3-4). Über PM-Emissionen von Junghennen wird damit erstmals in einem deutschen Landwirtschaftsinventar berichtet.

#### **Kapitel 9.6 Gänse**

Es wurden die PM-Emissionsfaktoren aus EMEP (2009)-4B-17, Table 3-4) übernommen. Über PM-Emissionen von Gänsen wird damit erstmals in einem deutschen Landwirtschaftsinventar berichtet.

#### **Kapitel 9.7 Enten**

Die Daten für Futterverwertung und Futter-ME-Gehalt wurden aktualisiert. Die daraus resultierende Erhöhung des täglichen ME-Bedarfs wird durch die Korrektur eines Modellierungsfehlers (Verwendung der Mastdauer an Stelle der Durchgangsdauer) über-

tead of that of the animal round). Eventually, the annual average of ME requirements decreases by about 7 %. This leads to a reduction of VS excretions and CH<sub>4</sub> emissions from manure management.

The calculation of N excretions and of the percentage of UAN in the excretions replaces the use of higher default values. Consequently the emission of N species is reduced.

PM emission factors as given EMEP (2009)-4B-17, Table 3-4, were implemented. This is the first time that PM emissions of ducks are reported in the German agricultural inventory.

#### **Chapter 9.10 Poultry – collective description**

In the calculation of animal weights on national level an error has been corrected. This leads to a lower mean weight.

##### **Chapter 10.2.1.2 Application of mineral fertilizer**

The methodology of the calculation of the N<sub>2</sub>O-emissions due to the application of synthetic fertilizers was corrected. The emission factor is no longer applied to the amount of N applied, but to this amount reduced for the NH<sub>3</sub> and NO emissions caused by the fertilizer application.

##### **Chapter 10.2.1.2 Application of manure**

The methodology of the calculation of the N<sub>2</sub>O-emissions due to the application of animal manures was corrected. The emission factor is no longer applied to the amount of N applied, but to this amount reduced for the NH<sub>3</sub> and NO emissions caused by the fertilizer application.

##### **Chapter 10.2.1.2 Imports and exports of manures**

Hitherto, emission inventories were based on the assumption that German exports of animal manures are negligible and that imports from abroad are only from the Netherlands and can be treated as poultry manure. In the meantime a more detailed analysis of the data available revealed that obviously there is no sufficiently robust data basis for establishing a German net balance of imports and exports. Hence, until further notice, German emission inventories will not take into account imports and exports of animal manures for emission calculations from manure spreading any longer.

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

The time series of the national total of the area of managed organic soils has been updated so that the assumption of a constant area between 1990 and 2005 could be dropped. Throughout the entire time series the new data are slightly higher than those used before which leads to a corresponding increase in N<sub>2</sub>O emissions.

kompensiert, so dass der übers Jahr gemittelte tägliche ME-Bedarf um ca. 7 % abnimmt. Damit verbunden ist eine Abnahme der VS-Ausscheidungen und der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Die Berechnung von N-Ausscheidung und UAN-Anteil in den Ausscheidungen ersetzt die bisherige Verwendung von höheren Standardwerten. Als Folge ergeben sich verminderte N-Spezies-Emissionen.

Es wurden die PM-Emissionsfaktoren aus EMEP (2009)-4B-17, Table 3-4) übernommen. Über PM-Emissionen von Enten wird damit erstmals in einem deutschen Landwirtschaftsinventar berichtet.

#### **Kapitel 9.10 Geflügel Zusammenfassung**

In der Aggregierung der Tiergewichte auf nationaler Ebene wurde ein Fehler korrigiert. Dies führt zu einem niedrigeren mittleren Gewicht.

##### **Kapitel 10.1 Mineraldüngerausbringung**

Bei der Berechnung von N<sub>2</sub>O-Emissionen infolge der Ausbringung von Mineraldünger wurde die Methodik korrigiert. Der Emissionsfaktor wird nicht mehr auf die ausgebrachte N-Menge bezogen, sondern auf diese Menge nach Abzug der aus der Ausbringung resultierenden NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen.

##### **Kapitel 10.2 Wirtschaftsdüngerausbringung**

Bei der Berechnung von N<sub>2</sub>O-Emissionen infolge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger wurde die Methodik korrigiert. Der Emissionsfaktor wird nicht mehr auf die ausgebrachte N-Menge bezogen, sondern auf diese Menge nach Abzug der aus der Ausbringung resultierenden NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen.

##### **Kapitel 10.2.1.2 Wirtschaftsdüngerim- und exporte**

In bisherigen Inventaren wurde von der Annahme ausgegangen, dass deutsche Wirtschaftsdüngerexporte vernachlässigbar seien, und dass Importe nur aus den Niederlanden stammen und als Geflügelkot angesehen werden können. Eine inzwischen erfolgte genauere Analyse der verfügbaren Daten deckte auf, dass offensichtlich keine ausreichende Datenbasis für die Erstellung einer deutsche Wirtschaftsdünger-Netto-Importbilanz existiert. Daher wird bis auf Weiteres davon abgesehen, Importe und Exporte bei der Berechnung von Emissionen aus der Wirtschaftsdüngerausbringung zu berücksichtigen.

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

Die Zeitreihe der Gesamtfläche der bewirtschafteten organischen Böden wurde aktualisiert. Dadurch entfällt die bisherige Annahme zeitlich konstanter Flächenwerte zwischen 1990 und 2005. Insgesamt sind die Flächenwerte etwas größer als die bisher verwendeten, womit auch entsprechend höhere die N<sub>2</sub>O-Emissionen verbunden sind.

### Chapter 11.3 Crop residues

Instead of expert judgements for the yields of pastures, meadows and fodder production (grass and clover grass mixtures) now data from Statistisches Bundesamt (StatBA FS3 R3) is used. This induces lower emissions of  $N_2O$  and  $NO$  from crop residues.

In the last year's inventory the calculation of the emission of reactive nitrogen from crop residues yielded much to low values. This was due to an incorrect transformation of mass units. This error has been corrected, which leads to an increase of the total reactive N deposition of about 2 % and a similar increase in the indirect  $N_2O$  emissions from deposition.

### Chapter 11.4 Indirect $N_2O$ from N deposition

New equations have been introduced for a better description of the relation between the deposition-caused indirect  $N_2O$  emission and the fractions  $Frac_{GASM}$  und  $Frac_{GASF}$ .

#### Chapter 11.5.1 Indirect $N_2O$ from leaching

In the estimation of the uncertainty of the leaching factor (which determines the uncertainty of the activity data) a transformation error was corrected, yielding 167 % instead of 300 %. The inventory uses the rounded value of 170 %.

According to the decision of the ERT in the In Country Review in September 2010, instead of the default emission factor given in IPCC (2006) the emission factor proposed in IPCC (1996) is used again for the inventory at hand and subsequent inventories. Consequently also the uncertainty of the EF is modified (380 % instead of 230 %).

### Chapter 13.1.4 $Frac_{GASM}$

The text has been revised in parts in order to improve the description of the relation between the fraction  $Frac_{GASM}$  as reported by Germany and the indirect  $N_2O$  emissions from N deposition.

### Chapter 14.3 Uncertainty( $N_2O$ from storage)

The calculation method has been revised.

### Chapter 14.6 GHG inventory: Total uncertainty

The total uncertainty of the GHG inventory of the German agriculture has increased by about a factor 2 compared to the result given in the last year's report (Haenel et al., 2010). This increase is due to the use of a 3.3-fold increased emission factor for leaching and run-off, to the higher uncertainty of this emission factor, and to the increased emissions caused by the increased emission factor.

The uncertainty of the total trend increases by about a factor 1.5 compared to the result given in the last year's report (Haenel et al., 2010)

### Kapitel 11.3 Ernterückstände

Für die Erträge von Wiesen, Mähweiden und Feldfutterbau werden ab sofort Daten des Statistischen Bundesamtes (StatBA FS3 R3) an Stelle von Expertenschätzungen verwendet. Dadurch verringern sich die  $N_2O$ - und  $NO$ -Emissionen aus Ernterückständen.

Die im vorjährigem Inventar berichtete Gesamtmenge an emittiertem reaktivem Stickstoff wies durch einen Einheitenumrechnungsfehler beim Anteil aus den Ernterückständen eine Unterschätzung von rund 2 % auf. Dieser Fehler wurde korrigiert, was generell zu höheren Werten bei der Deposition von reaktivem Stickstoff und damit der  $N_2O$ -Emissionen führt.

### Kapitel 11.4 Indirektes $N_2O$ aus N-Deposition

Der Zusammenhang zwischen der depositionsbedingten indirekten  $N_2O$ -Emission und den Verhältnissgrößen  $Frac_{GASM}$  und  $Frac_{GASF}$  wurde durch Einführung neuer Gleichungen verdeutlicht.

#### Kapitel 11.5.1 Indirektes $N_2O$ aus Auswaschung

Bei der Unsicherheit für den Auswaschungsfaktor, die Unsicherheit des Aktivitätswertes bestimmt, wurde ein Umrechnungsfehler korrigiert. Statt bis 300 % ergeben sich 167 %. In das Inventar geht ein gerundete Wert von 170 % ein.

Aufgrund der Entscheidung des ERT im In-Country-Review im September 2010 wird anstelle des Default-Emissionsfaktors nach IPCC (2006) ab diesem Inventar wieder der in IPCC (1996) angegeben Emissionsfaktor verwendet. Damit verbunden ist eine Anpassung der Unsicherheit des Emissionsfaktors (380 % statt 230 %).

### Kapitel 13.1.4 $Frac_{GASM}$

Der Text wurde teilweise überarbeitet, um den Zusammenhang zwischen der von Deutschland berichteten  $Frac_{GASM}$ -Größe und der depositionsbedingten indirekten  $N_2O$ -Emission besser zu verdeutlichen.

### Kapitel 14.3 Unsicherheit( $N_2O$ aus dem Lager)

Die Berechnungsmethode wurde überarbeitet.

### Kapitel 14.6 THG-Inventar-Gesamtunsicherheit

Der 3,3-fach größere Emissionsfaktor bei den indirekten  $N_2O$ -Emissionen aus Auswaschung und Oberflächenabfluss, die damit verbundenen erheblich vergrößerten  $N_2O$ -Emissionen sowie die größere Unsicherheit des erwähnten Emissionsfaktors föhrendazu, dass sich die Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars gegenüber der Vorjahresausgabe (Haenel et al., 2010) praktisch verdoppelt hat.

Die Trendunsicherheit steigt gegenüber der Vorjahresausgabe in Haenel et al. (2010) auf knapp das Eineinhalbfache an.



### Comparison of emission results 2010/2011

Figure 1.10 shows the changes of the emission results from Submission 2010 (time series 1990 to 2008) to Submission 2011. Obviously, Submission 2011 exhibits remarkably higher emissions in three of the four source sectors. These changes are mostly due to modifications of the emission calculations required as a consequence of the In Country Review in September 2010:

- CH<sub>4</sub> from enteric fermentation: implementation of a higher value for the methane conversion factor for dairy cows,
- CH<sub>4</sub> from manure management: implementation of a lower value if the ash content in the manures of dairy cows,
- N<sub>2</sub>O from soils: implementation of a higher value for the emission factor for indirect N<sub>2</sub>O emissions from leaching and run-off.

Changes of N<sub>2</sub>O from manure management are negligibly small compared to the changes in the other three source sectors.

### Vergleich von Emissionsergebnissen 2010/2011

Figure 1.10 zeigt die Veränderungen gegenüber der Emissionsberechnung der Submission 2010 (Zeitreihe 1990 – 2008). Es wird deutlich, dass die Submission 2011 in drei Bereichen merklich höhere Emissionen ausweist als die Submission 2010. Diese sind zum weitaus überwiegenden Teil auf die Änderungen infolge des In-Country-Review im September 2010 zurück zu führen:

- CH<sub>4</sub> aus der Verdauung: Anhebung des Parameterwertes „Methan-Umwandlungsfaktor“ bei den Milchkühen,
- CH<sub>4</sub> aus Wirtschaftsdünger-Management: Senkung des Parameterwertes „Aschegehalt in Ausscheidungen“ bei Milchkühen,
- N<sub>2</sub>O aus Böden: Anhebung des Wertes des Emissionsfaktors für indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen durch Auswaschung und Oberflächenabfluss.

Änderungen bei N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management sind vernachlässigbar klein im Vergleich zu den Änderungen in den übrigen drei Teilbereichen.

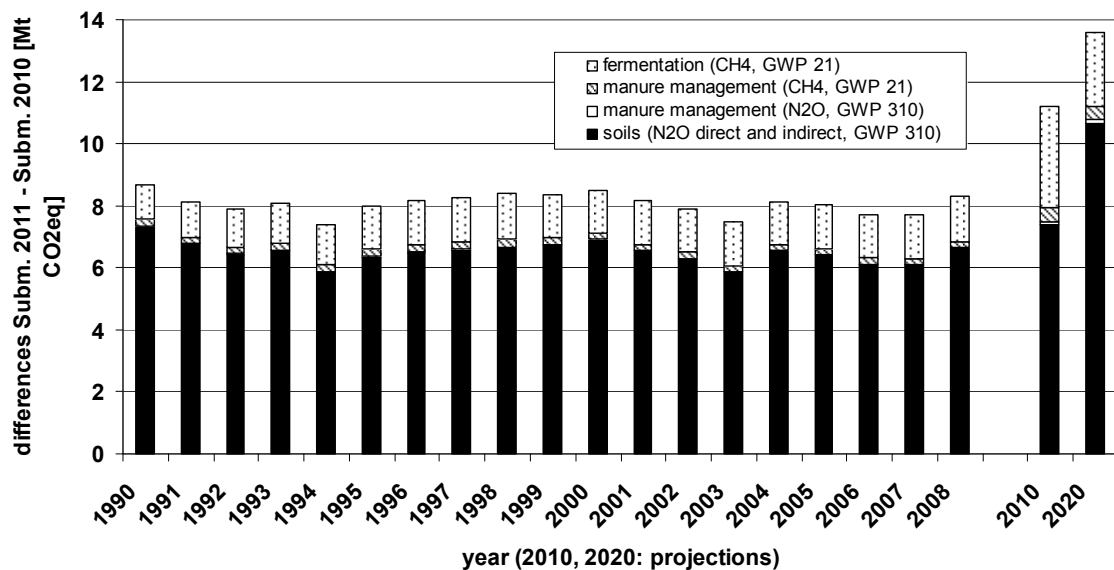


Figure 1.10: Differences between CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions of Submission 2011 and Submission 2010

The aforementioned changes in the calculation methods between Submission 2010 and Submission 2011 also applied to the projection years 2010 and 2020 in the Submission 2011. However, they are partly masked by other effects: The procedure to establish Projection 2010 completely differs from the procedure used in Submission 2010, as in Submission 2011 the Projection 2010, to a large extent, adopts the emission results obtained for the last year (2009) of the time series. The only exception are the N<sub>2</sub>O emissions from the application of mineral fertilizer, as the

Die vorgenannten Änderungen in den Berechnungen zwischen Submission 2010 und Submission 2011 wirken sich auch bei den Projektionen 2010 und 2020 in der Submission 2011 aus, werden dort aber teilweise durch andere Einflüsse überlagert. So unterscheidet sich die Erstellung der Projektion 2010 in der Submission 2011 grundlegend von der Vorgehensweise in der Submission 2010, indem in der Submission 2011 für das Projektionsjahr 2010 weitgehend die für das Zeitreihenjahr 2009 berechneten Emissionen übernommen wurden. Die einzige Ausnahme ist N<sub>2</sub>O aus Mineral-

data used for input are not projected, as it was the case for the Projection 2010 in Submission 2010 (see Osterburg and Dämmgen, 2009), but are data from an official census provided by the Statistisches Bundesamt (Federal Statistical Agency).

Projection 2020 in Submission 2011 differs from that in Submission 2010 by modified input data for animal numbers, techniques of manure application, durations of manure incorporation, use of agricultural areas and amounts of mineral fertilizers. While the data set used for Projection 2020 in Submission 2010 is given in Osterburg and Dämmgen (2009), the data set used in Submission 2011 is given in Chapter 3.8

dünger, da die Daten für die Mineraldüngeranwendung für das Jahr 2010 keine Prognose darstellen, wie das noch in der Submission 2010 der Fall war (Osterburg und Dämmgen, 2009), sondern auf den bereits verfügbaren Mineraldüngerdaten des Statistischen Bundesamtes beruhen.

Die Projektion 2020 in der Submission 2011 unterscheidet sich von der Projektion 2020 in der Submission 2010 durch gegenüber Osterburg und Dämmgen (2009) teilweise geänderte Vorgaben zu Tierzahlen, Ausbringungstechniken und Wirtschaftsdünger-Einarbeitungszeiten, Flächennutzung und Mineraldüngereinsatz, siehe dazu Kapitel 3.8.

Figure 1.11 displays the differences between the  $\text{NH}_3$  emission results of Submission 2011 and Submission 2010, caused by the modifications of the calculation methodology described above.

Figure 1.11 zeigt die Unterschiede zwischen den  $\text{NH}_3$ -Ergebnissen der Submission 2011 und der Submission 2010 auf.

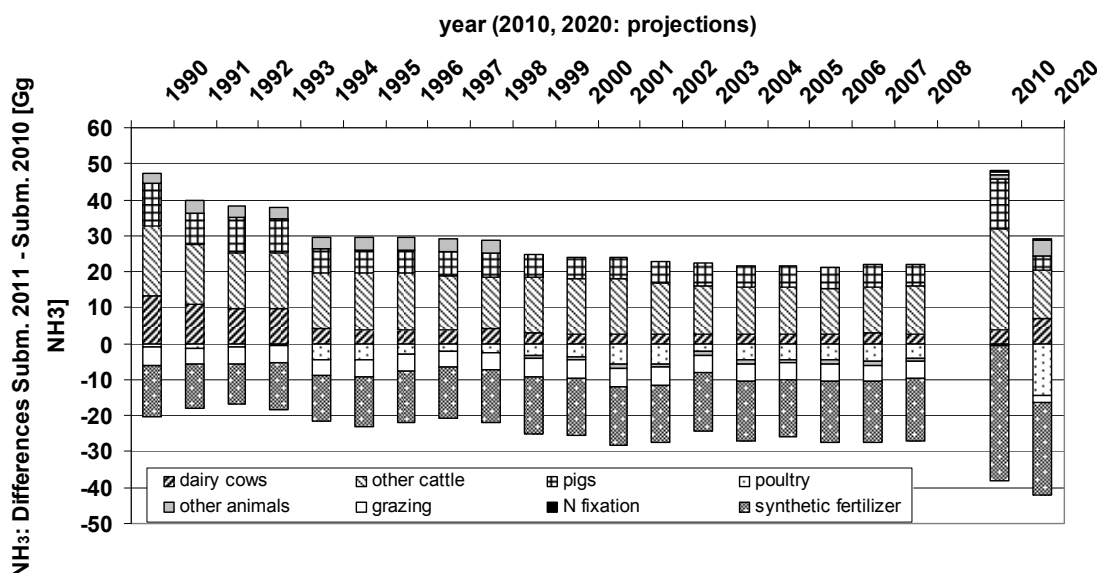


Figure 1.11: Differences between the  $\text{NH}_3$  emission results of Submission 2011 and Submission 2010

The aforementioned changes also applied to the projection years 2010 and 2020 in the Submission 2011. However, they are partly masked by other effects: The procedure to establish Projection 2010 completely differs from the procedure used in Submission 2010, as in Submission 2011 the Projection 2010, to a large extent, adopts the emission results obtained for the last year (2009) of the time series. The only exception are the  $\text{NH}_3$  emissions from the application of mineral fertilizer, cf. context of Figure 1.9 in Chapter 1.2. In contrast, the data used for Projection 2010 in Submission 2010 were based on the

Die vorgenannten Änderungen wirken sich auch bei den Projektionen 2010 und 2020 aus, werden dort aber teilweise durch andere Einflüsse überlagert. So unterscheidet sich die Erstellung der Projektion 2010 in der Submission 2011 grundlegend von der Vorgehensweise in der Submission 2010, indem in der Submission 2011 für das Projektionsjahr 2010 weitgehend die für das Zeitreihenjahr 2009 berechneten  $\text{NH}_3$ -Emissionen übernommen wurden (Ausnahme: Mineraldünger, siehe Kontext zu Figure 1.9 in Kapitel 1.2). In der Submission 2010 beruhten dagegen die  $\text{NH}_3$ -Emissionen für das Projektionsjahr 2010 noch

data set provided by Osterburg und Dämmgen (2009) which to some extent is considerably different from the conditions found in the time series year 2009.

For the data used for Projection 2020 in Submission 2010 see context to Figure 1.10.

auf den Eingabedaten nach Osterburg und Dämmgen (2009), die sich von den Verhältnissen im Zeitreihenjahr 2009 z. T. deutlich unterscheiden.

Zur Datengrundlage für die Projektion 2020 siehe Kontext zu Figure 1.10.

### 1.3.2 Improvements planned / geplante Verbesserungen

#### *Data management and calculation procedures*

- The present data management system based on EXCEL files is being replaced gradually by a relational data bank system.
- Hitherto, emission calculations have been carried out using EXCEL. These are being replaced by programmes established in a procedural programming language.
- The uncertainties of input data for the assessment of emission rates are to be quantified in more detail.
- Hitherto, data gaps were mostly filled by adopting the latest data available. In forthcoming inventories, as long as there are no proxy-based methods available, data gaps will be closed by interpolation or extrapolation as required by IPCC.

#### *Animal husbandry:*

- In 2010, a comprehensive official census of agricultural data was performed („Landwirtschaftliche Zählung 2010“, LZ2010). The evaluation of the LZ2010 with respect to inventory-relevant data is performed beginning at the end of 2010 in cooperation with the Statistisches Bundesamt (Federal Statistical Agency). The results are expected to be available for the submission 2012 calculations.
- At present, work is in progress on an improved description of pig feeding. This Improvement shall allow for a better spatial differentiation of the emissions of CH<sub>4</sub> and N-species.
- In cooperation with the Statistisches Bundesamt (Federal Statistical Agency) a well-founded estimation of the German net balance of manure imports and exports is intended.

#### *Agricultural crops, grassland and arable land:*

- In 2010, a comprehensive official census of agricultural data was performed („Landwirtschaftliche Zählung 2010“, LZ2010). The evaluation of the LZ2010 with respect to inventory-relevant data is performed beginning at the end of 2010 in cooperation with the Statistisches Bundesamt (Federal Statistical Agency). The results are expected to be available for the submission 2012 calculations.
- In spring 2011 there will be a special German census of data on the application of animal ma-

#### *Datenmanagement und Berechnungsprozeduren:*

- Die Datenhaltung mit Hilfe von EXCEL-Dateien wird schrittweise durch Erstellung einer relationalen Datenbank ersetzt werden.
- Die bislang in EXCEL implementierten Emissionsberechnungen werden durch Programme abgelöst, die in einer prozeduralen Programmiersprache erstellt werden.
- Die Ungenauigkeiten von Eingangsgrößen der Emissionsberechnung sollen detaillierter erfasst werden.
- Datenlücken, die bisher überwiegend durch Fortschreibung gefüllt wurden, sollen in Zukunft IPCC-konform durch Interpolation bzw. Extrapolation gefüllt werden, sofern keine Methoden verfügbar sind, die Proxy-Größen nutzen.

#### *Tierhaltung:*

- Im Jahr 2010 erfolgte in Deutschland eine umfassende Erhebung landwirtschaftlicher Daten („Landwirtschaftliche Zählung 2010“, LZ2010). Die Auswertung der LZ2010 bzgl. inventarrelevanter Daten wird in Abstimmung mit dem Statistischen Bundesamt ab Ende 2010 vorgenommen. Die Ergebnisse sollen in die Erstellung des Inventars 2012 (Submission 2012) einfließen.
- Derzeit wird an einer Verbesserung der Modellierung der Schweinefütterung gearbeitet, die es erlauben wird, die Berechnung der Emissionen von CH<sub>4</sub> und N-Spezies besser regional differenzieren zu können.
- Es wird in Zusammenarbeit mit dem Statistischem Bundesamt eine fundierte Schätzung der deutschen Wirtschaftsdünger-Netto-Importbilanz angestrebt.

#### *Landwirtschaftlicher Nutzpflanzen, Grünland und Ackerland:*

- Im Jahr 2010 erfolgt in Deutschland eine umfassende Erhebung landwirtschaftlicher Daten („Landwirtschaftliche Zählung 2010“, LZ2010). Die Auswertung der LZ2010 bzgl. inventarrelevanter Daten wird in Abstimmung mit dem Statistischen Bundesamt ab Ende 2010 vorgenommen. Die Ergebnisse sollen in die Erstellung des des Inventars 2012 für 2010 einfließen.
- Im Frühjahr 2011 findet eine Sondererhebung von Daten zur Wirtschaftsdünger-Ausbringung in

nures. The results are expected to influence the  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}$  emissions from the manure management and as a consequence the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from atmospheric deposition of reactive nitrogen. As far as possible the results of this census will be taken into account for submission 2012.

- At present, work is in progress on an improved description of pig feeding. It is expected that the model modifications will have some impact on the  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}$  emissions from the manure management and as a consequence the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from atmospheric deposition of reactive nitrogen.

Deutschland statt, deren Ergebnisse Einfluss auf die für die indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen relevanten  $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}$ -Emissionen haben werden. Die Ergebnisse sollen nach Möglichkeit noch in die Erstellung des Inventars 2012 für 2010 einfließen.

- Derzeit wird an einer Verbesserung der Modellierung der Schweinefütterung gearbeitet. Es ist zu erwarten, dass die Modelländerungen auch die Ergebnisse der für die indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden relevanten  $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management beeinflussen werden.

## 1.4 Data CD / Daten-CD

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

**The tables are arranged and numbered as follows**

- categories:
  - emissions (EM)
  - implied emission factors (IEF)
  - activities (AC)
  - additional information (AI)
  - animal excretions (EXCR)
  - mules and asses (MulesAsses)<sup>7</sup>
  - summary (summary)
- sources as classified in the Selected Nomenclature for Air Pollutants (SNAP):
  - emissions from cultures with fertilizers (1001)
  - emissions from cultures without fertilizers (1002)
  - methane emissions from enteric fermentation (1004)
  - emissions from manure management regarding C species (1005)
  - pesticides and limestone (1006)
  - emissions from manure management regarding N species (1009)
  - emissions of particulate matter from manure management ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ) (1010)
- the series number for the respective source; is more than one gas or particulate matter attributed to one source, then they are ordered as follows:
  - ammonia ( $\text{NH}_3$ )
  - laughing gas, nitrous oxide ( $\text{N}_2\text{O}$ )
  - nitric oxide ( $\text{NO}$ )
  - methane ( $\text{CH}_4$ )

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

**Die Ordnung und Nummerierung der Tabellen berücksichtigt**

- die Kategorien
  - Emissionen (EM)
  - resultierende Emissionsfaktor (IEF)
  - Aktivitäten (AC)
  - zusätzliche Informationen (AI)
  - tierische Ausscheidungen (EXCR)
  - Esel und Maultiere (MulesAsses)<sup>7</sup>
  - Zusammenfassung (Summary)
- die Emittenten in der Ordnung der Selected Nomenclature for Air Pollutants (SNAP)
  - Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen (1001)
  - Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen (1002)
  - Methanemissionen aus der Verdauung (1004)
  - Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (C-Spezies) (1005)
  - Pestizide und Düngekalk (1006)
  - Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (N-Spezies) (1009)
  - Staub-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ) (1010)
- die laufende Nummer der Tabelle für diesen Emittenten; sind bei einem Emittenten mehrere Gase oder Stäube zu berücksichtigen, so folgen sie einander in der Reihenfolge:
  - Ammoniak ( $\text{NH}_3$ )
  - Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ )
  - Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ )
  - Methan ( $\text{CH}_4$ )

<sup>7</sup> For mules and asses, all data on emissions, emission factors, activities and additional informations are given in a separate sheet as the treatment of mules and asses was only introduced when all the other calculations had already been finished.

- non-methane volatile organic compounds (NMVOC)
  - particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)
- animal category listed in the sequence:
  - dairy cows
  - calves
  - heifers (female beef cattle)
  - bulls (male beef cattle)
  - suckler cows
  - bulls (mature males)
  - sows
  - weaners
  - fattening pigs
  - boars
  - sheep
  - goats
  - horses
  - laying hens
  - broilers
  - pullets
  - geese
  - ducks
  - turkeys
  - fur animals
  - buffalo

- the degree of aggregation:  
Aggregated tables for a particular gas follow the tables for single animal categories whenever necessary. They are characterized by the symbol  $\Sigma$ .

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

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

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

SI units are used throughout, see Chapter 2.2.1.

#### **Additional work sheets provide the following informations:**

- results from a specific method to calculate the indirect N<sub>2</sub>O emissions resulting from depositions of reactive N (sheet „sup\_cal“),
- the uncertainties of the GHG inventory and the ammonia inventory of the German agriculture (sheet „UNC“), as well as
- how to complete the CRF tables (concordance) auf den Tabellenblättern „Concordance (1)“ und „Concordance (2)“.

Nichtmethankohlenwasserstoffe (NMVOC)  
Staub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)

- die Tierart in der Reihenfolge
  - Milchkühe
  - Kälber
  - Färsen (weibliche Mastrinder)
  - Mastbullen (männliche Mastrinder)
  - Mutterkühe
  - Zuchtbullen
  - Sauen
  - Aufzuchtferkel
  - Mastschweine
  - Eber
  - Schafe
  - Ziegen
  - Pferde
  - Legehennen
  - Masthähnchen und -hühnchen
  - Junghennen
  - Gänse
  - Enten
  - Puten
  - Pelztiere
  - Büffel

- den Grad der Aggregation:  
Den Tabellen für ein Gas in einer Kategorie und für eine einzelne Tierart folgen die jeweils möglichen Aggregationen zu Tiergruppen. Sie sind durch ein  $\Sigma$  gekennzeichnet.

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

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

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

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

#### **Zusätzliche Tabellenblätter geben Auskunft über**

- Ergebnisse aus einer speziellen Berechnungsweise für indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen durch Deposition von reaktivem N (Tabelleblatt „sup\_cal“),
- die Unsicherheiten des Treibhausgasinventars und des Ammoniakinventars der deutschen Landwirtschaft (Tabelleblatt „UNC“), sowie die
- Vervollständigung der CRF-Berichtstabellen (Konkordanz) auf den Tabellenblättern „Concordance (1)“ und „Concordance (2)“.



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

### 2.1 Terminology / Begriffe

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

where

$\tau_{\text{round}}$	duration of animal round (in d ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lifespan}}$	animal lifespan (in d ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{service}}$	service time (in d ro <sup>-1</sup> )

## 2.1.4 Animal weight definitions / Tiergewicht-Definitionen

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

where

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

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

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

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



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

where

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

#### 2.1.4.3 Mean weights / Mittlere Gewichte

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

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

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

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

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

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

where

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

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

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

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

where

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

#### 2.1.4.5 Carcass weight / Gewicht nach Schlachtung

The carcass weight is the animal weight after

Das Gewicht nach Schlachtung ist das um die

slaughtering without those parts of the body which are (have to be) removed.

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

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

where

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

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

Masse der nicht verwertbaren Tieranteile verminderte Lebendengewicht vor Schlachtung.

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

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

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

where

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

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

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

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

To distinguish the matter emitted from the amount  $m$  of nitrogen excreted by animals (see Chapter 3.5), the mass emitted is subsequently denoted by the symbol  $M$ .

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

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

where

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

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

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

Zur Unterscheidung von der durch Tiere ausgeschiedenen Stickstoffmenge  $m$  (s. Kapitel 3.5) wird die emittierte Masse eines Stoffes nachstehend mit dem Symbol  $M$  bezeichnet.

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

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

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

where

<i>EF</i>	emission factor
<i>E<sub>i</sub></i>	emissions of a given species in a category i to be reported (e.g. "calves")
<i>n<sub>i</sub></i>	activity (e.g. sum of animals in the category i "calves")

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

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

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

where

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

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

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

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

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

## 2.2 Units and Symbols / Einheiten und Symbole

### 2.2.1 Units / Einheiten

SI units are used throughout. For standards, recommendations, symbols and units we refer to IUPAC<sup>8</sup> (1993) and IUPAP<sup>9</sup> (1987). Their usage is compulsory for most partners to the convention and for Germany (Bundesminister für Wirtschaft 1969, 1970).

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

According to these rules, entities are always written in italics, scalars (figures), units, (explaining)

Es werden ausschließlich SI-Einheiten und Symbole nach IUPAC<sup>8</sup> (1993) bzw. IUPAP<sup>9</sup> (1987) benutzt, deren Gebrauch für Deutschland vorgeschrieben ist (Bundesminister für Wirtschaft 1969, 1970).

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

Größen werden dabei stets kursiv geschrieben, Skalare (Zahlen), Einheiten, (erläuternde) Indizes und

<sup>8</sup> IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry

<sup>9</sup> IUPAP: International Union of Pure and Applied Physics

indices and operators (sin, lg, +, d) upright.

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

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

The unit dt (deciton) is not used.

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

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

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

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

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

Operatoren (sin, lg, +, d) steil.

Entgegen anderen, nicht SI-konformen Gepflogenheiten werden verwendet

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

Die Einheit dt (Dezitonne) wird nicht verwendet.

Die Erläuterungen zu Einheiten werden nach den Einheiten angegeben, also

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

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

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

an Tier  
pl Tierplatz  
ro Durchgang  
cy Durchgangszahl  
eg Ei

### 2.2.2 Symbols / Symbole

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

Table 2.1 gibt eine Auflistung häufig gebrachter Symbole, Table 2.2 die Indizes, die zur Charakterisierung von Quellen benutzt werden, und Table 2.3 die der verwendeten Abkürzungen für die Bundesländer.

Table 2.1: List of symbols frequently used for entities

$\alpha$	time units conversion factor	Umrechnungsfaktor für Zeiteinheiten
$A$	area	Fläche
$\beta$	mass units conversion factor	Umrechnungsfaktor für Masseneinheiten
$\gamma$	stoichiometric conversion factor of mass	Stöchiometrischer Umrechnungsfaktor für Massen
$DM$	dry matter	Trockensubstanz
$E$	emission	Emission
$EF$	emission factor	Emissionsfaktor
$\eta$	energy content	Energiegehalt
$F$	mass flow	Massenfluss
$IEF$	implied emission factor	resultierender Emissionsfaktor
$M$	molar mass	Molmasse
$m$	mass	Masse
$n$	number	Anzahl
$t$	temperature	Temperatur
$TS$	dry matter	Trockensubstanz
$\tau$	time span	Zeitdauer
$w$	weight	(Tier-) Gewicht (Masse)
$X, x$	fraction	relativer Anteil

Table 2.2: List of subscripts used to identify source categories and subcategories

arable	arable land	Ackerland
bf	heifers (beef cattle, female)	Färsen
bm	bulls (beef cattle, male)	Mastbullen
bo	boars	Eber
br	broilers	Masthähnchen und –hühnchen
bu	buffalo	Büffel
ca	calves	Kälber
CR	crop residues	Ernterückstände
crop	crop, cropped area	Pflanzenbestand
dc	dairy cows	Milchkühe
dep	depositions from reactive N stemming from agriculture	Deposition von reaktivem N aus der Landwirtschaft
du	ducks	Enten
ew	ewes	Mutterschafe
fert	mineral fertilizer	Mineraldünger
fp	fattening pigs	Mastschweine
ge	geese	Gänse
go	goats	Ziegen
grass	grass land	Grünland
HC	harvested crop	geerntete Menge
ho	horses (heavy)	Pferde (Großpferde)
la	lambs	Lämmer
leach	leached and run off N	ausgewaschenes und abgeflossenes N
lh	laying hens	Legehennen
man	manure	Wirtschaftsdünger
mm	bulls (mature males)	Zuchtbullen
MM	manure management	Wirtschaftsdüngermanagement
NF	nitrogen fixation	Stickstoff-Fixierung
oc	other cattle (cattle other than dairy cows)	Rinder ohne Milchkühe
os	other sheep (sheep other than lambs)	Schafe ohne Lämmer
pest	pesticides	Pflanzenschutzmittel
po	ponies and light horses	Kleinpferde und Ponys
pu	pullets	Junghennen
sc	suckler cows	Mutterkühe
sh	sheep	Schafe
so	sows	Sauen
SS	sewage sludge	Klärschlamm
tf	turkeys (hens)	Putenhennen
tm	turkeys (cocks)	Putenhähne
tu	turkeys (both genders)	Puten (insgesamt)
urea	urea	Harnstoff
VS	volatile solids (see Chapter 3.4.1)	„volatile solids“ (siehe Kapitel 3.4.1)
we	weaners	Aufzuchtferkel

Table 2.3: Abbreviations used for the German Federal States

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

## 2.3 Referencing formats / Zitierweise

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

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

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

The 1996 IPCC-Guidelines is referred to quoting the volume and the page number, e.g. IPCC(1996)-3-4.23 for volume 3, pg. 4.23.

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

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

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

Bei den IPCC-Guidelines von 1996 werden Erscheinungsjahr, Band und Seitenzahl werden angegeben, z.B. IPCC(1996)-3-4.23 für Band 3, Seite 4.23.

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

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

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

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

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

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

### 3 Modelling basics and data availability / Modellgrundlagen und Datenverfügbarkeit

#### 3.1 Structure and Terminology of the model GAS-EM / Das Modell GAS-EM, Aufbau und Begriffe

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

The establishment of the inventory is to be based on the respective conventions and the current rules and standards. The latter are provided by the IPCC Guidelines (1996), the Good Practice Guidance (GPG, IPCC 2000) and the EMEP Guidebook (EMEP, 2009).

In addition, the German agricultural inventory uses differing methods in specific circumstances in order to improve the description of national emission conditions. This is why, in justifiable cases, also the IPCC Guidelines (2006) are applied even though they are not yet approved of.

In September 2010, the last year's inventory (i. e. submission 2010) of German greenhouse gases was reviewed during an In Country Review. The modifications required by the Saturday Letter are realized in the current submission (see Chapter 1.3). Further recommendations of the Expert Review Team could not be taken into account as the Review Report was not yet available at the editorial deadline of the report at hand.

Die Erstellung des Inventars muss den Vorgaben der entsprechenden Konventionen und den aktuellen Regelwerken genügen. Hierbei handelt es sich um die IPCC-Guidelines (IPCC, 1996), die Good Practice Guidance (GPG, IPCC 2000) und das EMEP-Guidebook (EMEP, 2009).

Darüber hinaus verwendet das deutsche landwirtschaftliche Inventar bisweilen abweichende Methoden, um die nationale Situation zutreffender abbilden zu können. Dies umfasst in begründeten Fällen auch Berechnungsverfahren aus den noch nicht verabschiedeten IPCC-Guidelines (2006).

Im September 2010 fand ein In-Country-Review des deutschen Treibhausgas-Inventars der Berichterstattung 2010 (Submission 2010) statt. Die im Saturday Letter geforderten Modifikationen wurden umgesetzt (siehe Kapitel 1.3). Weitere Empfehlungen des Expert Review Teams konnten nicht berücksichtigt werden, da der Review Report bis zum Redaktionsschluss des vorliegenden Berichtes noch nicht vorlag.

##### 3.1.2 Choice of methodologies / Zur Methodenwahl

We distinguish between the following methodologies:

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

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

The subsequent chapters present modelling con-

Unterschieden werden die folgenden Verfahren:

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

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

cepts and methods to estimate energy requirements, excretions and emissions in animal husbandry. They are applied throughout the inventory.

### 3.1.3 *The model GAS-EM / Das Modell GAS-EM*

GAS-EM is a modular programme<sup>10</sup> to estimate gaseous and particulate emissions from animal agriculture and crop production including professional horticulture.

Wherever possible, the calculation procedures reflect those fluxes of matter which result in a matter exchange between the atmosphere and agricultural production systems. In principle, GAS-EM is a mass flow model without temporal dynamics (steady state model).

According to the procedures given in EMEP/CORINAIR (2002), GAS-EM calculates emissions from emission factors and the respective statistical data (activities). The general structure of the programme goes along with the structuring of the EMEP/CORINAIR (2002 and later) guidebook.

For important realms, GAS-EM allows to calculate subnational (regional) and national emission factors.

The methodology also allows the calculation of typical emissions of a single farm. This connects the methodology to that serving the UN ECE Pollutant Release and Transfer Register (PRTR) (European Union, 2005).

Emission factors and activities used in GAS-EM are made compatible with those used in the RAINS model (Amann et al., 2000) to calculate emission scenarios within UN ECE and the EU.

The overall structure of the model follows is in line with the organisation of the Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR, 2002 ff). The respective matter fluxes are quantified according to Figure 3.1.

The agricultural production system is divided into subsystems each of which can be balanced, i.e.

- a soil/plant subsystem with primary production
- an animal subsystem, which describes metabolic processes
- a manure management subsystem which considers housing, the storage of animal manures as well as their treatment (e.g. bio gas production) and their application
- the surface and groundwater subsystems as well as
- the natural and seminatural systems influenced by agricultural activities.

Die folgenden Kapitel beschreiben grundlegende und im Inventar durchgängig angewendete Modellansätze zur Berechnung von Energiebedarf, Ausscheidungen und Emissionen in der Tierhaltung.

GAS-EM ist ein modulares Tabellenkalkulationsprogramm<sup>10</sup> zur Berechnung gas- und partikelförmiger Emissionen aus Tierhaltung und Pflanzenbau in der Landwirtschaft und dem kommerziellen Gartenbau.

Die verwendeten Rechenverfahren bilden – wo immer möglich – diejenigen Stoffflüsse ab, die zu einem Stoffaustausch zwischen der Atmosphäre und landwirtschaftlichen Produktionssystemen führen. GAS-EM ist daher im Prinzip ein Stoffflussmodell ohne zeitliche Dynamik (Gleichgewichtsmodell).

Entsprechend den in EMEP/CORINAIR (2002) angegebenen Richtlinien berechnet GAS-EM die Emissionen aus Emissionsfaktoren bzw. –funktionen und darauf bezogenen statistischen Daten (Aktivitäten).

GAS-EM erlaubt in wichtigen Teilbereichen die Berechnung subnationaler (regionaler) und nationaler Emissionsfaktoren.

Es ist sichergestellt, dass das Verfahren auch erlaubt, einzelne Bauernhöfe als typische Quellen zu berechnen. Dadurch wird die Verbindung zum UN ECE Pollutant Release and Transfer Register (PRTR) (European Union, 2005) hergestellt.

Die Emissionsfaktoren und Aktivitäten, die für die Berechnung von Szenarien innerhalb von UN ECE und EU im RAINS-Modell (Amann et al., 2000) verwendet werden, werden mit GAS-EM abgestimmt.

Der Aufbau des Gesamtprogramms folgt der Gliederung des Handbuchs von EMEP/CORINAIR (2002 ff). Dabei werden Stoffflüsse entsprechend Figure 3.1 quantifiziert.

Die Produktionsverfahren im System „Landwirtschaft“ finden in bilanzierbaren Subsystemen statt. Subsysteme sind

- das Subsystem „Boden/Pflanze“ mit der Primärproduktion,
- das Subsystem „Tier“, in dem die Stoffwechsel-Vorgänge im Tier beschrieben werden,
- das Subsystem „Wirtschaftsdünger-Management“, das die Stallungen, die Lagerung von Wirtschaftsdüngern, deren Aufbereitung (z.B. Biogas-Anlagen) und deren Ausbringung umfasst,
- das Subsystem „Oberflächen und Grundwasser“ sowie
- das Subsystem „natürliche und naturnahe Flächen“.

<sup>10</sup> This programme was established under Excel 97.



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

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

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

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

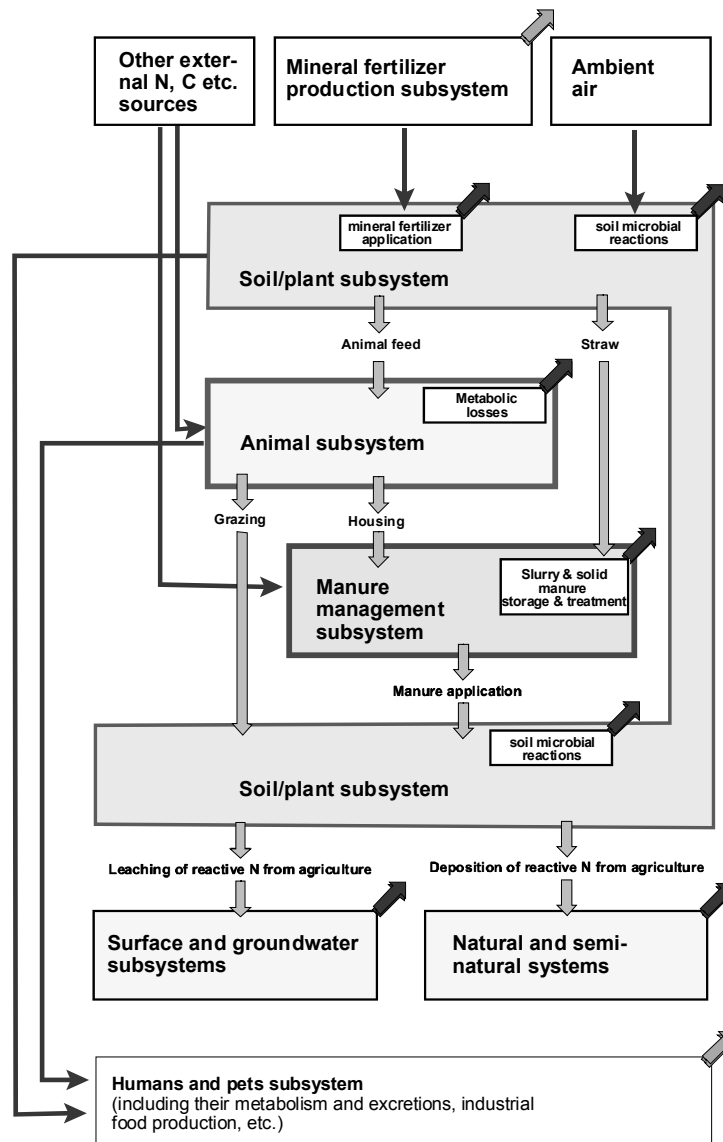


Figure 3.1: Mass flow in agriculture, EMEP/CORINAIR Guidebook Chapter 10

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

Emissions of reactive N species ( $\text{NH}_3$ , NO) are subject to atmospheric transport and deposition, after which they interact with the N dynamics of soils, and will eventually lead to the formation of  $\text{N}_2\text{O}$ . These  $\text{N}_2\text{O}$  emissions are also attributed to the agricultural sector as indirect agricultural emissions.

Die Emissionen reaktiver N-Verbindungen ( $\text{NH}_3$ , NO) werden über die Luft verfrachtet, deponiert und greifen dort in die N-Dynamik der Böden ein. Sie führen dort schließlich zur Bildung von  $\text{N}_2\text{O}$ . Auch diese indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen werden der Quelle „Landwirtschaft“ zugeordnet.

### 3.1.4 Structure of the EXCEL® calculation workbooks / Aufbau der EXCEL®-Rechenmappen

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

Calculations are performed using sheets which reflect the internal structure of the respective subsystem (soil/plant subsystem, animal subsystem, etc.).

The names X of workbooks are an abbreviation deduced from the emitter subcategory's name (e.g. „CDC“ for „cattle: dairy cattle“, or „SCG“ for „soils, crops, grasslands“).

In the sheet **X\_modif** all **changes** made to the workbook X are documented, including the date and the person dealing with the change.

The input **sheet X\_freq** contains the cells for the input of the respective national or regional statistical data which *vary with time*, their transformation or assembly to SNAP<sup>11</sup> categories. Wherever frequency distributions must add up to 100 %, a control cell indicates errors in the data input. Data are inputted into sheet X\_freq by a macro which reads the respective data from the sheet X\_Kreise (see below).

The input **sheet X\_exp** contains the parameters *constant with time* needed to derive emission factors or functions as well as the relevant emission factors (simpler and detailed methodologies).

The output **sheet X\_o** present the results obtained in tables. In addition to the emission factors themselves they contain those variables which are needed to explain the emission factors according to the international guidelines and for the national requirements according to information provided by the German Umweltbundesamt.

Data compiled in the output sheet X\_o is transferred to the sheet X\_Ergebnis (see below) by a macro.

Für jeden Emittententyp (z.B. Emissionen aus gedüngten Kulturen, Milchkühe, Puten) wird eine Rechen- oder Arbeitsmappe (EXCEL®-Datei) mit einem Titelblatt, einem Eingabeblatt für Aktivitätsgrößen bzw. deren Häufigkeitsverteilungen, einem Eingabeblatt für Emissionsfaktoren bzw. den Expertenschätzungen, die ihnen zugrunde liegen, einem zusammenfassenden Ausgabenblatt und einem oder mehreren Rechenblättern angelegt. Zusätzlich sind ein Blatt für Nebenrechnungen und ein Blatt für Kommentare beigefügt.

Die Rechnungen werden, soweit dies geht, in Rechenblättern zusammengefasst, die die einzelnen Subsysteme (soil/plant subsystem, animal subsystem etc), widerspiegeln.

Als Namen X der Arbeitsmappen wurden Kürzel gewählt (z.B. „CDC“ für „cattle: dairy cattle“, oder „SCG“ für „soils, crops, grasslands“).

Das Tabellenblatt **X\_modif** dokumentiert alle in der Rechenmappe X vorgenommenen **Änderungen** mit Angabe der Zeit und des Bearbeiters.

Das **Eingabeblatt X\_freq** enthält die Datenfelder für die Eingaben *zeitlich variabler* nationaler statistischer Daten auf Kreisebene, deren Umrechnung bzw. Zusammenführung zu SNAP-Kategorien<sup>11</sup> sowie von Emissionsfaktoren. Bei Häufigkeiten, deren Summen jeweils 100 % sein müssen, ist eine Kontrollzelle angelegt, die auf Eingabefehler hinweist. Die Daten für das Eingabeblatt X\_freq werden mittels Makro aus dem Tabellenblatt X\_Kreise (s. u.) eingelesen.

Das **Eingabeblatt X\_exp** enthält die Daten zur Berechnung von Emissionsfaktoren oder –funktionen *zeitlich konstant* sowie die relevanten Emissionsfaktoren (einfache und detaillierte Methode).

Auf dem **Ausgabeblatt X\_o** sind die Ergebnisse der Emissionsberechnungen in Tabellen zusammengestellt. Es enthält außerdem die resultierenden Emissionsfaktoren sowie diejenigen Variablen, die zur Erklärung der Emissionsfaktoren in den internationalen Richtlinien sowie für den nationalen Gebrauch nach Angaben des Umweltbundesamtes benötigt werden.

Die Daten im Ausgabeblatt X\_o werden mittels Makro in das Ergebnisblatt X\_Ergebnis (s. u.) ausgelesen.

<sup>11</sup> SNAP: Selected Nomenclature for Air Pollutants (EMEP BNPA-1)

**Calculation sheets** (**X\_ent\_fer**, **X\_C\_cal** and **X\_N\_cal**, **X\_PM**) allow the processing of input data. All calculation steps are considered. Therefore, separate sheets are provided for emissions from enteric fermentation, of C and N species from manure management and of particulate matter

For **supplementary calculations**, e.g. the calculation of duration of the grazing period from dates (days and months) sheet **X\_sup\_cal** is provided.

Comments are listed on a **comment sheet** **X\_comm**. The comments are hyper-linked to those locations where they are needed.

A sheet **X\_Kreise** contains all data related to German **municipal and rural districts** to be fed into the X-freq sheet.

The sheet **X\_Ergebnis** collates the **results obtained for the various districts** and allows for the calculation of **aggregated data** for the Federal States and Germany as a whole.

Die **Rechenblätter** **X\_ent\_fer**, **X\_C\_cal** und **X\_N\_cal**, **X\_PM** verrechnen die Input-Daten und enthalten alle Rechenschritte. Es handelt sich um getrennte Rechenblätter für Emissionen aus der Verdauung, für die Emission von C- und N-Spezies aus dem Dünger-Management und für Emissionen von Partikeln.

Die Berechnung von Hilfsgrößen, etwa der Länge der Weidedauer aus Datumsangaben, wird auf dem **Hilfsrechnungenblatt** **X\_sup\_cal** durchgeführt.

Kommentare sind auf dem **Kommentarblatt** **X\_comm** abgelegt und mit den kommentierten Stellen durch Hyperlink verknüpft.

Das Tabellenblatt **X\_Kreise** enthält alle in das X\_freq-Blatt **einzu lesenden Informationen** der deutschen Stadt- und Landkreise.

Auf dem Tabellenblatt **X\_Ergebnis** werden die **berechneten Größen** für die einzelnen Kreise zusammengeführt. Zusätzlich erfolgt die **Berechnung aggregierter Daten** für die Bundesländer und für Deutschland.

### 3.2 Energies in animal metabolism / Energien im tierischen Stoffwechsel

The methodology for the assessment of emissions is based on the energy requirements of the animals, the amount of feed taken in to satisfy the energy requirements as well as the properties of the feed composition.

Die Verfahren zur Berechnung der Emissionen beruhen auf dem Energiebedarf der Tiere, der zur Deckung des Energiebedarfs erforderlichen Futteraufnahme sowie den Eigenschaften der Futterzusammensetzung.

#### 3.2.1 Energy definitions / Energie-Definitionen

Figure 3.2 illustrates the definitions of several relevant energy entities:

Figure 3.2 zeigt die Definition der verschiedenen relevanten Energiegrößen:

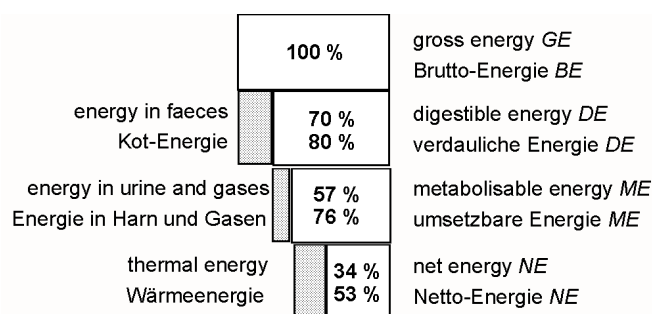


Figure 3.2: Energies considered in animal metabolism

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

#### 3.2.2 Digestibility and metabolizability / Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit

Digestibility and metabolisability are defined as follows:

Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit sind wie folgt definiert:

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

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

where

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

The calculation of the emissions starts with the determination of the ME requirements for each animal category (for dairy cows: NE requirements), see the respective subchapters of the various animal category descriptions. The resulting intake of GE with feed is derived by the use of  $X_{ME}$  (for dairy cows:  $X_{DE}$ ), see Chapter 3.2.3.  $X_{ME}$  and  $X_{DE}$  can be derived from feed properties.

Für die Emissionsberechnung wird zunächst für jede Tierkategorie der ME-Bedarf ermittelt (bei Milchkühen: NE-Bedarf), siehe dazu die entsprechenden Unterkapitel der einzelnen Tierkategoriebeschreibungen. Die daraus folgende Aufnahme an GE mit dem Futter berechnet sich mit  $X_{ME}$  (bei Milchkühen:  $X_{DE}$ ), siehe Kapitel 3.2.3.  $X_{ME}$  und  $X_{DE}$  sind aus Futtereigenschaften zu ermitteln.

### 3.2.3 Intake of gross energy / Gesamtenergie-Aufnahme

The calculation of emissions from animal husbandry is based on the assumption that the energy provided by the feed exactly matches the total energy requirements of the animals. In Germany, the energy requirements of dairy cows are calculated in terms of net energy, while for all other animals the energy requirements are quantified as metabolisable energies. Accordingly, the respective feeding constituents are assigned specific values of net energy and/or metabolisable energy.

The gross energy (GE) needed to calculate CH<sub>4</sub> emissions (see Chapters 3.3 and 3.4) can be obtained from the total energy requirements of the animals or the corresponding total energy contents of the diets. For the GE calculation in terms of net energy units the equation is based on IPCC(2006)-10.21:

Der Emissionsberechnung aus der Tierhaltung liegt die Annahme zugrunde, dass eine bedarfsgerechte Fütterung erfolgt, d. h., dass der Energiebedarf des Tieres durch das Energieangebot im Futter exakt gedeckt wird. In Deutschland wird der Energiebedarf der Milchkühe in Nettoenergie-Einheiten berechnet, während für alle anderen Tiere die Berechnung in Einheiten der umsetzbaren Energie erfolgt. Daher werden den jeweiligen Futterbestandteilen spezifische Nettoenergie- bzw. Umsetzbare-Energie-Werte zugeordnet.

Die für die CH<sub>4</sub>-Emissionsberechnung (siehe Kapitel 3.3 und 3.4) benötigte Gesamtenergie (GE) kann dann aus dem tierischen Energiebedarf bzw. dem bedarfsgerechten Energiegehalt im Futter berechnet werden. Für die Nettoenergie-Betrachtungsweise lautet die Gleichung nach IPCC(2006)-10.21:

$$GE = \frac{1}{X_{DE}} \cdot \left( \frac{NE_m + NE_f + NE_l + NE_d + NE_p}{RE_A} + \frac{NE_g}{RE_B} \right) \quad (3.3)$$

where

$GE$	gross energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$X_{DE}$	digestibility (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.2.2
$NE_m$	net energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$NE_f$	net energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$NE_l$	net energy for lactation (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$NE_d$	net energy required for draft power (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$NE_p$	net energy required for pregnancy (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$NE_g$	net energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

and

$$RE_A = 1.123 - 0.4092 \cdot X_{DE} + 0.1126 \cdot X_{DE}^2 - \frac{0.254}{X_{DE}} \quad (3.4)$$

$$RE_B = 1.164 + 0.516 \cdot X_{DE} + 0.1308 \cdot X_{DE}^2 - \frac{0.374}{X_{DE}} \quad (3.5)$$

where

$RE_A, RE_B$  ratios of net energy available in a diet to digestible energy (in MJ MJ<sup>-1</sup>), see IPCC(2006)-10.20, eq. 10.14, and IPCC(2006)-10.21, eq. 10.15  
 $X_{DE}$  digestibility (in MJ MJ<sup>-1</sup>)

Note: IPCC(1996) presented the equations for  $RE_A$  and  $RE_B$  for  $X_{DE} > 0,65$  MJ MJ<sup>-1</sup>. In Germany,  $X_{DE}$  is generally above this threshold. Hence the use of the IPCC (2006) equations is equivalent to the use of the IPCC(1996) equations.

Nach IPCC(1996) galten die Gleichungen für  $RE_A$  und  $RE_B$  für  $X_{DE} > 0,65$  MJ MJ<sup>-1</sup>, eine Schwelle, die in Deutschland ohnehin nicht unterschritten wird. Daher ist der Gebrauch der IPCC(2006)-Gleichungen äquivalent zum Gebrauch der IPCC(1996)-Gleichungen.

For the GE calculation in terms of metabolisable energies the general equation for mammals reads:

Für die Betrachtungsweise auf Ebene der umsetzbaren Energie gilt für Säugetiere in allgemeiner Form:

$$GE = \frac{ME_m + ME_f + ME_l + ME_d + ME_p + ME_g}{X_{ME}} \quad (3.6)$$

where

$GE$  gross energy intake (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $ME_m$  metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $ME_f$  metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $ME_p$  metabolisable energy required for pregnancy (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $ME_l$  metabolisable energy for lactation (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $ME_d$  metabolisable energy required for draft power (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $ME_g$  metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $X_{ME}$  metabolisability (in MJ MJ<sup>-1</sup>), see Chapter 3.2.2

The applicability of the ME terms in this equation depends on the different mammal types in agricultural animal husbandry. This issue is dealt with in the respective subchapters of the subsequent animal description chapters beginning with Chapter 4.4.

Nicht bei allen Säugetieren in der landwirtschaftlichen Tierhaltung sind alle aufgeführten ME-Terme von Bedeutung. Hierauf gehen die entsprechenden Unterkapitel in den nachfolgenden Tierbeschreibungen ab Kapitel 4.4 ein.

The ME based approach for GE as given above applies analogously to poultry. It is not shown here.

Für Geflügel gilt obiger Ansatz sinngemäß. Auf eine separate Darstellung wird daher verzichtet.

### 3.3 Methane emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung

#### 3.3.1 General Procedure / Allgemeine Vorgehensweise

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

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

The choice of the complexity level depends on whether the animal category under consideration is considered a key source with respect to methane

Die Auswahl des anzuwendenden Verfahrens hängt davon ab, ob die jeweilige Tierkategorie als Hauptquellgruppe bzgl. der Methanemissionen aus der Ver-

emissions from enteric fermentation. If this is the case, a Tier 2 or Tier 3 method has to be used.

dauung eingestuft werden. Ist Letzteres der Fall, muss mit Stufe 2 oder Stufe 3 gerechnet werden.

### 3.3.2 *Assessment of methane emissions from enteric fermentation / Bestimmung der Methanemissionen aus der Verdauung*

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

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

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

$$E_{\text{CH}_4, \text{ent}, i} = n_i \cdot EF_{\text{CH}_4, \text{ent}, i} \quad (3.7)$$

where

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

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

The more detailed Tier 2 methodology makes use of the basic equation given in Chapter 3.3.2.1, where the default emission factor is replaced with an emission factor based on national data for energy requirements.

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

$$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}, i} = GE_i \cdot \frac{x_{\text{CH}_4, \text{GE}, i}}{\eta_{\text{CH}_4}} \quad (3.8)$$

where

$EF_{\text{CH}_4, \text{ent}, i}$	emission factor for animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub> )
$GE_i$	gross energy intake per place of animal category i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{CH}_4, \text{GE}, i}$	default methane conversion factor of animal category i (fraction of GE converted to methane) (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{CH}_4}$	energy content of methane ( $\eta_{\text{CH}_4} = 55.65 \text{ MJ (kg CH}_4\text{)}^{-1}$ )

#### 3.3.2.3 *Tier 3 approach / Stufe-3-Verfahren*

The Tier 3 approach (IPCC(2006)-10.31 f) makes use of the equations given in Chapters 3.3.2.1 and 3.3.2.2, where the methane conversion factor ( $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$ ) is determined on base of national or subnational data.

Das einfache Stufe-1-Verfahren kombiniert zur Berechnung von Emissionen Tierzahlen mit default-Emissions-faktoren ohne Berücksichtigung des Energiebedarfs.

Die Berechnungen beruhen auf der Anwendung der folgenden Gleichung für jede Tierkategorie:

Das detailliertere Stufe-2-Verfahren nutzt die in Kapitel 3.3.2.1 angegebene Gleichung, ersetzt den Default-Wert des Emissionsfaktors aber durch eine Berechnung mit Hilfe nationaler Werte des Gesamt-Energiebedarfs.

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

Das Stufe-3-Verfahren (IPCC(2006)-10.31 f) nutzt die in den Kapiteln 3.3.2.1 und 3.3.2.2. angegebenen Gleichungen, wobei der Methan-Umwandlungsfaktor ( $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$ ) aus nationalen oder regionalen Daten abgeleitet wird.

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

#### 3.4.1 Carbon excretions / Kohlenstoff-Ausscheidungen

For the assessment of CH<sub>4</sub> emissions from the manure management, the mass flow of carbon through the system investigated is modelled.

A comprehensive treatment presupposes the knowledge of the amount of “volatile solids” (*VS*) excreted. Volatile solids comprise the organic material in livestock manure that is oxidised at 800 °C. The respective equation is:

$$VS = DM_{\text{excr}} - m_{\text{ash}} \quad (3.9)$$

Where

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

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

$$VS = VS_d + VS_{nd} \quad (3.10)$$

In principle, CH<sub>4</sub> emissions from manure management (see chapters 3.4.3.3 und 3.4.3.4) are related to *VS<sub>d</sub>*. However, in a first approach, *VS<sub>d</sub>* is proportional to *VS<sub>excr</sub>*. The factor relating the two is depending on the composition of the excreta. The methodology proposed by IPCC (1996)-3-4.34, considers this in a “maximum methane producing capacity for manure”, *B<sub>0</sub>*, which is listed for each animal category.

According to IPCC (1996)-3-4.31, Gl. 4.16, the VS excretion can be obtained as follows:

$$VS = GE \cdot \frac{1}{c_E} \cdot (1 - X_{DE}) \cdot (1 - x_{\text{ash}}) \quad (3.11)$$

where

<i>VS</i>	excretion of volatile solids (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
<i>GE</i>	gross energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
<i>c<sub>E</sub></i>	energy content of dry matter taken in ( <i>c<sub>E</sub></i> = 18.45 MJ kg <sup>-1</sup> , IPCC(2006)-10.42)
<i>X<sub>DE</sub></i>	digestibility (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.2.2
<i>x<sub>ash</sub></i>	fraction of ash content in excretions (in kg kg <sup>-1</sup> )

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird möglichst der Fluss von Kohlenstoff durch das System abgebildet.

Eine umfassende Behandlung setzt die Kenntnis der ausgeschiedenen Mengen an „volatile solids“ voraus. „Volatile solids“ stehen für die organische Substanz in den Ausscheidungen, die als Glühverlust bei 800 °C bestimmt wird. Es gilt:

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

Im Prinzip wären die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (siehe Kapitel 3.4.3.3 und 3.4.3.4) auf *VS<sub>d</sub>* zu beziehen. In erster Näherung ist *VS<sub>d</sub>* aber proportional zu *VS<sub>excr</sub>*. Der Proportionalitätsfaktor ist von der Zusammensetzung der Exkremente abhängig. IPCC (1996)-3-4.34 berücksichtigt diesen Umstand in der „größtmöglichen Methan-Bildungskapazität für Wirtschaftsdünger“, *B<sub>0</sub>*, die für jede Tierkategorie angegeben wird.

Nach IPCC (1996)-3-4.31, Gl. 4.16 lässt sich die VS-Ausscheidung wie folgt berechnen:

#### 3.4.2 Carbon flows in manure management / Kohlenstoff-Fluss im Wirtschaftsdünger-Management

The flow of carbon in animal husbandry is illustrated in Figure 3.3. In principle, this drawing depicts the mass flow as it is treated in GAS-EM. At present, inputs into the system with excreta and straw are cov-

Der Kohlenstoff-Fluss in der Tierproduktion, wie er in GAS-EM behandelt wird, ist in Figure 3.3 dargestellt. Zurzeit werden die Einträge mit Ausscheidungen und Stroh berücksichtigt. Zwischen leicht um-

ered. No differentiation between readily degradable and recalcitrant carbon is made. Slurry based and straw based systems are considered with their typical storage facilities. Various forms of slurry treatment may be calculated. Treated slurry has properties which differ from untreated slurry. This affects emissions from spreading, in particular of  $\text{NH}_3$ .

At present, only emissions of  $\text{CH}_4$  and NMVOC are dealt with. Without the simultaneous consideration of  $\text{CO}_2$  losses, this mass flow cannot be balanced. Carbon inputs into soil cannot be quantified. However, the present reporting requirements do not demand balancing, nor the assessment of  $\text{CO}_2$  emissions.

setzbarem und recalcitrantem Kohlenstoff wird nicht unterschieden. Gülle- und strohgebundene Systeme werden mit ihren typischen Lagerformen betrachtet. Verschiedene Arten der Güllebehandlung können gerechnet werden. Eigenschaften behandelter Gülle weichen von denen unbehandelter Gülle ab, mit der Folge veränderter Emissionen beim Ausbringen (insbesondere  $\text{NH}_3$ -Emissionen).

Derzeit werden nur die Emissionen von  $\text{CH}_4$  und NMVOC berechnet. Ohne die gleichzeitige Betrachtung der  $\text{CO}_2$ -Verluste ist der gewählte Ansatz nicht bilanzfähig. Kohlenstoff-Einträge in den Boden können nicht berechnet werden. Gegenwärtig sind aber weder Stoffbilanzen noch  $\text{CO}_2$ -Emissionen Teil der Berichtspflichten.

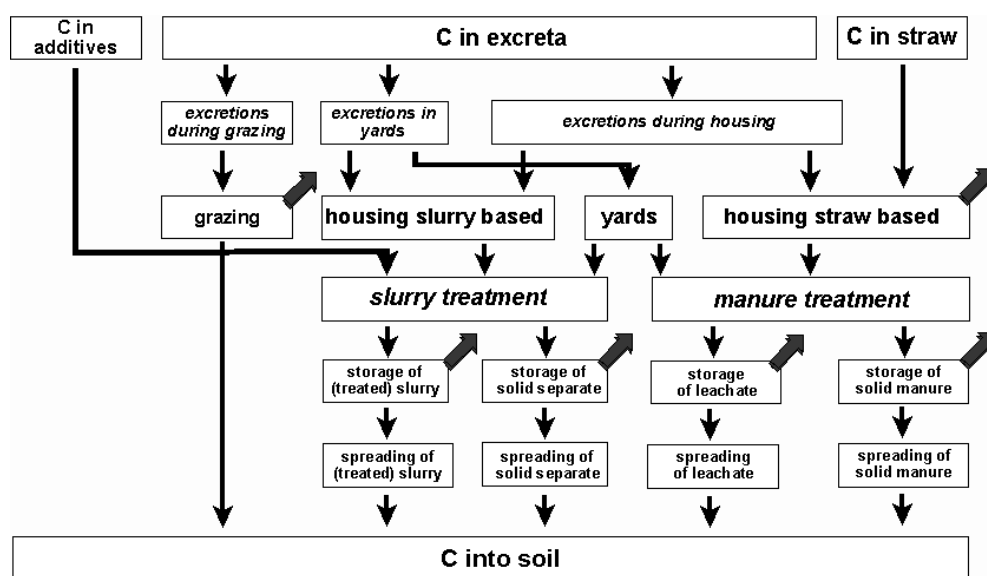


Figure 3.3: Carbon pools and pathways considered in the calculation files  
Vertical black arrows indicate the fluxes between pools, slant broad arrows the respective  $\text{CH}_4$  emissions.

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

#### 3.4.3.1 General Procedure / Allgemeine Vorgehensweise

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

$$E_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} = n_i \cdot EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} \quad (3.12)$$

where

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

Nach IPCC(1996)-3-4.77 ff stehen für die Berechnung der Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management zwei Stufen, nach IPCC(2006)-10.35ff stehen drei Stufen zur Verfügung, die alle von der nachfolgenden Grundgleichung ausgehen.



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

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

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

The IPCC methodologies are described in the following chapters.

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

The Tier 1 methodology (IPCC(2006)-10.37) makes use of the basic equation given in Chapter 3.4.3.1 and default emission factors.

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

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

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

Neglection of VS contributions by bedding material is addressed in Chapter 3.4.3.1.

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

$$EF_{CH_4, MM, i} = VS_i \cdot \alpha \cdot B_{o, i} \cdot \rho_{CH_4} \cdot \sum_{jk} MCF_{i, j, k} \cdot MS_{i, j} \quad (3.13)$$

where

$EF_{CH_4, MM, i}$	emission factor for methane from manure management for animal category i (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}\ CH_4$ )
$VS_i$	volatile solid excretion rate of animal category i (in $kg\ pl^{-1}\ d^{-1}$ ), see Chapter 3.4.1
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365\ d\ a^{-1}$ )
$B_{o, i}$	maximum methane producing capacity (in $m^3\ kg^{-1}\ CH_4$ )
$\rho_{CH_4}$	density of methane ( $\rho_{CH_4} = 0.67\ kg\ m^{-3}$ )
$MCF_{i, j, k}$	methane conversion factors for manure management system j and climate region k (in $kg\ kg^{-1}$ )
$MS_{i, j}$	fraction of animal category i whose manure is handled in a system j (in $pl\ pl^{-1}$ )

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

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

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

Die IPCC-Methoden werden nachstehend beschrieben.

Das Stufe-1-Verfahren (IPCC(2006)-10.37) nutzt die Grundgleichung (s. Kapitel 3.4.3.1) mit default-Emissionsfaktoren.

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

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

Zur Vernachlässigung von VS-Beiträgen aus dem Einstreumaterial siehe Kapitel 3.4.3.1.

Für den Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, MM, i}$  gilt (vgl. Gleichung 10.23 in IPCC(2006)-10.21):

The MCF are provided in IPCC(2006)-10.77 ff. Some of the MCF are a function of the mean annual temperature which is available for each German district. Figure 15.1 (Chapter 15.1.2) illustrates that Germany has to be considered a cold region: annual mean temperatures in general fall below 12 °C.

Die MCF werden aus IPCC(2006)-10.77 ff entnommen. Sie sind teilweise eine Funktion der Jahresmitteltemperatur, welche für jeden deutschen Landkreis verfügbar ist. Figure 15.1 (Kapitel 15.1.2) zeigt, dass Deutschland zu den kalten Gebieten zählt: Die Jahresmitteltemperatur liegt generell unter 12 °C.

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

IPCC (2006)-10.37 defines the Tier 3 approach as follows:

„The best way to determine emission factors is to conduct ... measurements of emissions in actual systems representative of those in use in the country. The field results can be used to develop models to estimate emission factors.”

The Tier 3 approach is not used in the German inventory.

Stufe 3 ist nach IPCC (2006)-10.37 wie folgt definiert:

„Der beste Ansatz zur Bestimmung von Emissionsfaktoren besteht aus der ... Messung von Emissionen in realen Systemen, die repräsentativ für die im Land genutzten Systeme sind. Die Feldversuchsergebnisse können zur Entwicklung von Modellen zur Berechnung von Emissionsfaktoren genutzt werden.“

Der Stufe-3-Ansatz kommt im deutschen Inventar nicht zum Einsatz.

#### 3.4.4 NMVOC emissions from manure management / NMVOC-Emissionen aus Wirtschaftsdünger-Management

According to EMEP(2009)-4B-41, “data on NMVOC emission from animal husbandry do not allow any direct estimate of EF ...”. Reference is given to literature where NMVOC emissions are calculated using emission ratios to NH<sub>3</sub>. EMEP(2009)-4B provides a table (Table 3-3) for such emission ratios. However, the table has no entries. Hence, in the following the NMVOC emission calculation methodology procedure used in former inventories (see e. g. Haenel et al., 2010) will be applied. However, it must be noted that the expert review team of the In Country Review in September 2010 stated that this method leads to a considerable overestimation of the NMVOC emissions (which is why Denmark and Finland e. g. do not report NMVOC emissions).

According to Hobbs et al. (2004), NMVOC emissions are related to ammonia emissions. They consider the following assumptions:

- Emissions from grazing and housed livestock are taken to be the same as those determined from a stored manure surface.
- Aging waste has a similar reduction in emission rates of NMVOCs to that of ammonia.
- Emissions of ammonia, NMVOCs and odours from manure are a result of decay processes of organic matter.
- Stored solid manure has similar ammonia and NMVOC emissions to those of liquid manure.

The measurements to establish a ratio between NH<sub>3</sub> and single NMVOC species were carried out using fresh slurry. Thus the ratio deduced includes emissions from all emitting surfaces.

EMEP(2009)-4B-41 stellt fest: “Daten zu NMVOC-Emissionen aus der Tierhaltung erlauben keine direkte Schätzung von Emissionsfaktoren ...”. Es wird auf Literatur verwiesen, nach der NMVOC-Emissionen im Verhältnis zu NH<sub>3</sub>-Emissionen berechnet wurden. EMEP(2009)-4B stellt eine Tabelle zu derartigen Verhältniswerten bereit (Table 3-3), diese Tabelle weist aber keine Einträge auf. Daher wird nachstehend auf die bisherige Vorgehensweise (siehe Haenel et al., 2010) zurückgegriffen, die nach Einschätzung der Gutachter beim In-Country-Review im September 2010 allerdings zu einer deutlichen Überschätzung der NMVOC-Emissionen führt (so dass z. B. Dänemark und Finnland keine NMVOC-Emissionen berichten).

Die NMVOC-Emissionen werden nach Hobbs et al. (2004) proportional zu den Ammoniak-Emissionen berechnet:

- Emissionen aus der Weidehaltung werden wie Emissionen aus der Festmistlagerung angesehen.
- Alternder Wirtschaftsdünger weist eine ähnliche Verringerung der NMVOC-Emissionsraten wie Ammoniak auf.
- Emissionen von Ammoniak, NMVOC und Gerüchen rühren von den gleichen Zersetzungs Vorgängen her.
- Festmist hat ähnliche Ammoniak- und NMVOC-Emissionen wie Gülle.

Die Messungen zur Ableitung einer Beziehung zwischen NH<sub>3</sub> und NMVOC-Spezies wurden an frischer Gülle durchgeführt. Das erhaltene Verhältnis schließt alle emittierenden Oberflächen ein.

It is assumed that the emissions of  $\text{NH}_3$  and NMVOC species are proportional:

Es wird angenommen, dass die Emissionen von  $\text{NH}_3$  denen der NMVOC-Spezies proportional sind.

$$E_{\text{NMVOC},i} = E_{\text{NH}_3,i} \cdot \sum_j EF_{\text{NMVOC},i,j} \quad (3.14)$$

where

$E_{\text{NMVOC},i}$	NMVOC emissions from animal husbandry, animal category i (in $\text{Gg a}^{-1}$ NMVOC)
$E_{\text{NH}_3,i}$	$\text{NH}_3$ emission from animal husbandry, animal category i (in $\text{Gg a}^{-1}$ $\text{NH}_3$ )
$EF_{\text{NMVOC},i,j}$	relative emission factor for NMVOC of species j and animal category i (in $\text{kg kg}^{-1}$ NMVOC)

It should be kept in mind that this approach is only producing an first-order estimate of NMVOC emissions.

Es sollte stets berücksichtigt werden, dass das Verfahren allenfalls eine erste Schätzung der NMVOC-Emissionen erlaubt.

The emission factors are given in Chapters 4.2.4, 5.2.4, 6.2.4, and 9.2.1.

Die Emissionsfaktoren finden sich in den Kapiteln 4.2.4, 5.2.4, 6.2.4 und 9.2.1.

Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

### 3.4.5 Carbon dioxide emissions from manure management / Kohlenstoffdioxid-Emissionen aus Wirtschaftsdünger-Management

At present, a comprehensive mass flow treatment of carbon is impossible due to the lack of an adequate method for the assessment of  $\text{CO}_2$  emissions from manure management.

Eine umfassende C-Stofffluss-Betrachtung ist derzeit nicht möglich, da noch keine angemessenen Methoden zur Quantifizierung von  $\text{CO}_2$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management verfügbar sind.

## 3.5 Nitrogen in manure management / Stickstoff im Wirtschaftsdünger-Management

### 3.5.1 N excretions / N-Ausscheidungen

A simple mass balance yields N excretions as follows:

Aus der Massenbilanz ergibt sich für die N-Ausscheidung:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_l - m_g - m_p \quad (3.15)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen in excreta (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen in feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ N)
$m_l$	amount of nitrogen secreted with milk or eggs (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ N)
$m_g$	amount of nitrogen retained in the animal (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ N)
$m_p$	amount of nitrogen in offspring produced (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ N)

The single terms are determined as follows:

Die Bilanzglieder werden wie folgt bestimmt:

$$m_{\text{feed}} = x_N \cdot \sum_i ME_i \cdot \frac{x_{\text{XP},i}}{x_{\text{ME},i}} \quad (3.16)$$

where

$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen in feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ N)
$x_N$	nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1}$ N)
$ME_i$	amount of metabolisable energy consumed with feed i (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ME)
$x_{\text{XP},i}$	crude protein content of feed i (in $\text{kg kg}^{-1}$ XP)
$x_{\text{ME},i}$	ME content of feed i (in $\text{MJ kg}^{-1}$ ME)

$$m_l = Y_M \cdot x_{XP, \text{milk}} \cdot x_{N, \text{milk}} \quad (3.17)$$

or

$$m_l = n_{\text{eggs}} \cdot w_{\text{egg}} \cdot x_{N, \text{egg}} \quad (3.18)$$

where

$m_l$	amount of nitrogen secreted with milk or eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$Y_M$	annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{XP, \text{milk}}$	crude protein content of milk (in kg kg <sup>-1</sup> XP <sub>milk</sub> )
$x_{N, \text{milk}}$	nitrogen content of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{eggs}}$	number of eggs (in eg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$w_{\text{egg}}$	weight per egg (in kg eg <sup>-1</sup> )
$x_{N, \text{egg}}$	nitrogen content of a single egg (in kg kg <sup>-1</sup> N)

$$m_g = \Delta w_{\text{place}} \cdot x_{N, \text{animal}} \quad (3.19)$$

where

$m_g$	amount of nitrogen retained in the animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$\Delta w_{\text{place}}$	weight gain per place (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{N, \text{animal}}$	nitrogen content of whole animal (in kg kg <sup>-1</sup> N)

$$m_p = w_{\text{offspring}} \cdot x_{N, \text{offspring}} \quad (3.20)$$

where

$m_p$	amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$w_{\text{offspring}}$	weight of the total offspring (calves, piglets) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{N, \text{offspring}}$	nitrogen content of whole offspring body (in kg kg <sup>-1</sup> N)

### 3.5.2 *N mass flow and emission assessment for mammals / N-Massenfluss und Emissionsbestimmung bei Säugetieren*

#### 3.5.2.1 *N mass flow model for mammals / N-Massenfluss-Modell bei Säugetieren*

In Europe, this so-called mass flow approach is applied in Denmark, the United Kingdom, The Netherlands and Switzerland. Though the respective approaches reflect national peculiarities, a comparison of the national solutions showed identical results as long as standardised data sets for the input variables were used (Reidy et al., 2008).

According to Dämmgen and Hutchings (2008) the N flow within the manure management system is treated as depicted in Figure 3.4.

The approach differentiates between N excreted with faeces and urine and two fractions of N:

- $N_{\text{org}}$ : organic nitrogen is the fraction that is undigested N in the feed and excreted with faeces;
- TAN (total ammoniacal nitrogen) is the fraction of N that was metabolised and is excreted with urine.

Das Massenfluss-Verfahren wird in Europa von Dänemark, Großbritannien, den Niederlanden und der Schweiz angewendet. Dabei berücksichtigen die einzelnen Verfahren nationale Gegebenheiten. Ein Vergleich der nationalen Lösungen hat ergeben, dass sie identische Ergebnisse erzeugen, wenn sie mit standardisierten Eingangs-Datensätzen berechnet werden (Reidy et al., 2008).

Der N-Fluss im Wirtschaftsdünger der Säugetiere wird nach Dämmgen und Hutchings (2008) wie in Figure 3.4 behandelt.

Unterschieden werden dabei die Ausscheidungen mit Kot und Harn und zwei N-Fractionen:

- $N_{\text{org}}$ : organischer Stickstoff, der die Verdauungswege unverdaut passiert hat und mit dem Kot ausgeschieden wird;
- TAN (total ammoniacal nitrogen) ist die Fraktion, die metabolisiert wurde und mit dem Harn ausgeschieden wird.

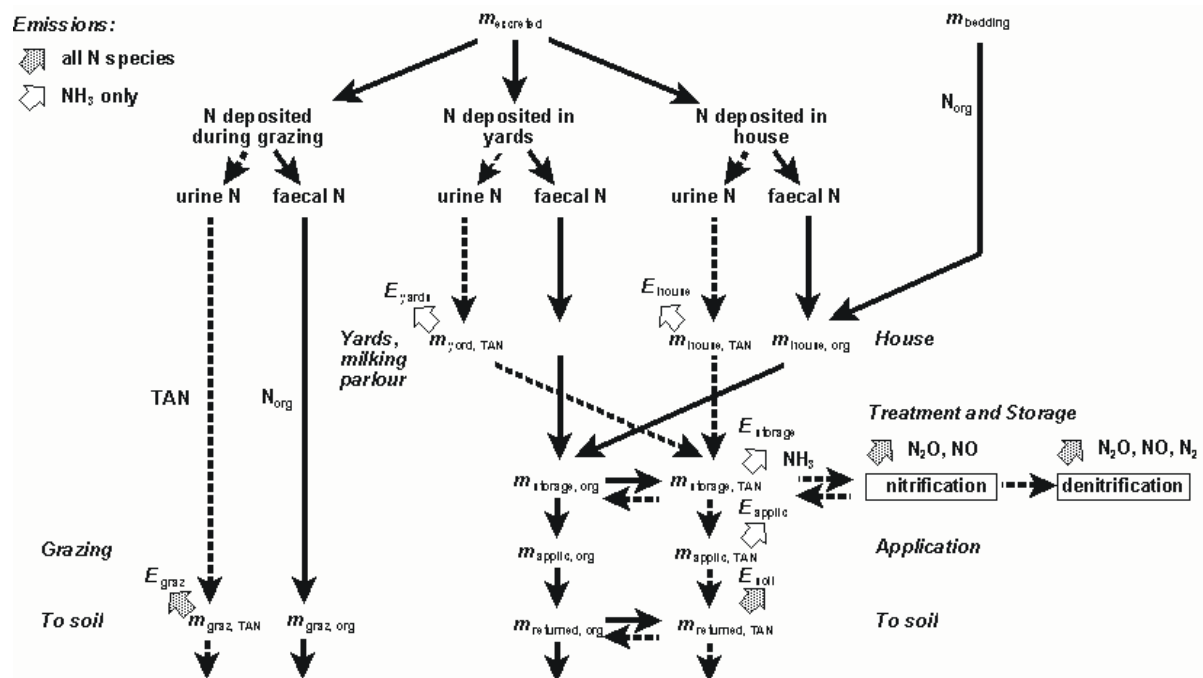


Figure 3.4: N flows in an animal subcategory. Mammals

$m$ : mass from which emissions may occur. Narrow broken arrows: TAN; narrow continuous arrows: organic N. The horizontal arrows denote the process of immobilisation in systems with bedding occurring in the house, and the process of mineralisation during storage, which occurs in any case. Broad hatched arrows denote emissions assigned to manure management:  $E_{\text{yard}}$  NH<sub>3</sub> emissions from yards;  $E_{\text{house}}$  NH<sub>3</sub> emissions from house;  $E_{\text{storage}}$  NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions from storage;  $E_{\text{applic}}$  NH<sub>3</sub> emissions during and after spreading. Broad open arrows mark emissions from soils:  $E_{\text{graz}}$  NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions during and after grazing;  $E_{\text{returned}}$  N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions from soil resulting from manure input. For further information see text.

Figure 3.4 allows for a tracing of the pathways of the two N fractions after excretion.

The various locations where excretion may take place are considered. The partial mass flows down to the input to soil are depicted. During storage both fractions react to form the respective other fraction. Both the way and the amount of such transformations may be influenced by manure treatment processes.

Whenever N species are emitted, their formation is related to the amount of the reactive TAN fraction.

NH<sub>3</sub> emissions during grazing, from the animal house, during storage and spreading can then be calculated using the methodology provided by EMEP/CORINAIR. Emissions of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> may be quantified following the methodology proposed by IPCC(2006).

Figure 3.4 erlaubt es, die Wege der beiden N-Fraktionen nach ihrer Ausscheidung zu verfolgen.

Die unterschiedlichen Ausscheidungsorte werden berücksichtigt. Von dort wird der Teilstrom bis zum Eintrag in den Boden dargestellt. Im Lager treten (Netto-)Umwandlungen der Fraktionen in die jeweils andere auf. Art und Umfang der Umwandlungen werden bei einer Behandlung der Wirtschaftsdünger beeinflusst.

Emissionen von N-Spezies erfolgen jeweils aus dem leicht umsetzbaren TAN.

NH<sub>3</sub>-Emissionen auf der Weide, aus dem Stall, aus dem Lager und bei der Ausbringung können nach den Methoden von EMEP/CORINAIR (2002) berechnet werden, die Emissionen von N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> können in Anlehnung an IPCC(2006) erfasst werden.

### 3.5.2.2 Assessment of the emissions of nitrogen species from manure management / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies aus Wirtschaftsdünger-Management

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

In order to assess emissions, the Tier 1 approach combines animal numbers with default emission fac-

Das Stufe-1-Verfahren kombiniert zur Berechnung von Emissionen Tierzahlen mit default-

tors, irrespective of the national N excretion data and the national characteristics in animal husbandry:

$$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i} = EF_{\text{NH}_3, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.21)$$

$$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{MM}, i} = EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.22)$$

$$E_{\text{NO}, \text{MM}, i} = EF_{\text{NO}, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.23)$$

$$E_{\text{N}_2, \text{MM}, i} = EF_{\text{N}_2, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.24)$$

where

$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i}$	NH <sub>3</sub> emission from manure management of animal category i (in kg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> )
$EF_{\text{NH}_3, \text{MM}, i}$	emission factor for animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> )
$n_i$	number of animal places for animal category i (in pl)
etc.	

Details for each category will be presented in the respective chapters.

Emissionsfaktoren ohne Berücksichtigung der nationalen Ausscheidungen und Haltungsverfahren:

Einzelheiten werden in den jeweiligen Kapiteln beschrieben.

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

Typically, the Tier 2 approach to assess emissions combines the Tier 1 emission equations with emission factors which take national N excretion data and the national housing, storage and application details into account. For each animal category they establish one single national emission factor (analogue for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub>).

Das Stufe-2-Verfahren kombiniert die Emissionsgleichungen des Stufe-1-Verfahrens mit Emissionsfaktoren, die aus nationalen Standardwerten für Ausscheidungen und unter Berücksichtigung der Haltungsverfahren abgeleitet werden. Sie ergeben je Tierkategorie einen einzigen mittleren Emissionsfaktor, der proportional zur N-Ausscheidung ist (analog für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub>).

$$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i} \propto m_{\text{excr}, i} \cdot n_i \quad (3.25)$$

where

$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i}$	NH <sub>3</sub> emission from manure management of animal category i (in kg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> )
$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_i$	number of animal places for animal category i (in pl)

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

The Tier 3 methodology presupposes a detailed treatment of energy and feed requirements, if possible combined with a high resolution in space, and treats emissions as part of the N flow in the system.

Das Stufe-3-Verfahren bedient sich detaillierter Energiebedarfsbetrachtungen, möglichst mit einer höheren räumlichen Auflösung als die Gesamtnation unter Berücksichtigung der N-Flüsse im System.

A method for estimating annual NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions from a particular type of mammal using the N flow system is shown in Figure 3.4. This method reconciles the requirements of both the Atmospheric Emission Inventory Guidebook for NH<sub>3</sub> emissions and the IPCC for greenhouse gas emissions (Dämmgen and Hutchings, 2008).

Das Verfahren ist in Figure 3.4 illustriert: Zur Berechnung der Emissionen von NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> wird das angegebene Flussschema auf jede Säugetierkategorie angewendet. Dieses Verfahren berücksichtigt sowohl die Erfordernisse des Atmospheric Emission Inventory Guidebook für NH<sub>3</sub> als auch der IPCC Guidelines für die Treibhausgase (Dämmgen und Hutchings, 2008)

The applied stepwise approach is as follows:

Der angewandte Rechenweg lässt sich in Einzelschritte auflösen, die wie folgt aussehen:

*Step 1* is the definition of an animal subcategory which is homogeneous with respect to performance (weight, weight gain, milk yield, etc.), age or use (e.g. fattening vs breeding). The respective activity (animal number) has to be identified.

*Step 2* is the calculation of the total annual excretion of N by the animals (see Chapter 3.5.1). The total N excretion consists of faecal and urine N.

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{faeces}} + m_{\text{urine}}$$

( 3.26)

where

$m_{\text{excr}}$	amount of total nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{faeces}}$	amount of nitrogen excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{urine}}$	amount of nitrogen excreted with urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

The amounts of N excreted with faeces are those contained in the indigestible constituents of the feed. Their amount can be obtained as follows:

$$m_{\text{faeces}} = m_{\text{feed}} \cdot (1 - X_{\text{XP}})$$

( 3.27)

where

$m_{\text{faeces}}$	amount of nitrogen excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen contained in feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$X_{\text{XP}}$	fraction of digestible crude protein contained in feed (in kg kg <sup>-1</sup> XP)

It is assumed that  $X_{\text{XP}}$  equals the digestibility  $X_{\text{DE}}$ . Then, taking into account the explanations in Chapter 3.5.1, a formula for the amount of urine N excreted can be derived to relate the amount of urine N to the amount of N taken in with feed:

$$m_{\text{urine}} = X_{\text{DE}} \cdot m_{\text{feed}} - m_{\text{l}} - m_{\text{g}} - m_{\text{p}}$$

( 3.28)

where

$m_{\text{urine}}$	amount of nitrogen excreted with urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen in feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{l}}$	amount of nitrogen secreted with milk (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained in the animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{p}}$	amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$X_{\text{DE}}$	mean digestible energy as fraction of gross energy (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.2.2

Due to the lack of input data it may be impossible to calculate the amount of faecal and urine N as described above. In this case the partitioning of the total N excreted into faecal and urine N is to be calculated by using a default TAN fraction as defined farther below.

The subsequent steps of the calculation method are based on the definition of three different nitrogen pools:  $N_{\text{org}}$  (organic nitrogen), TAN (total ammoniacal nitrogen) as well as the sum of  $N_{\text{org}}$  and TAN ( $N_{\text{tot}}$ ).

For N excretions of mammals,  $N_{\text{org}}$  and TAN are identified with faecal and urine N, respectively.

*Schritt 1* ist die Definition einer Tier-Unterkategorie hinsichtlich ihrer Leistung (Gewicht, Gewichtszunahme, Milchleistung usw.), dem Alter und der Nutzung (Mast oder Zucht). Deren jeweilige Aktivitätsgrößen (Tierzahlen) müssen identifiziert werden.

*Schritt 2* besteht in der Ermittlung der N-Ausscheidung der Tiere (siehe Kapitel 3.5.1). Die ausgeschiedene N-Menge besteht aus Kot-N und Urin-N.

Die mit dem Kot ausgeschiedenen N-Mengen sind die unverdaulichen stickstoffhaltigen Bestandteile des Futters. Deren Menge berechnet sich zu:

Unter der Annahme, dass  $X_{\text{XP}}$  näherungsweise mit  $X_{\text{DE}}$  gleich gesetzt werden kann, kann unter Berücksichtigung der Ausführungen in Kapitel 3.5.1, die Urin-N-Menge mit Hilfe der mit dem Futter aufgenommenen N-Menge ausgedrückt werden:

Können Kot- und Urin-N-Menge mangels Eingangsdaten nicht in dieser Weise berechnet werden, erfolgt die Aufteilung der ausgeschiedenen Gesamt-N-Menge in Kot- und Urin-N mit Hilfe eines Standardwertes des weiter unten definierten relativen TAN-Gehaltes.

Dem weiteren Rechenverfahren liegen drei Stickstoff-Pools zugrunde:  $N_{\text{org}}$  (organischer Stickstoff), TAN (total ammoniacal nitrogen) sowie die Summe aus  $N_{\text{org}}$  und TAN ( $N_{\text{tot}}$ ).

Bei den Ausscheidungen von Säugetieren wird  $N_{\text{org}}$  mit Kot-N und TAN mit Urin-N gleichgesetzt.

$$m_{\text{excr, org}} = m_{\text{faeces}} \quad (3.29)$$

$$m_{\text{excr, TAN}} = m_{\text{urine}} \quad (3.30)$$

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{excr, org}} + m_{\text{excr, TAN}} \quad (3.31)$$

where

$m_{\text{excr, org}}$	amount of organic nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr, TAN}}$	amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{faeces}}$	amount of nitrogen excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{urine}}$	amount of nitrogen excreted with urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr}}$	amount of total nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

Thus, the relative TAN content  $x_{\text{TAN}}$  of the excreta is defined as:

Damit ist der relative TAN-Gehalt  $x_{\text{TAN}}$  der Ausscheidungen wie folgt definiert:

$$x_{\text{TAN}} = \frac{m_{\text{excr, TAN}}}{m_{\text{excr}}} \quad (3.32)$$

where

$x_{\text{TAN}}$	fraction of nitrogen excreted as TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excr, TAN}}$	amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr}}$	amount of total nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

Note that the new dairy cow model introduced in the inventory 2010 for 2008 takes into account nitrogen losses by skin and hair. These losses are added to the entity  $m_{\text{excr, org}}$ .

Anmerkung: Ab dem Inventar 2010 für 2008 wird bei Milchkühen auch der mit Hautpartikeln und Haaren abgegebene Stickstoff berücksichtigt. Er wird der Größe  $m_{\text{excr, org}}$  hinzugerechnet.

*Step 3* is to calculate the amount of the annual N excreted that is deposited in the animal house, in yards and during grazing, based on the total annual excretion and the fractions of excreta deposited in these locations ( $x_{\text{house}}$ ,  $x_{\text{yards}}$  and  $x_{\text{graz}}$ , respectively). These proportions depend on the fraction of the year the animals spend grazing, in yards and in the animal housing, and on animal behaviour.

*Schritt 3* umfasst die Berechnung derjenigen Mengen, die im Stall, auf befestigten Flächen oder während des Weidegangs ausgeschieden werden. Hierzu werden die Gesamtausscheidungen mit Anteilen  $x_{\text{house}}$ ,  $x_{\text{yards}}$  bzw.  $x_{\text{graz}}$  multipliziert. Diese Anteile hängen davon ab, welche Zeitanteile die Tiere auf der Weide, den befestigten Flächen und im Stall verbrachten. Der Faktor ist verhaltensabhängig.

$$m_{\text{graz}} = x_{\text{graz}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.33)$$

$$m_{\text{yard}} = x_{\text{yard}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.34)$$

$$m_{\text{house}} = x_{\text{house}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.35)$$

where

$m_{\text{graz}}$	amount of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{graz}}$	share of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr}}$	amount of total nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{yard}}$	amount of nitrogen excreted in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{yard}}$	share of nitrogen excreted in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{house}}$	amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{house}}$	share of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

*Step 4* is to use the proportion of the N excreted that is in the TAN to calculate the amount of N readily convertible to ammonia and organic N deposited during grazing, in yards and in the animal house.

*Schritt 4* berechnet mit dem TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen den Gehalt an rasch in Ammoniak umwandelbaren Stickstoff und organischem N, die auf der Weide, den befestigten Flächen und im Stall abgesetzt werden.



$$m_{\text{graz, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{graz}} \quad (3.36)$$

$$m_{\text{graz, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{graz}} \quad (3.37)$$

$$m_{\text{yard, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{yard}} \quad (3.38)$$

$$m_{\text{yard, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{yard}} \quad (3.39)$$

$$m_{\text{house, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{house}} \quad (3.40)$$

$$m_{\text{house, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{house}} \quad (3.41)$$

where

$m_{\text{graz, org}}$	amount of organic nitrogen excreted by faeces on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{TAN}}$	fraction of nitrogen excreted as TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{graz}}$	amount of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
etc.	

*Step 5* is to calculate the NH<sub>3</sub> losses from the animal house,  $E_{\text{house}}$ , by multiplying the amount of TAN  $m_{\text{TAN, house}}$  with the emission factor  $EF_{\text{house}}$ :

*Schritt 5* berechnet die NH<sub>3</sub>-Verluste aus dem Stall,  $E_{\text{house}}$ , durch Multiplikation der TAN-Menge mit dem Emissionsfaktor für den Stall  $EF_{\text{house}}$ :

$$E_{\text{house}} = m_{\text{TAN, house}} \cdot EF_{\text{house}} \quad (3.42)$$

where

$E_{\text{house}}$	ammonia emission from the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{TAN, house}}$	amount of TAN excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{house}}$	ammonia emission factor for housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

This procedure may include a reduction factor or function to assess the amount of NH<sub>3</sub> bound in a scrubber system used to remove NH<sub>3</sub> from ventilated air, etc. The NH<sub>3</sub> emission from the house may then be less than the amount of NH<sub>3</sub> released in the house.

Dieser Emissionsfaktor kann einen Minde-  
 rungsfaktor bzw. eine –funktion für technische Maß-  
 nahmen enthalten, z. B. ein Abluftreinigungssystem.  
 Die NH<sub>3</sub>-Freisetzung aus dem Stall kann dann gerin-  
 ger als die NH<sub>3</sub>-Freisetzung im Stall sein.

*Step 6:* For housing systems with bedding the bed-  
 ding material is dealt with as straw and considered  
 part of the nitrogen budget. (For the properties of  
 straw see Chapter 3.6.)

In *Schritt 6:* Bei Haltungssystemen mit Einstreu  
 wird die Einstreu als Stroh angesehen und in der N-  
 Bilanz berücksichtigt. (Zu den Eigenschaften von  
 Stroh siehe Kapitel 3.6.).

The amount of N contained in the bedding material  
 ( $m_{\text{bedding}}$ ) is considered N<sub>org</sub> in straw.

Die in der Einstreu enthaltene N-Menge ( $m_{\text{bedding}}$ )  
 wird zunächst als N<sub>org</sub> in Stroh berücksichtigt.

$$m_{\text{straw, org}}^* = m_{\text{bedding}} \quad (3.43)$$

where

$m_{\text{straw, org}}^*$	amount of organic nitrogen in straw used as bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{bedding}}$	amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

It is assumed that a certain fraction of the organic  
 N in straw mineralizes to TAN (for the fraction  $x_{\text{min}}$   
 see Chapter 3.6):

Es wird eine Mineralisierung von organischem  
 Stroh-N zu TAN angenommen (zur Mineralisierungs-  
 rate  $x_{\text{min}}$  siehe Kapitel 3.6):

$$m_{\text{straw, org}} = m_{\text{straw, org}}^* \cdot (1 - x_{\text{min, straw}}) \quad (3.44)$$

$$m_{\text{straw, TAN}} = m_{\text{straw, org}}^* \cdot x_{\text{min, straw}} \quad (3.45)$$

where

$m_{\text{straw, org}}$	amount of organic nitrogen in straw used as bedding material, after mineralisation (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{straw, org}}^*$	amount of organic nitrogen in straw used as bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{straw, TAN}}$	amount of TAN originating from straw used as bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{min, straw}}$	rate of mineralisation for straw used as bedding material (in kg kg <sup>-1</sup> )

*Step 7:* The N excretions dropped in the house and in the yards are reduced by the amount of N emissions and then transferred to the storage. This is done according to the fractions of slurry-based and solid manure systems, which, for sake of simplicity, is not demonstrated here. Each storage systems is described as if it takes all the N input from housing and yards.

For *untreated slurry*, it is assumed that 10 % of the TAN entering storage is converted to N<sub>org</sub>, while 10% of the N<sub>org</sub> entering storage is converted to TAN.

*Schritt 7:* Die N-Mengen aus dem Stall und von den befestigten Flächen gelangen, nach Abzug der dort emittierten N-Mengen, getrennt nach Flüssigmist- und Festmistsystemen in die entsprechenden Lagersysteme. Der Einfachheit halber werden im Folgenden die beiden verschiedenen Systeme so beschrieben, als wenn sie allein auftreten würden.

Für *unbehandelte Gülle* wird angenommen, dass von den in das Lager gelangenden TAN- und N<sub>org</sub>-Fraktionen je 10 % in die jeweils andere Fraktion umgewandelt werden.

$$m_{\text{storage, org}} = (m_{\text{house, org}} + m_{\text{yard, org}}) \cdot (1 - 0.1) + [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot 0.1 \quad (3.46)$$

$$m_{\text{storage, TAN}} = [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot (1 - 0.1) + (m_{\text{house, org}} + m_{\text{yard, org}}) \cdot 0.1 \quad (3.47)$$

where

$m_{\text{storage, org}}$	the amount of organic N entering storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{house, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{yard, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{house, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{house}}$	the amount of N emitted during housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$M_{\text{yard, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{yard}}$	the amount of N emitted from the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{storage, TAN}}$	amount of TAN in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

For *FYM storage* it is assumed that a certain fraction of the amount of TAN entering storage is immobilised to N<sub>org</sub>. The immobilisation rate  $x_{\text{imm}}$  is 40 % (see Chapter 3.5.2.2.4).

Additionally, the N amount contributed by bedding material (i. e. straw) has to be taken into account.

Für das *Festmistlager* wird davon ausgegangen, dass ein Teil der in das Lager gelangenden TAN-Menge zu N<sub>org</sub> immobilisiert wird. Die Immobilisierungsrate  $x_{\text{imm}}$  beträgt 40 % (siehe Kapitel 3.5.2.2.4).

Zusätzlich sind noch die N-Beiträge aus der als Stroh angenommenen Einstreu zu berücksichtigen.

$$m_{\text{storage, org}} = m_{\text{house, org}} + m_{\text{yard, org}} + [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot x_{\text{imm}} + m_{\text{straw, org}} \quad (3.48)$$

$$m_{\text{storage, TAN}} = [(m_{\text{house, TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard, TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot (1 - x_{\text{imm}}) + m_{\text{straw, TAN}} \quad (3.49)$$

where

$m_{\text{storage, org}}$	amount of organic nitrogen in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{house, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{yard, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{house, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{house}}$	the amount of N emitted during housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$M_{\text{yard, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{\text{yard}}$	the amount of N emitted from the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{imm}}$	rate of immobilisation (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{storage, TAN}}$	amount of TAN in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

*Step 8* is to calculate the emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  (using the respective emission factors):

*Schritt 8* berechnet mit entsprechenden Emissionsfaktoren die Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$ :

$$\begin{aligned} E_{\text{storage}} &= E_{\text{storage, NH}_3} + E_{\text{storage, N}_2\text{O}} + E_{\text{storage, NO}} + E_{\text{storage, N}_2} \\ &= m_{\text{storage, TAN}} \cdot (EF_{\text{storage, NH}_3} + EF_{\text{storage, N}_2\text{O}} + EF_{\text{storage, NO}} + EF_{\text{storage, N}_2}) \end{aligned} \quad (3.50)$$

where

$E_{\text{storage}}$	N emissions from storage (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{storage, NH}_3}$	$\text{NH}_3$ emissions from storage (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
etc.	
$m_{\text{storage, TAN}}$	modified amount of TAN passed to the storage (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$EF_{\text{storage, NH}_3}$	$\text{NH}_3$ emission factor for storage (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
etc.	

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$  are taken from IPCC guidance documents (IPCC(2006)-10.62ff). They are related to the total N excreted ( $m_{\text{excr}}$ ).

In practice, the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions are calculated as suggested within IPCC(2006)-10.53 and then subtracted as  $E_{\text{storage, N}_2\text{O}}$  from  $m_{\text{storage, TAN}}$ . This procedure applies separately to the various storage types, which requires to attribute fractions of  $m_{\text{storage, org}}$  and  $m_{\text{storage, TAN}}$  to the various storage systems according to their respective frequency.

Die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktoren werden aus den IPCC-Richtlinien übernommen (IPCC(2006)-10.62ff). Sie beziehen sich auf ausgeschiedenes Gesamt-N ( $m_{\text{excr}}$ ).

In der Praxis berechnet man die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission nach IPCC(2006)-10.53 und subtrahiert sie als  $E_{\text{storage, N}_2\text{O}}$  von  $m_{\text{storage, TAN}}$ . Dies muss für die unterschiedlichen Lagerverfahren getrennt vorgenommen werden, wozu  $m_{\text{storage, org}}$  und  $m_{\text{storage, TAN}}$  entsprechend der relativen Häufigkeit der Lagerverfahren auf diese aufgeteilt werden.

The  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emission factors are derived from the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor according to Jarvis and Paine (1994). The  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emission factors are related to the total N excreted ( $m_{\text{excr}}$ ). (Note that the subsequent relation has been misinterpreted in EMEP(2009)-4B-27, Table 3-9):

Die  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktoren sind nach Jarvis und Paine (1994) von den  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktoren abgeleitet und beziehen sich auf ausgeschiedenes Gesamt-N ( $m_{\text{excr}}$ ) (Anmerkung: Der nachfolgende Zusammenhang wurde in EMEP(2009)-4B-27, Table 3-9, fehlinterpretiert):

$$EF_{\text{storage, N}_2\text{O}} = 10 EF_{\text{storage, NO}} = \frac{1}{3} \cdot EF_{\text{storage, N}_2} \quad (3.51)$$

where

$EF_{\text{storage, N}_2\text{O}}$	$\text{N}_2\text{O}$ emission factor for storage (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
etc.	

However, it may happen that the sum of the emission factors in Equation (3.52) exceeds 1. All TAN is then consumed during storage and all emission factors have to be reduced linearly (as shown for  $EF_{\text{NH}_3, \text{storage}}$ \* etc.) to satisfy the constraint that the sum of emission factors must not exceed 1:

Dabei kann es geschehen, dass die Summe der Emissionsfaktoren in Gleichung (3.52) den Wert 1 überschreitet. Mehr TAN als im Lager vorhanden kann aber nicht „aufgebraucht“ werden. Daher müssen die Emissionsfaktoren linear reduziert werden, wie nachstehend am Beispiel von  $EF_{\text{NH}_3, \text{storage}}$ \* gezeigt:

$$\begin{aligned} \text{if } EF_{\text{storage, NH}_3} + EF_{\text{storage, N}_2\text{O}} + EF_{\text{storage, NO}} + EF_{\text{storage, N}_2} &> 1 \\ \text{then } EF_{\text{storage, NH}_3}^* &= \frac{EF_{\text{storage, NH}_3}}{EF_{\text{storage, NH}_3} + EF_{\text{storage, N}_2\text{O}} + EF_{\text{storage, NO}} + EF_{\text{storage, N}_2}} \end{aligned} \quad (3.52)$$

where

$EF_{\text{storage, NH}_3}$	$\text{NH}_3$ emission factor for storage (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
etc.	
$EF_{\text{storage, NH}_3}^*$	corrected $\text{NH}_3$ emission factor for storage (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )

*Step 9* is to calculate  $N_{org}$  and TAN that is applied to the field, remembering to subtract the emissions of  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO and  $N_2$  from the storage:

$$m_{applic, org} = m_{storage, org} \quad (3.53)$$

$$m_{applic, TAN} = m_{storage, TAN} - E_{storage} \quad (3.54)$$

where

$m_{applic, org}$	amount of organic nitrogen passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{applic, TAN}$	amount of TAN passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{storage}$	total N emissions ( $NH_3$ , $N_2O$ , NO and $N_2$ ) from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

*Step 10* is to add up all nitrogen leaving the various storage systems and redistribute it to the different types of spreading according to the respective frequencies. The emission of  $NH_3$  during and immediately after field application is calculated as follows (for the emissionfactor see animal descriptions in Chapters 4 ff):

$$E_{applic, NH_3} = m_{applic, TAN} \cdot EF_{applic, NH_3} \quad (3.55)$$

where

$E_{applic, NH_3}$	$NH_3$ -N emissions from application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{applic, TAN}$	amount of TAN passed to the application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{applic, NH_3}$	$NH_3$ -N emission factor for application (in kg kg <sup>-1</sup> )

*Step 11* is to calculate the amount of N returned to soil. The amount of N excreted on pasture is to be taken into account.

(The data used in the subsequent equation are needed for the calculation of emissions from soil, see Chapters 10.2, 11.2, 11.5.)

*Schritt 9* ermittelt unter Berücksichtigung von  $NH_3$ -,  $N_2O$ -, NO- und  $N_2$ -Emissionen aus dem Lager die zur Ausbringung gelangenden  $N_{org}$  und TAN-Mengen.

*Schritt 10* fasst die aus den Lagersystemen zur Ausbringung kommenden N-Mengen zusammen und verteilt sie nach den gegebenen Häufigkeiten auf die verfügbaren Ausbringungstechniken. Die  $NH_3$ -Emissionen, die sich unmittelbar aus der Ausbringung ergeben, werden dann wie folgt berechnet (zum Emissionsfaktor siehe Tierbeschreibungen ab Kapitel 4):

Im *Schritt 11* schließlich wird unter Berücksichtigung der auf der Weide ausgeschiedenen N-Menge die in den Boden gelangende N-Menge berechnet.

(Die in die nachfolgende Gleichung eingehenden Daten werden zur Berechnung von Emissionen aus dem Boden benötigt, siehe Kapitel 10.2, 11.2, 11.5.)

$$m_{returned} = m_{applic, org} + (m_{applic, TAN} - E_{applic, NH_3}) + m_{graz} \quad (3.56)$$

where

$m_{returned}$	total amount of nitrogen returned to soil (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{applic, org}$	amount of organic nitrogen passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{applic, TAN}$	amount of TAN passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$E_{applic, NH_3}$	$NH_3$ -N emissions from application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{graz}$	amount of nitrogen excreted during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

### 3.5.2.2.4 TAN and $N_{org}$ : Data used in the inventory / TAN und $N_{org}$ : Im Inventar verwendete Daten

According to expert judgement EAGER<sup>12</sup> it is assumed that 40 % of TAN in solid manure will be immobilized, if enough bedding material is available (which, for the inventory, is assumed to be the case). This immobilisation rate is in accordance with Kirchmann and Witter (1989) (cf also Webb and Misselbrook, 2004).

Nach Expertenurteil EAGER<sup>12</sup> wird für Festmist angenommen, dass 40 % des TAN immobilisiert werden, sofern ausreichend Einstreu vorhanden ist (was im Inventar als gegeben vorausgesetzt wird). Diese Immobilisierungsrate stimmt mit Kirchmann und Witter (1989) überein (vgl. auch Webb und Misselbrook, 2004).

<sup>12</sup> EAGER – European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network. <http://www.eager.ch/index.htm>.

For the inventory it is assumed that in solid systems the N stored as *leachate* (“*Jauche*”) is 25 % of the total N stored. The TAN content of *leachate* is assumed to be 90 %.

For *untreated slurry*, it is assumed that 10 % of the TAN entering storage is converted to  $N_{org}$ , while 10 % of the  $N_{org}$  entering storage is converted to TAN.

During *slurry separation*, 10 % of TAN and 90 % of the organic fraction are assumed to be in the solid separate. During *slurry fermentation* 10 % of the  $N_{org}$  are assumed to be converted to TAN.

Das Inventar geht davon aus, dass in Festmistsystemen 25 % des im Lager anfallenden N als Jauche-N gelagert wird. Der TAN-Gehalt der Jauche wird mit 90 % angenommen.

Für *unbehandelte Gülle* wird angenommen, dass von den in das Lager gelangenden TAN- und  $N_{org}$ -Fraktionen je 10 % in die jeweils andere Fraktion umgewandelt werden.

Bei der *Gülettrennung* wurde angenommen, dass bei der Separierung 10 % des TAN und 90 % des org. N in den Feststoff gelangen. Bei der Vergärung werden 10 % des  $N_{org}$  in TAN umgewandelt.

### 3.5.3 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts input into the system depend on animal categories and housing systems and will be listed in the subsequent chapters. For the properties of straw see Chapter 3.6.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die damit in das System eingetragenen N-Mengen hängen von Tierart und Haltungsform ab und werden in den nachfolgenden Kapiteln angegeben. Für die Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

### 3.5.4 *N mass flow model for birds / N-Massenfluss-Modell für Vögel*

Birds excrete N in the form of undigested organic N and in uric acid (uric acid nitrogen, UAN). The latter is hydrolysed to form ammonium carbonate (see Dämmgen and Erisman, 2005). Thus, three fractions of N have to be traced, as shown in Figure 3.5.

Vögel scheiden N in Form von unverdaulichem organischen N und in Form von Harnsäure aus (uric acid nitrogen, UAN). Letztere hydrolysiert zu Ammoniumcarbonat (vgl. Dämmgen und Erisman, 2005). Es müssen also drei N Fraktionen im Massenfluss berücksichtigt werden. Figure 3.5 veranschaulicht dies.

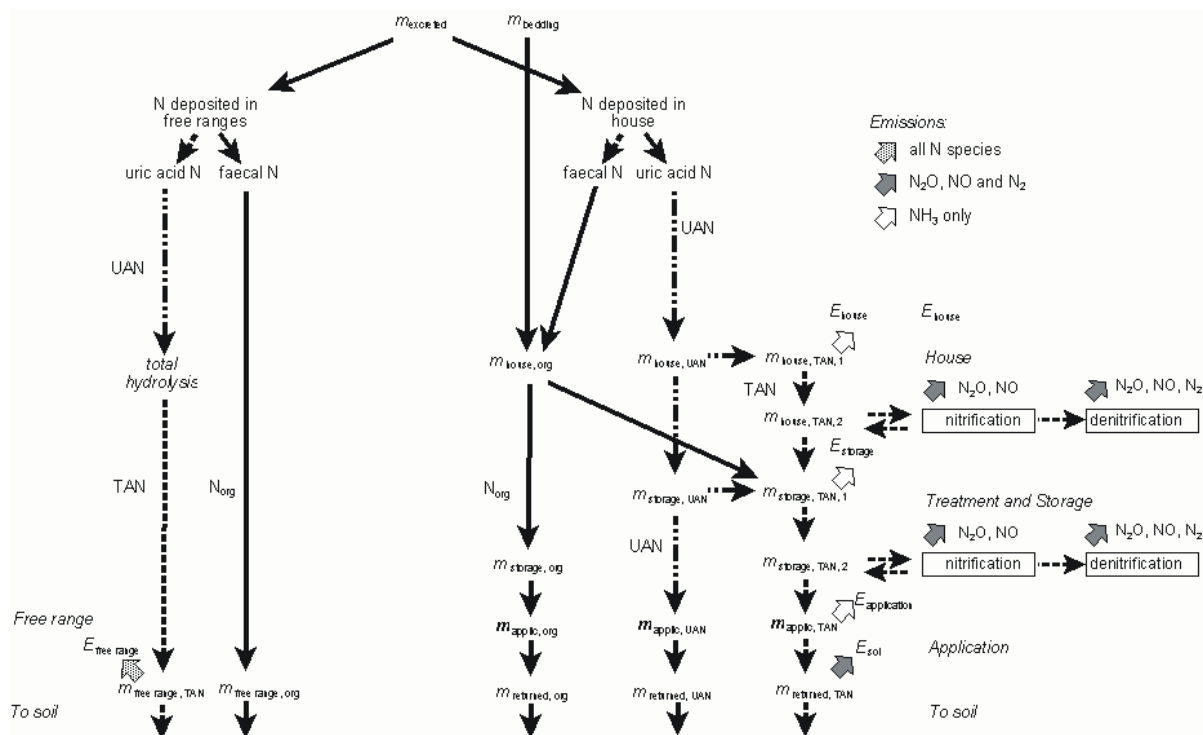


Figure 3.5: N flows in an animal subcategory. Birds

$m$ : mass from which emissions may occur. Narrow broken arrows: TAN; narrow broken and dotted line: UAN; narrow continuous arrows: organic N. The horizontal arrows denote the process of immobilisation in systems with bedding occurring in the house, and the process of mineralisation during storage, which occurs in any case. Broad hatched arrows denote emissions assigned to manure management:  $E_{\text{yard}}$   $\text{NH}_3$  emissions from yards;  $E_{\text{house}}$   $\text{NH}_3$  emissions from house;  $E_{\text{storage}}$   $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  emissions from storage;  $E_{\text{applic}}$   $\text{NH}_3$  emissions during and after spreading. Broad open arrows mark emissions from soils:  $E_{\text{graz}}$   $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  emissions during and after grazing;  $E_{\text{returned}}$   $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  emissions from soil resulting from manure input. For further information see text.

At present, a similar treatment of TAN as proposed for mammals is impossible for birds, as the hydrolysis of uric acid producing ammonium carbonate occurs outside the birds' bodies. In particular, it is difficult to model the influence of humidity on this process.

Hence, emission inventories still make use of mean potential TAN contents for their calculations which means that also the UAN excreted in the housing is completely considered to be TAN.

Anders als bei Säugetieren ist eine Behandlung von TAN-Ausscheidungen von Vögeln derzeit unmöglich, da der Prozess der Hydrolyse der Harnsäure zu Ammoniumcarbonat außerhalb des Körpers stattfindet, wobei der Einfluss von Feuchte schwierig zu modellieren ist.

In Emissionsinventaren wird deshalb noch mit mittleren scheinbaren TAN-Gehalten gerechnet, d.h. auch das im Stall ausgeschiedene UAN wird vollständig als TAN betrachtet.

### 3.6 Bedded systems: straw properties / Eingestreute Systeme: Eigenschaften von Stroh

For straw based systems nitrogen and carbon inputs with straw are taken into account. The amounts input into the system depend on animal categories and housing systems (s. Chapter 4 and subsequent chapters).

For the emissions calculations, bedding is considered only for those animals that are not on pasture throughout the day.

Calculations for bedded housing systems are based on a mean dry matter content of  $0.86 \text{ kg kg}^{-1}$  (Faust-

Für Systeme mit Einstreu wird der Eintrag von Stickstoff und Kohlenstoff mit dem Stroh berücksichtigt. Die in das System eingetragenen Mengen hängen von Tierart und Haltungssystem ab (s. ab Kapitel 4).

Bei der Emissionsberechnung wird Einstreu nur für diejenigen Tiere berücksichtigt, die nicht ganztägig auf der Weide stehen.

Bei Berechnungen für eingestreute Haltungssysteme wird von einer mittleren Trockenmasse von  $0,86$

zahlen, KTBL, 2009, p. 213) and a mean N content of 0.005 kg kg<sup>-1</sup> (Faustzahlen, KTBL, 2009, pg. 991: 0.42 % to 0.55 % of dry matter mass).

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % mineralize to TAN (see Table 3.1).

The ash content is 5 % of dry matter mass (KTBL, 2009, p. 991).

Experiments lead to the conclusion that the methane producing potential of straw  $B_{o, \text{straw}}$  is of the same order of magnitude as for manure management of dairy cows, i.e. 0.245 m<sup>3</sup> (kg DM)<sup>-1</sup> (B. Amon, private communication, and Amon et al., 2005).

kg kg<sup>-1</sup> (Faustzahlen, KTBL, 2009, S. 213) und einem mittleren N-Gehalt von 0,005 kg kg<sup>-1</sup> ausgegangen (Faustzahlen, KTBL, 2009, S. 991: 0,42 % bis 0,55 % der Trockenmasse).

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % zu TAN mineralisieren (siehe Table 3.1).

Der Aschegehalt beträgt 5 % der Trockenmasse (KTBL, 2009, S. 991).

Experimente lassen darauf schließen, dass das Methan-Bildungspotential von Stroh  $B_{o, \text{straw}}$  bei 0,245 m<sup>3</sup> (kg TS)<sup>-1</sup> liegt, womit es von gleicher Größe wie für Wirtschaftsdünger bei Milchkühen ist (B. Amon, Privat-mitteilung, und Amon et al., 2005).

Table 3.1: Straw properties in animal husbandry

dry matter content (DM)	0.86	kg kg <sup>-1</sup>
N content (DM)	0.005	kg kg <sup>-1</sup> N
of which TAN	50	%
mean ash content of cereal straw dry matter	0.05	kg kg <sup>-1</sup>

Source: KTBL (2009), p. 213, p. 991

### 3.7 Emissions of particulate matter from animal husbandry / Partikel-Emissionen aus der Tierhaltung

EMEP(2009)-4B-25 provides the following Tier 2 methodology to assess the emissions of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> from animal housing (note that the PM emission equation in EMEP(2009)-4B-25 is obviously mistyped: The term  $(1-x_{\text{solid},i})$  must read  $(1-x_{\text{slurry},i})$ ):

Zur Berechnung der Emissionen von PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> aus der Stallhaltung wird das in EMEP(2009)-4B-25 angegebene Stufe-2- Verfahren verwendet (wobei die Gleichung in EMEP offensichtlich fehlerhaft ist: statt  $(1-x_{\text{solid},i})$  muss es  $(1-x_{\text{slurry},i})$  heißen):

$$E_{\text{PM},i} = n_i \cdot x_{\text{house},i} \cdot \beta \cdot [x_{\text{slurry},i} \cdot EF_{\text{slurry},i} + (1 - x_{\text{slurry},i}) \cdot EF_{\text{solid},i}] \quad (3.57)$$

where  $E_{\text{PM},i}$  PM<sub>10</sub> or PM<sub>2.5</sub> emission for animal category i (in Gg a<sup>-1</sup>)  
 $n_i$  number of animal places for animal category i (in pl)  
 $x_{\text{house},i}$  share of time the animals spend in the house (in a a<sup>-1</sup>)  
 $\beta$  mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$  Gg kg<sup>-1</sup>)  
 $x_{\text{slurry},i}$  share of population kept in slurry based systems (in pl pl<sup>-1</sup>)  
 $EF_{\text{slurry},i}$  emission factor for slurry based system (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $EF_{\text{solid},i}$  emission factor for solid manure based system (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

For grazing periods, particle emissions are considered to be negligible (EMEP (2007)-B1100-4).

The procedure described in EMEP(2009)-4B-25 provides only a first estimate of particulate matter from animal husbandry, see EMEP(2009)-4B-30.

EMEP(2009)-4B-66 ff estimates the range of uncertainty of the emission factors (95 % confidence interval) by a factor of 3. Hence, the difference between the upper boundary of the 95 % confidence interval and the mean emission factor is 200 % of the mean emission factor. This implies a standard error of the emission factor of 100 %. The distribution is asymmetric (lognormal distribution).

Für Weidezeiten werden die Partikelemissionen als vernachlässigbar angesehen (EMEP (2007)-B1100-4).

Das in EMEP(2009)-4B-25 angegebene Verfahren kann lediglich als ein erster Ansatz zur Schätzung von Staub-Emissionen aus der Tierhaltung gelten, siehe EMEP(2009)-4B-30.

EMEP(2009)-4B-66 ff schätzt die Unsicherheit (95 %-Konfidenzintervall) der Emissionsfaktoren mit Faktor 3 ab. Demzufolge liegen zwischen dem mittleren Emissionsfaktor und der Obergrenze des 95 %-Konfidenzintervalles 200 % des mittleren Emissionsfaktors. Der Standardfehler beträgt demnach 100 % des mittleren Emissionsfaktors. Es liegt eine asymmetrischen Verteilung vor (Lognormal-Verteilung).

The uncertainty of the emission factor exceeds by far the uncertainties of the other input data for the PM emission calculations. This is why the uncertainty of the resulting PM emissions is likely to be of the same order of magnitude as the uncertainty of the emission factor.

### 3.8 Projections / Projektionen

Since the inventory submitted in 2009 for 2007 (Submission 2009, Dämmgen et al., 2009a), projections have been estimated. Predictions are limited to the years 2010 and 2020. A separate prediction for 2015 is not made.

Including the Submission 2010 (Haenel et al., 2010), the projection calculations were based on predictions made in the Institute of Rural Affairs of vTI (Osterburg and Dämmgen, 2009).

For the current submission (Submission 2011) it is assumed for the projection 2010 that there are no differences in the agricultural techniques between the last year of the calculated time series (2009) and the projection year 2010. Hence, for animal husbandry, the 2009 emission results have been adopted for the projection year 2010. As to the 2010 projection of emissions from agricultural soils, the same procedure was applied except for the application of mineral fertilizers as updated input fertilizer data are already available to be used in the calculation of emissions from mineral fertilizers for the projection year 2010.

The emission calculations for the projection 2020 in the current submission are based on a data set slightly different from that presented in (Osterburg and Dämmgen, 2009) and agreed upon by the Federal Ministry of Agriculture, see Table 3.2 to Table 3.4.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors ist erheblich größer als die Unsicherheiten der übrigen in die PM-Emissionsberechnung eingehenden Größen, weshalb die Unsicherheit der PM-Emissionen in der gleichen Größenordnung zu erwarten sind wie die Unsicherheit des Emissionsfaktors.

Seit der Berichterstattung 2009 (Submission 2009, Dämmgen et al., 2009a) werden auch Projektionen berechnet. Sie beschränken sich auf die beiden Jahre 2010 und 2020. Eine gesonderte Berechnung für 2015 erfolgt nicht.

Die Projektionsberechnungen basierten bis zur Submission 2010 (Haenel et al., 2010) auf Annahmen, die vom Institut für ländliche Räume des vTI erstellt wurden (Osterburg und Dämmgen, 2009).

In der aktuellen Submission 2011 wird für die Projektion 2010 davon ausgegangen, dass zwischen dem letzten Jahr der berechneten Zeitreihe (2009) und dem Projektionsjahr 2010 plausiblerweise keine Unterschiede in den landwirtschaftlichen Techniken zu erwarten sind. Daher werden für 2010 die Emissionsergebnisse aus der Tierhaltung von 2009 übernommen. Bei der Projektion für Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden wird analog verfahren, wobei aber die Anwendung von Mineraldünger ausgenommen ist, da hierfür bereits aktuelle Eingangsdaten vorliegen, die in der Emissionsberechnung für das Projektionsjahr 2010 berücksichtigt werden.

Die Berechnungen für die Projektion 2020 in der aktuellen Berichterstattung basiert auf einem mit dem BMELV neu abgestimmten Eingangsdatensatz (siehe Table 3.2 bis Table 3.4), der sich geringfügig von dem in Osterburg and Dämmgen (2009) vorgestellten Datensatz unterscheidet.

Table 3.2: Animal numbers projected for 2020  
(changes from submission 2010 to submission 2011 in italics)

	2020		comments on changes from Submission 2010 to Submission 2011
	Subm. 2010 <sup>1</sup> % of 1990	Subm. 2011 <sup>2</sup> % of 1990	
dairy cows	57	59	annulment of the milk quota
suckler cows	200	200	
male beef cattle	38	44	population decreases proportionally to dairy cow population
heifers	54	57	population decreases proportionally to dairy cow population
calves up to 6 month	63	59	population decreases proportionally to dairy cow population
sows	75	75	
fattening pigs	82	82	
laying hens	50	50	
pullets	50	50	
broilers	200	200	
other poultry	300	300	
sheep	50	50	
horses	190	190	

<sup>1</sup> Osterburg and Dämmgen (2009)

<sup>2</sup> Personal communication B. Osterburg, von Thunen Institute, Institute of Rural Studies (August 2010)



Table 3.3: Housing and grazing systems (national means, weighted with animal numbers)  
(Döhler et al. 2002, Tab. 4.4, modified)  
*(italics: marginal revision: correction of rounding errors)*

				2020	
				Subm. 2010 <sup>1</sup>	Subm. 2011 <sup>2</sup>
dairy cattle	housing	tied systems, solid storage	%	8	8
		tied systems, slurry	%	17	17
		cubicles, solid storage	%	5	5
		cubicles, slurry	%	70	70
		sloped floor, solid storage	%	0	0
	grazing	animals kept indoors only	%	76	76
		animals kept outdoors part of day	%	2	2
		animals kept outdoors all day	%	22	22
		mean duration of grazing period	d a <sup>-1</sup>	120	120
	feeding	ratio grass DM / roughage DM	%	77	77
male beef cattle	housing	tied systems, solid storage	%	1	1
		tied systems, slurry	%	0	0
		loose housing, fully slatted floor, slurry	%	94	<b>95</b>
		loose housing, sloped floor, solid storage	%	3	3
		loose housing, deep litter, solid storage	%	1	1
suckler cows	housing	loose housing, slurry	%	5	5
		loose housing, solid storage	%	86	86
		tied systems, slurry	%	2	2
		tied systems, solid storage	%	7	7
	grazing	mean duration of grazing period	d a <sup>-1</sup>	207	207
heifers	housing	tied systems, solid storage	%	17	17
		tied systems, slurry	%	8	8
		loose housing, grooved floor, slurry	%	49	49
		loose housing, deep litter, solid storage	%	26	26
	grazing	mean duration of grazing period	d a <sup>-1</sup>	171	171
fattening pigs	closed	fully slatted floor, slurry	%	81	<b>82</b>
	insulated	partly slatted floor (40/60), slurry	%	14	14
	housing	deep litter, solid storage	%	1	1
		litter based, solid storage	%	3	3
	free ventila- ted housing	kennel housing, solid storage	%	0	0
	feeding	multi-phase feeding system	%	87	87
sows	housing	solid storage	%	17	17
		slurry	%	83	83
laying hens	housing	cages with dung pit	%	0	0
		cages with dungbelt, without drying	%	0	0
		cages with dungbelt, with drying	%	0	0
		free range / deep litter house	%	100	100

<sup>1</sup> Osterburg and Dämmgen (2009)

<sup>2</sup> Personal communication B. Osterburg, von Thunen Institute, Institute of Rural Studies (August 2010)

Table 3.4: Storage and spreading of slurry (national means, weighted with of animal manure amounts)  
(Döhler et al. 2002, Tab. 4.5, modified)

			2020			
			cattle slurry		pig slurry	
			Subm. 2010 <sup>1</sup>	Subm. 2011 <sup>2</sup>	Subm. 2010 <sup>1</sup>	Subm. 2011 <sup>2</sup>
storage						
duration	duration of slurry storage	month	7	7	8	8
technique	stored underneath slatted floor	%	29	29	35	35
	seperate subsurface tank	%	7	7	6	6
	open tank	%	0	0	21	21
	tank with natural crust	%	46	46	12	12
	tank with floating cover	%	2	2	2	2
	tank with plastic film	%	1	1	8	8
	tank with solid cover	%	15	15	16	16
landspreading						
technique	broad cast (splash plate)	%	64	50	45	30
	trailing hose	%	25	39	44	59
	bandspreader / trailing shoe	%	2	2	2	2
	slurry injection by slots	%	5	5	3	3
	slurry injection (ripper)	%	4	4	6	6
management	RAUMIS: application on bare soil	%	44	44	55	55
	without incorporation	%	2	0	2	0
	incorporation within 1 h	%	20	20	45	45
	incorporation within ... h	h	8	8	8	8

<sup>1</sup> Osterburg and Dämmgen (2009)<sup>2</sup> Personal communication B. Osterburg, von Thunen Institute, Institute of Rural Studies (August 2010)

In addition to the data provided by Table 3.2 to Table 3.4, the annual milk yield of dairy cows in 2020 was estimated as follows: The vTI baseline (Offermann et al., 2010), pg. 23, predicts a total German milkyield of 29.5 Tg for 2019. Based on the number of dairy cows predicted for 2020 (ca. 3.75 million animals), an average per-cow milk yield of 7867 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> would result. In the light of not exactly matching reference years (2019/2020), the calculated milk yield of 7867 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is rounded to 7900 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> to obtain an estimate of the milk yield for the projection 2020.

Ergänzend zu den Daten Table 3.2 bis Table 3.4 wurde für Milchkühe die jährliche Milchleistung für 2020 wie folgt geschätzt: Die vTI-Baseline (Offermann et al., 2010), S. 23, prognostiziert für Deutschland für 2019 eine Milchleistung von insgesamt rund 29,5 Tg. Mit Hilfe der für 2020 prognostizierten Anzahl an Milchkühen von rund 3,75 Mio ergäbe sich daraus eine Milchleistung von 7867 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. In Anbetracht der nicht exakt übereinstimmenden Bezugsjahre (2019/2020) wird dieser Wert für die endgültige Schätzung der Milchleistungs 2020 auf 7900 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> aufgerundet.

### 3.9 Data gaps and uncertainties / Datenlücken und Unsicherheiten

#### 3.9.1 Data gaps / Datenlücken

Procedures for data gap closure are described in specific subchapters from Chapter 4.3 onwards.

Die Behandlung von Datenlücken wird ab Kapitel 4.3 in den entsprechenden Unterkapiteln beschrieben.

#### 3.9.2 Uncertainties / Unsicherheiten

The description of uncertainties follows the guidance provided in IPCC (2000) "Quantifying Uncertainties in Practice" and "Quality Assurance and Qual-

Die Beschreibung der Unsicherheiten der Emissionsberechnungen orientiert sich an IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ und „Quality

ity Control” as well as EMEP (2004, gpg) “Good Practice Guidance for CLRTAP Emission Inventories”, also the “Anleitung zur Durchführung eines Expert Judgement (Expertenschätzung) zur Unsicherheitsbestimmung” (Umweltbundesamt, Qualitätssicherungs-System Emissionen, unpublished type-script).

The uncertainties of specific partial emission factors, their amounts (as a rule related to an emitting source) and their frequency distributions are described and discussed in the respective chapters dealing with animal husbandry and plant production.

In contrast to partial emission factors, implied emission factors (IEF) relate emissions to animal heads or areas. The derivation of uncertainties of national emission factors is described in Chapter 15.

Assurance and Quality Control“, und EMEP (2004, gpg) „Good Practice Guidance for CLRTAP Emission Inventories“ sowie an der „Anleitung zur Durchführung eines Expert Judgement (Expertenschätzung) zur Unsicherheitsbestimmung“ (Umweltbundesamt, Qualitätssicherungs-System Emissionen, unveröffentlichtes Typskript).

Angaben zu Unsicherheiten (Betrag und Verteilungstyp) von partiellen Emissionsfaktoren, die sich i. d. R. auf die Menge des emittierenden Stoffes beziehen, finden sich in den Kapiteln zur Tierhaltung und zum Boden/Pflanze-Bereich.

Im Gegensatz zu partiellen Emissionsfaktoren beschreiben effektive Emissionsfaktoren (IEF für „Implied Emission Factor“) eine Gesamtemission pro Tier oder pro Flächeneinheit. Auf die Unsicherheiten der nationalen IEF geht Kapitel 14 ein.

### 3.9.3 *Verification / Verifizierung*

The emission results calculated with the inventory model GAS-EM cannot be compared to other German emission results as such data sets are not available. Instead, for the relevant emission sources, international intercomparisons are made for the effective or implied emission factors (IEF) as well as the emission governing input data. These intercomparisons also include the IPCC default values of the respective entities. In the following, the intercomparisons are presented in specific sub-chapters.

Die mit dem Inventarmodell GAS-EM berechneten nationalen Emissionsergebnisse können nicht mit anderen Daten aus Deutschland verglichen werden, da solche Daten nicht vorliegen. Stattdessen wird für die relevanten Quellen ein Vergleich der effektiven Emissionsfaktoren (IEF) sowie anderer emissionsrelevanter Größen mit IPCC-Defaultwerten und entsprechenden Daten anderer Staaten durchgeführt. Hierauf wird im Folgenden in entsprechenden Unterkapiteln eingegangen.

## 4 Cattle / Rinder

### 4.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

Both CRF and NFR distinguish between dairy cows and „other cattle“.

Dairy cattle are a key source for methane and ammonia. Thus they are described in great detail. Methane emission from enteric fermentation of cattle other than dairy cows („other cattle“) is a key source with respect to both level and trend.

The detailed approach has to be applied. The category is to be disaggregated accordingly. For this purpose, the subcategories used in the German census have to be split and aggregated to serve this inventory. The splitting up and typical properties of the respective herds are listed in Table 4.1 below. For details see the subsequent chapters dealing with the different cattle categories used in the inventory.

Rinder werden nach CRF/NFR in Milchkühe und „übrige Rinder“ unterteilt.

Milchkühe sind eine Hauptquellgruppe für Methan und für Ammoniak. Sie werden möglichst detailliert beschrieben. Auch für die Gruppe der „übrigen Rinder“ ist die Methanemission aus der Verdauung und für Ammoniak eine Hauptquellgruppe, und zwar hinsichtlich der Menge und des Trends.

Das detaillierte Verfahren ist auch hier anzuwenden. Die Gruppe der „übrigen Rinder“ ist daher zu disaggregieren. Die Einteilung der „übrigen Rinder“ in der deutschen Tierzählung, deren Aufteilung und Aggregation zum Zwecke der Emissionsberechnung sowie typische Eigenschaften gehen aus Table 4.1 hervor. Zu Details siehe die nachfolgenden Kapitel zu den im Inventar verwendeten Rinder-Unterkategorien.

Table 4.1: Cattle, categorisation and characterisation

Animal subcategories according to German census			Animal subcategories used in this inventory			
type	descriptor		type	category	weight 1	weight 2
A <sup>1</sup>	Kälber unter einem Alter von 6 Monaten oder unter 220 kg LG	calves younger than 6 months or weighing less than 220 kg	ca	calves	38 kg an <sup>-1</sup>	100 kg an <sup>-1</sup>
			to bm and bf			
B <sup>1</sup>	Jungvieh ½ bis unter 1 Jahr alt, männlich (Fresser)	young male cattle 6 months to 1 year	bm	male beef (bulls)	100 kg an <sup>-1</sup>	w <sub>fin, bm</sub>
C <sup>1</sup>	Jungvieh ½ bis unter 1 Jahr alt, weiblich (Fresser)	young female cattle 6 months to 1 year	bf	female beef (heifers)	100 kg an <sup>-1</sup>	w <sub>fin, bf</sub>
D	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt, männlich (Bullen)	young male cattle 1 to 2 years	to bm			
E	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt weiblich zum Schlachten (Jungrinder)	young female cattle 1 to 2 years, for slaughtering	to bf			
F	Jungvieh 1 bis 2 Jahre weiblich, Nutz- und Zucht-tiere (Färsen)	young female cattle 1 to 2 years, for replacement	to bf			
G	Rinder 2 Jahre und älter, männlich	male cattle above 2 years	mm	mature males (bulls)	1000 kg an <sup>-1</sup>	
H	Rinder 2 Jahre und älter, weiblich, Schlachtfärsen	female cattle above 2 years, for slaughtering	to bf			
I	Rinder 2 Jahre und älter, weiblich, Nutz- und Zucht-färsen	female cattle above 2 years, for replacement	to bf			
J	Milchkühe	dairy cows	dc	dairy cows	w <sub>fin, bf</sub>	w <sub>fin, dc</sub>
K <sup>2</sup>	Ammen und Mutterkühe	suckler cows	sc	suckler cows	650 kg an <sup>-1</sup>	
L <sup>2</sup>	Schlacht- und Mastkühe	cows for fattening and slaughtering	to bf			

LG: Lebendgewicht (live weight); weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period; w<sub>start</sub>: variable start weight; w<sub>fin</sub>: variable final weight

<sup>1</sup> From 2009 on, the threshold between category A and the categories B and C is 8 months. For the inventory these data set is converted to a data set with a threshold of 6 months.

<sup>2</sup> From 2008 on, the categories K and L are counted as a total, which, for the inventory, is converted into the two separate categories K and L.

Table 4.1 illustrates that all animal subcategories for which weight gain is an important feature are included adequately with respect to their weights and age.

The animal numbers used and their derivation as well as the animal weights are explained in the respective subchapters of the subsequent animal category chapters.

Table 4.1 veranschaulicht, dass bei den Tierkategorien, bei denen die Gewichtszunahme eine Rolle spielt, alle Gewichtsbereiche und Lebensalter erfasst sind.

Die verwendeten Tierzahlen bzw. ihre Berechnung sowie die Tiergewichte werden in den entsprechenden Unterkapiteln der einzelnen Tierkategorien erläutert.

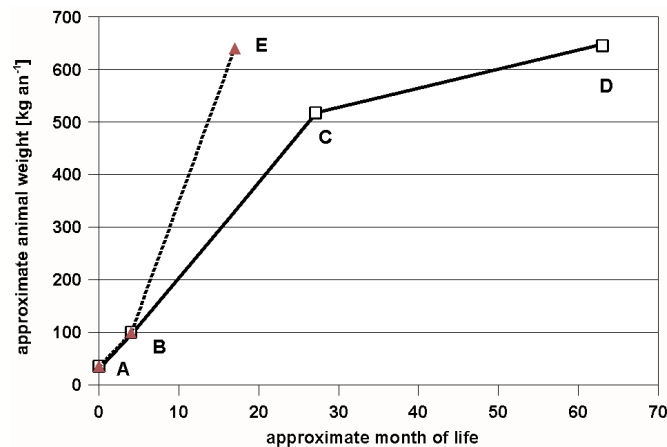


Figure 4.1: Cattle, scheme of animal weight development  
 A to B: calves. Start weight A and final weight B fixed by definition.  
 B to C: heifers. Weight C: slaughter weight.  
 C to D: dairy cattle. Weight D: slaughter weight of dairy cattle.  
 B to E: bulls (male beef cattle). Weight E: slaughter weight of bulls.

## 4.2 Data used for all cattle subcategories / Für alle Rinder-Unterkategorien gültige Daten

For the inventory it is assumed that in solid systems the N stored as *leachate* (“*Jauche*”) is 25 % of the total N stored. The TAN content of *leachate* is assumed to be 90 %.

Das Inventar geht davon aus, dass in Festmistsystemen 25 % des im Lager anfallenden N als Jauche-N gelagert wird. Der TAN-Gehalt der Jauche wird mit 90 % angenommen.

### 4.2.1 Bedded systems: straw properties / Eingestreute Systeme: Eigenschaften von Stroh

Calculations for bedded housing systems are based on the data in Chapter 3.5.3.

Bei Berechnungen für eingestreute Haltungssysteme wird Stroh wie in Kapitel 3.5.3 behandelt.

### 4.2.2 Emissions factors for storage / Emissionsfaktoren für die Lagerung

Partial emission factors “storage” for the N species to be considered are listed in Table 4.2 and Table 4.3. They are valid for all subcategories of cattle.

Partial NH<sub>3</sub> emission factors are based on data of Döhler et. al. (2002, pg. 62f). They were converted to TAN-related emission factors, see Dämmgen et. al. 2010a.

N<sub>2</sub>O emission factors are used as provided by IPCC(2006)-10.62ff. For NO and N<sub>2</sub> the emission

Partielle Emissionsfaktoren „Lagerung“ für die betrachteten N-Spezies und alle Rinder-Kategorien sind in Table 4.2 und Table 4.3 angegeben.

Die partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren beruhen auf Daten von Döhler et. al. (2002, S. 62f). Sie wurden von Dämmgen et. al. (2010a) in TAN bezogene Emissionsfaktoren umgerechnet.

Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O sind IPCC(2006)-10.62ff entnommen, für NO und N<sub>2</sub> werden sie aus

factors are derived from the N<sub>2</sub>O emission factors, see Chapter 3.5.2.2.3. The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

den N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren abgeleitet, siehe Kapitel 3.5.2.2.3. Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Table 4.2: Cattle, partial emission factors for NH<sub>3</sub> from storage (related to TAN)

untreated slurry	open tank	<i>reference</i>	0.15 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid cover (incl. tent structures)	<i>reduction</i>	90	%
	natural crust	<i>compared</i>	70	%
	floating cover chaff	<i>with</i>	80	%
	floating cover granules	<i>reference</i> <sup>b</sup>	85	%
	floating cover plastic film		85	%
	underneath slatted floor		0.045 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
leachate	solid cover		0.014 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
solid manure	heap		0.60 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N

<sup>a</sup> Source: see Dämmgen et al., 2010b

<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.14

Table 4.3: Cattle, partial emission factors for N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from storage (related to N<sub>excr</sub> + N<sub>straw</sub>)

N <sub>2</sub> O emissions	slurry with natural crust	0.005	kg kg <sup>-1</sup> N
	slurry without natural crust	0.000	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid storage	0.005	kg kg <sup>-1</sup> N
	deep bedding, no mixing	0.01	kg kg <sup>-1</sup> N
	underneath slatted floor	0.002	kg kg <sup>-1</sup> N
NO emissions	slurry with natural crust	0.0005	kg kg <sup>-1</sup> N
	slurry without natural crust	0.0000	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid storage	0.0005	kg kg <sup>-1</sup> N
	deep bedding, no mixing	0.001	kg kg <sup>-1</sup> N
	underneath slatted floor	0.0002	kg kg <sup>-1</sup> N
N <sub>2</sub> emissions	slurry with natural crust	0.015	kg kg <sup>-1</sup> N
	slurry without natural crust	0.0000	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid storage	0.015	kg kg <sup>-1</sup> N
	deep bedding, no mixing	0.03	kg kg <sup>-1</sup> N
	underneath slatted floor	0.006	kg kg <sup>-1</sup> N

Source: IPCC(2006)-10.62 ff; Jarvis and Pain (1994); for details see text.

In most cases, the inventory makes use of a detailed methodology to derive VS and N excretion rates. In the mass flow approach used in any case it is important to differentiate between the various housing and storage systems, as these have an effect on CH<sub>4</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, NO and N<sub>2</sub>O emissions.

However, the application of both NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emission factors designed for non-mass flow calculations and based on the knowledge available in 1996 to a mass flow system reveals that in many cases emissions exceed the size of the TAN pools.

When the mass flow methodology was established, partial emission factors for all N-species reflecting the state of knowledge were compiled.

For N<sub>2</sub>O, IPCC 2006 partial emission factors were taken into account, as they can be assigned to the storage systems used in Germany (see also Amon et al., 2001).

For cattle, these emission factors allow for a dif-

In den meisten Fällen verwendet das Inventar eine detaillierte Methode zur Ableitung von VS- und N-Ausscheidungsraten. Das Massenfluss-Verfahren wird in jedem Fall benutzt. Dabei ist es wichtig, zwischen den einzelnen Stall- und Lagersystemen zu unterscheiden, weil sich beide auf die CH<sub>4</sub>-, NMVOC-, NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>-, NO- und N<sub>2</sub>O-Emissionen auswirken.

Dabei stößt jedoch die Anwendung von Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O, die auf der Basis des Wissens von 1996 und nicht für Massenfluss-Berechnungen entwickelt worden waren, auf Widersprüche: Die Anwendung dieser Faktoren führt in etlichen Fällen dazu, dass die Summe der Emissionen die verfügbaren TAN-Vorräte überschreitet.

Mit der Entwicklung der Massenfluss-Methode wurden deshalb die Emissionsfaktoren für alle N-Spezies aktualisiert. Für N<sub>2</sub>O wurden hierbei die partiellen Emissionsfaktoren aus IPCC 2006 in Betracht gezogen, da sie die in Deutschland gebräuchlichen Lagertypen beschreiben (siehe auch Amon et al., 2001). Insbesondere erlauben sie in der Rinderhaltung

ferentiation between slurry stored with and without a natural crust cover in particular.

The mean  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is strongly depending on the emission factor chosen for solid storage. Here, the IPCC 1996 factor unduly extrapolates from the dry lot storage systems ( $0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$ ) to straw based systems used in Germany, see comment in IPCC 2006, Table 10.21 ("Judgement of IPCC Expert Group in combination with Amon et al. (2001), which shows emissions ranging from 0.0027 to 0.01  $\text{kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$ .")

To illustrate the effect of the differentiation in slurry storage with and without a natural crust and a high or low emission factor for solid storage, exemplary calculations were performed for dairy cows assuming a share of 50 % of natural crusts (which reflects the average situation in Germany):

dairy cows: mean  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor using IPCC 2006

1990:  $0.0049 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$   
2008:  $0.0045 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$

dairy cows: mean  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor using IPCC 1996 with  $EF_{\text{solid}} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1}$

1990:  $0.0020 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$   
2008:  $0.0016 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$

Application of the IPCC 1996 methodology modified as described above (using  $EF_{\text{solid}} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) yields lower  $\text{N}_2\text{O}$  emissions than the German methodology.

EMEP (2007)-B1090-19 gives an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  without referring to any details. A normal distribution is assumed.

Chapter 14.3.1 describes the estimation of the uncertainty of the emission factor for  $\text{N}_2\text{O}$  from manure management. The uncertainty amounts to 53 % (standard error). As this value appears to be too high for a normal distribution, an asymmetric distribution is assumed.

The calculation of the total uncertainty of the German agricultural greenhouse gas inventory (see Chapter 14.6) requires the uncertainty to be given as the interval between the upper boundary of the 95 % confidence interval and the emission factor used. Lacking better knowledge, this interval is assumed to be 100 % of the emission factor used (which corresponds to the doubling of the standard error with a normal distribution), and the lower boundary of the 95 % confidence interval is assumed to be 50 % of the emission factor used.

Both  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emission factors are derived from  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors. The use of constant ratios results in additional uncertainties. However, as these additional uncertainties cannot be quantified, the  $\text{N}_2\text{O}$  is adopted for  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ .

die Beschreibung der Gülle-Lager mit und ohne natürliche Schwimmdecke.

Der mittlere  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor ist stark von dem Emissionsfaktor für Festmist-Lagerung abhängig. Hier extrapoliert IPCC 1996 unangemessen von den dry-lot-Systemen ( $0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$ ) auf die in Deutschland üblichen Systeme mit Stroh-Einstreu (siehe auch Kommentar der IPCC Expert Group in IPCC 2006, Table 10.21, in Verbindung mit Amon et al., 2001, die Emissionsfaktoren von 0,0027 bis 0,01  $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$  angeben).

Der Effekt der Differenzierung der Güllelagerung mit und ohne Schwimmdecke und eines hohen bzw. niedrigen Emissionsfaktors für Festmist wird anhand von Beispielrechnungen für Milchkühe deutlich. Angenommen wurde ein Anteil der Systeme mit Schwimmdecke von 50 % (entsprechend der mittleren Häufigkeit in Deutschland):

Milchkühe: mittlerer  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor gemäß IPCC 2006

1990:  $0.0049 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$   
2008:  $0.0045 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$

Milchkühe: mittlerer  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor gemäß IPCC 1996 mit  $EF_{\text{solid}} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1}$

1990:  $0.0020 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$   
2008:  $0.0016 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$

Die Anwendung der modifizierten IPCC-1996-Methode (mit  $EF_{\text{solid}} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) führt zu geringeren  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen als den mit der deutschen Methode berechneten.

EMEP (2007)-B1090-19 gibt für  $\text{NH}_3$  ohne weitere Einzelheiten eine Unsicherheit von 30 % an. Eine Normalverteilung wird angenommen.

Zur Schätzung der Unsicherheit des Emissionsfaktors für  $\text{N}_2\text{O}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 14.3.1. Es ergibt sich ein Wert von 53 % (Standardfehler). Die Höhe dieses Wertes legt nahe, dass es sich um eine asymmetrische Verteilung handelt.

Das in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (s. Kap. 14.6) eingehende Intervall zwischen der oberen Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles und dem verwendeten Emissionsfaktor wird mit 100 % des verwendeten Emissionsfaktors angesetzt, d. h. – mangels besserer Kenntnis in Anlehnung an die Normalverteilung – als rund das Zweifache des Standardfehlers. Die untere Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles wird mangels besserer Kenntnis mit 50 % des verwendeten Emissionsfaktors angenommen.

Die  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktoren leiten sich von den  $\text{N}_2\text{O}$ -Faktoren ab. Diese Ableitung beinhaltet weitere Unsicherheiten, die allerdings nicht quantifizierbar sind. Es wird daher die gleiche Unsicherheit wie für den  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor angenommen.

#### 4.2.3 Emissions factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung

The following Tables provide the partial emission factors used in the inventory for the spreading of cattle manure (Döhler et al., 2002). The emission reduction percentages listed in these tables refer to the reference system “broadcast” at air temperatures of 15° C.

The viscosity of *liquid separate* is lower than of the respective untreated slurry.

For the reference spreading technique (broad spreading), a reduction of 50 % compared to untreated slurry is assumed.

The properties of *digested slurry* (increased pH, decreased viscosity) result in emission factors that are reduced in comparison with untreated slurry as long as incorporation is rapid. However, long exposition to the atmosphere before incorporation results in emission factors equal to those of untreated slurry (expert judgement Döhler, KTBL).

The emission factors for leachate (“*Jauche*”) (broadcasting) are 20 % for arable land and 30 % for grassland.

Leachate is assumed to be broadcast in equal shares on arable land and grassland without incorporation.

All emission factors used for spreading relate to TAN. All emission factors used for spreading relate to TAN. They are listed in Table 4.4 to Table 4.9.

Die nachfolgenden Tabellen beinhalten die im Inventar für Rinder eingesetzten partiellen Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung (Döhler et al., 2002). Die Emissionsminderungen beziehen sich auf das Referenzsystem „Breitverteiler“ bei einer Lufttemperatur von 15° C.

*Separierte Gülle* weist eine geringere Viskosität auf als die ursprüngliche Gülle.

Für den Referenzfall (Ausbringung mit Breitverteiler) wird im Vergleich zu unbehandelter Gülle eine um 50 % reduzierte Emission angenommen.

Die Eigenschaften *vergorener Gülle* (erhöhter pH-Wert, verringerte Viskosität) führen zu Emissionsfaktoren, die geringer sind als die unvergorener Gülle, solange die Einarbeitung hinreichend schnell erfolgt. Bei verzögerter Einarbeitung dagegen stellen sich Emissionsfaktoren ein, die denen unbehandelter Gülle gleich sind (Expertenurteil Döhler, KTBL).

Als Emissionsfaktoren für Jauche (Ausbringung mit Breitverteiler) werden 20 % (Ackerland) und 30 % (Grünland) angesetzt.

Die Jauche wird zu jeweils 50 % auf Ackerland ohne Einarbeitung und auf Grünland breit verteilt.

Die Emissionsfaktoren für die Ausbringung beziehen sich auf TAN. Sie sind in Table 4.4 bis Table 4.9 aufgeführt.

Table 4.4: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of *slurry* to *arable land* (related to TAN)

broadcast	without incorporation	Reference	0.50	kg kg <sup>-1</sup> N
broadcast	incorporation within 1 h		80	%
broadcast	incorporation within 4 h		48	%
broadcast	incorporation within 6 h		30	%
broadcast	incorporation within 12 h		13	%
broadcast	incorporation within 24 h		8	%
broadcast	incorporation within 48 h		0	%
broadcast	short vegetation		-25	%
trailing hose	bare soil without incorporation	<i>reduction</i>	10	%
trailing hose	incorporation within 1 h	<i>compared</i>	92	%
trailing hose	incorporation within 4 h	<i>with reference</i>	70	%
trailing hose	incorporation within 6 h		60	%
trailing hose	incorporation within 12 h		40	%
trailing hose	incorporation within 24 h		22	%
trailing hose	incorporation within 48 h		8	%
trailing hose	short vegetation		-25	%
trailing hose	vegetation > 0.3 m		30	%
trailing shoe			30	%

Source: Döhler et al. (2002), Table 3.18



Table 4.5: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of *slurry to grassland* (related to TAN)

broadcast	short grass	Reference	0.60	kg kg <sup>-1</sup> N
trailing hose	short grass	reduction	10	%
trailing hose	vegetation > 0.3 m	compared	30	%
trailing shoe		with reference	40	%
open slot			60	%

Source: Döhler et al. (2002), Table 3.18

Table 4.6: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of *liquid separate to arable land or grassland* (related to TAN)

broadcast	without incorporation	reference	0.25	kg kg <sup>-1</sup> N
broadcast	incorporation within 1 h	reduction	90	%
broadcast	incorporation within 4 h	compared	70	%
broadcast	incorporation within 24 h	with reference	45	%
trailing hose	bare soil		10	%

Source: Döhler (expert judgement)

Table 4.7: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of *digested slurry to arable land or grassland* (related to TAN)

broadcast	without incorporation	reference	0.50	kg kg <sup>-1</sup> N
broadcast	incorporation within 1 h	reduction	90	%
broadcast	incorporation within 4 h	compared	70	%
broadcast	incorporation within 24 h	with reference	45	%
trailing hose	bare soil		10	%

Source: Döhler (expert judgement)

Table 4.8: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of *leachate ("Jauche") to arable land or grassland* (related to TAN)

broadcast	without incorporation	reference	0.20	kg kg <sup>-1</sup> N
broadcast	incorporation within 1 h	reduction	90	%
broadcast	incorporation within 4 h	compared	65	%
broadcast	incorporation within 24 h	with reference	10	%
broadcast	incorporation within 48 h		5	%

Source: Döhler (expert judgement)

Table 4.9: Cattle, NH<sub>3</sub> emission factors for application of *manure (FYM) to arable land or grassland* (related to TAN)

broadcast	without incorporation	reference	0.90	kg kg <sup>-1</sup> N
broadcast	incorporation within 1 h	reduction	90	%
broadcast	incorporation within 4 h	compared	50	%
broadcast	incorporation within 24 h	with reference	0	%
broadcast	incorporation within 48 h		0	%

Source: Source: Döhler et al. (2002), Table 3.24

Uncertainties for NH<sub>3</sub> emissions from cattle husbandry are not given in EMEP (2007)-B1090-19. Thus the general uncertainty of about 30 % is likely. For the oxidised species, the order of magnitude is likely to be correct.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management are described in Chapters 14.3 to 14.5.

Unsicherheiten für NH<sub>3</sub> aus der Rinderhaltung werden in EMEP (2007)-B1090-19 nicht gesondert betrachtet. Es gilt die „normale“ Unsicherheit von 30 %. Für die oxidierten Spezies dürfte die Größenordnung richtig sein.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 14.3 bis 14.5 beschrieben.

#### 4.2.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The NMVOC emissions are calculated relative to the ammonia emissions, cf. Chapter 3.4.4. All cattle types are treated with the same emission factors  $EF_{\text{NMVOC}}$  (Table 4.10). Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

Die NMVOC-Emissionen werden proportional zu den  $\text{NH}_3$ -Emissionen berechnet, siehe Kapitel 3.4.4. Für alle Rinder werden die gleichen NMVOC-Emissionsfaktoren verwendet (Table 4.10). Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

Table 4.10: Cattle, emission factors  $EF_{\text{NMVOC}}$  relating NMVOC emissions to  $\text{NH}_3$  emissions

Species	$EF_{\text{NMVOC, cattle}}$ (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
dimethyl sulphide	$7.5 \cdot 10^{-2}$
dimethyl disulphide	0
dimethyl trisulphide	0
acetone	$2.5 \cdot 10^{-2}$
acetic acid	$3.0 \cdot 10^{-1}$
propanoic acid	$7.8 \cdot 10^{-3}$
2-methyl propanoic acid	$3.8 \cdot 10^{-3}$
butanoic acid	$3.1 \cdot 10^{-3}$
2-methyl butanoic acid	$1.2 \cdot 10^{-2}$
3-methyl butanoic acid	$7.2 \cdot 10^{-3}$
pentanoic acid	$2.9 \cdot 10^{-4}$
phenol	$5.8 \cdot 10^{-4}$
4-methyl phenol	$1.5 \cdot 10^{-1}$
3-ethyl phenol	$1.5 \cdot 10^{-3}$
indole	$7.3 \cdot 10^{-5}$
3-methyl indole	$7.3 \cdot 10^{-5}$

Source: Hobbs et al. (2004)

The uncertainty (standard error) of NMVOC emissions depends on both the uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emissions and the emission factor  $EF_{\text{NMVOC}}$ . The former is in the order of magnitude of 20 % (see Chapter 15.5), for the latter 30 to 50 % were assumed in former inventories (see e. g. Haenel et al., 2010). Based on these assumptions, the overall uncertainty of NMVOC emissions could be estimated to be about 50 %, interpreted as the interval (in percent of the mean) between the upper threshold of the 95 % confidence interval and the mean (implying an asymmetric distribution).

However, considering the assesement by the expert review team during the In Country Review of the emission calculation method described above (see Chapter 3.4.4), no estimate of the uncertainty of NMVOC emissions can be made.

Die Unsicherheit (Standardfehler) der NMVOC-Emissionen hängt von der Unsicherheit der  $\text{NH}_3$ -Emissionen und der Emissionsfaktoren  $EF_{\text{NMVOC}}$  ab. Erstere liegt in der Größenordnung von 20 % (s. Kapitel 14.5), für Letztere wurde in früheren Inventaren (s. z. B. Haenel et al., 2010) 30 bis 50 % angenommen. Unter diesen Voraussetzungen läge die Unsicherheit der NMVOC-Emissionen in der Größenordnung von 50 %, interpretiert als Intervall (in Prozent des Mittelwertes) zwischen oberer Grenze des 95 %- Konfidenzintervalles und Mittelwert, wobei von einer asymmetrische Verteilung auszugehen wäre.

Berücksichtigt man allerdings die Einschätzung des Berechnungsverfahrens durch die Gutachter beim In-Country-Review im September 2010 (siehe Kapitel 3.4.4), ist keine Schätzung der Unsicherheit der NMVOC-Emissionen möglich.

### 4.3 Dairy cows / Milchkühe

The subcategory “dairy cows” comprises lactating cows and cows in calf.

Dairy cows are a key category with respect to emissions of:

- CH<sub>4</sub> from enteric fermentation (“level”)
- NH<sub>3</sub>

A description using at least a Tier 2 approach is necessary.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.11.

Die Kategorie „Milchkühe“ fasst laktierende und tragende Kühe zusammen.

Milchkühe sind Hauptquellgruppen bei folgenden Emissionen:

- CH<sub>4</sub> aus der Verdauung („level“)
- NH<sub>3</sub>

Eine Beschreibung mit mindestens einem Stufe-2-Verfahren ist notwendig.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.11. zusammengestellten Verfahren.

Table 4.11: Dairy cows, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	district	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVO	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

#### 4.3.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

##### 4.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4), see category J in Table 4.1. The numbers are used without corrections.

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 14.6 and 14.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4), siehe Kategorie J in Table 4.1. Diese Zahlen werden ohne Korrekturen verwendet.

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit (Standardfehler) lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 14.6 und 14.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

##### 4.3.1.2 Milk yield and composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

For dairy cows, the most important performance criterion is milk yield (Y<sub>M</sub>). As a rule, mean milk yields are available for each year and each district.

Milk fat contents are available for single German Federal States. They are listed in Table 4.12. Milk protein contents are shown in Table 4.13. (As a stan-

Wesentliches Leistungskriterium bei Milchkühen ist die Milchleistung (Y<sub>M</sub>). Mittlere jährliche Milchleistungen sind im Regelfall für jedes Jahr und jeden Kreis verfügbar.

Die mittleren MilCHFett-Gehalte sind für die einzelnen Bundesländer in Table 4.12 zusammengestellt, die mittleren Milcheiweiß-Gehalte in Table 4.13.

dard, for the last year of the time series no data are available yet at the time when the inventory is compiled.)

(Generell sind die Daten für das letzte Jahr der Zeitreihe zum Zeitpunkt der Inventurerstellung noch nicht verfügbar.)

Table 4.12: Dairy cows, fat content of milk (in % of mass) (statistical data)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW	4.04	4.07	4.10	4.14	4.15	4.14	4.17	4.16	4.17	4.16	4.14	4.29	4.17	4.18	4.22	4.20	4.17	4.17	4.17	
BY	4.06	4.10	4.11	4.16	4.14	4.17	4.19	4.20	4.22	4.21	4.20	4.24	4.24	4.23	4.25	4.21	4.19	4.20	4.19	
BB		4.36	4.35	4.43	4.43	4.37	4.32	4.26	4.24	4.20	4.17	4.13	4.08	4.10	4.16	4.07	3.93	4.05	3.99	
HE	4.07	4.15	4.17	4.23	4.21	4.25	4.28	4.26	4.27	4.25	4.24	4.36	4.23	4.21	4.24	4.19	4.19	4.16	4.16	
MV		4.28	4.38	4.47	4.43	4.39	4.41	4.35	4.33	4.28	4.26	4.32	4.13	4.15	4.16	4.09	4.10	4.10	4.06	
NI	4.17	4.23	4.22	4.27	4.28	4.29	4.33	4.27	4.27	4.24	4.27	4.39	4.22	4.22	4.25	4.20	4.20	4.19	4.17	
NW	4.11	4.15	4.14	4.19	4.15	4.16	4.20	4.18	4.21	4.16	4.19	4.32	4.17	4.15	4.19	4.12	4.14	4.15	4.12	
RP	4.12	4.16	4.15	4.22	4.20	4.22	4.22	4.23	4.27	4.21	4.21	4.32	4.21	4.19	4.22	4.19	4.18	4.17	4.16	
SL																				
SN		4.40	4.41	4.48	4.49	4.47	4.45	4.41	4.36	4.33	4.29	4.37	4.17	4.14	4.19	4.10	4.07	4.11	4.15	
ST		4.29	4.37	4.43	4.41	4.38	4.36	4.29	4.25	4.20	4.18	4.29	4.07	4.04	4.10	4.01	4.00	4.06	3.99	
SH	4.16	4.18	4.27	4.26	4.27	4.29	4.33	4.26	4.28	4.28	4.30	4.42	4.37	4.24	4.22	4.21	4.25	4.24	4.23	
TH		4.29	4.35	4.41	4.38	4.36	4.33	4.29	4.32	4.26	4.19	4.26	4.09	4.05	4.10	4.04	4.00	4.04	4.00	
StSt																				
Germany	4.09	4.18	4.20	4.25	4.24	4.25	4.27	4.33	4.25	4.22	4.22	4.23	4.20	4.19	4.22	4.17	4.16	4.16	4.14	

Source: ZMP, various years; MLUR (2007); ZMB (2009)

Table 4.13: Dairy cows, protein content of milk (in % of mass) (statistical data)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW	3.33	3.34	3.37	3.43	3.43	3.45	3.46	3.38	3.39	3.40	3.39	3.42	3.40	3.41	3.44	3.43	3.40	3.42	3.40	
BY	3.35	3.37	3.38	3.38	3.36	3.38	3.39	3.45	3.45	3.47	3.46	3.48	3.47	3.48	3.49	3.47	3.46	3.48	3.46	
BB		3.39	3.42	3.45	3.46	3.47	3.49	3.48	3.48	3.47	3.47	3.45	3.46	3.46	3.46	3.44	3.41	3.40	3.38	
HE	3.30	3.31	3.32	3.33	3.31	3.35	3.35	3.33	3.36	3.36	3.35	3.38	3.37	3.37	3.39	3.39	3.37	3.38	3.38	
MV		3.32	3.42	3.47	3.50	3.48	3.50	3.48	3.47	3.48	3.46	3.47	3.44	3.45	3.43	3.42	3.39	3.41	3.38	
NI	3.29	3.30	3.29	3.30	3.30	3.32	3.37	3.34	3.35	3.37	3.37	3.38	3.38	3.40	3.39	3.40	3.38	3.40	3.40	
NW	3.34	3.33	3.32	3.33	3.32	3.34	3.35	3.32	3.33	3.34	3.35	3.35	3.36	3.37	3.38	3.37	3.37	3.40	3.39	
RP	3.28	3.29	3.33	3.32	3.34	3.37	3.36	3.34	3.34	3.34	3.32	3.34	3.35	3.36	3.37	3.37	3.37	3.39	3.38	
SL																				
SN		3.38	3.38	3.46	3.46	3.48	3.48	3.45	3.47	3.47	3.47	3.46	3.45	3.45	3.44	3.42	3.40	3.41	3.41	
ST		3.40	3.42	3.48	3.46	3.49	3.50	3.47	3.47	3.45	3.45	3.45	3.43	3.43	3.42	3.42	3.38	3.40	3.40	
SH	3.32	3.32	3.36	3.40	3.43	3.40	3.40	3.38	3.39	3.41	3.41	3.43	3.42	3.43	3.39	3.41	3.39	3.42	3.40	
TH		3.29	3.38	3.45	3.43	3.45	3.45	3.42	3.46	3.45	3.42	3.41	3.41	3.41	3.42	3.42	3.39	3.41	3.39	
StSt																				
Germany	3.32	3.33	3.35	3.38	3.39	3.40	3.42	3.40	3.41	3.42	3.41	3.42	3.42	3.43	3.43	3.42	3.40	3.43	3.41	

Source: ZMP Milch, various years; MLUR (2007); ZMB (2009)

The missing data for the New Länder and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991.

Data for Saarland were taken from the respective data set for Rheinland-Pfalz. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

For the last year of the time series the values of the previous year are repeated.

Die fehlenden Daten für die Neuen Bundesländer im Jahr 1990 wurden durch Daten aus 1991 ersetzt.

Die Daten für das Saarland wurden insgesamt durch Daten aus Rheinland-Pfalz ersetzt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

Für das letzte Jahr der Zeitreihe wird der Wert des Vorjahres verwendet.

#### 4.3.1.3 Animal weights / Tiergewichte

Start and final animal weight are the necessary data to estimate the emissions from dairy cows. The start weight of dairy cows is equivalent to the final live weight of heifers., see Chapter 4.5.1.2.1.

Für die Emissionsberechnung der Milchkühe sind das Anfangsgewicht und das Lebendendgewicht von Bedeutung. Das Anfangsgewicht der Milchkühe entspricht dem Lebendendgewicht der Färsen, siehe Kapitel 4.5.1.2.1.

the final live weight of dairy cows is calculated with the following regression equation:

$$w_{\text{fin,dc}} = a + b \cdot w_{\text{dc,cw}} \quad (4.1)$$

where

$w_{\text{fin,dc}}$	final live weight of dairy cows (in kg an <sup>-1</sup> )
$a$	constant ( $a = 221 \text{ kg an}^{-1}$ )
$b$	coefficient ( $b = 1.46$ )
$w_{\text{dc,cw}}$	carcass weight of dairy cows (in kg an <sup>-1</sup> )

The carcass weights of dairy cows are compiled in Table 4.14.

Das Lebendendgewicht der Milchkühe wird mit der folgenden Regressionsgleichung berechnet:

Die Schlachtgewichte von Milchkühen sind in Table 4.14 zusammengestellt.

Table 4.14: Dairy cows, carcass weights (in kg an<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BW	283	276	284	289	290	288	291	291	296	298	298	307	306	305	305	308	309	312	309
BY	299	293	299	309	310	308	308	304	310	314	315	320	319	318	318	321	320	323	320
BB		233	250	265	260	261	265	266	271	272	278	284	282	284	284	278	278	273	270
HE	278	280	282	282	280	275	275	271	274	280	285	288	285	281	284	292	290	287	278
MV		237	250	255	254	253	255	253	256	257	262	273	274	275	272	270	267	271	270
NI	280	275	285	292	293	288	290	287	290	293	297	306	300	300	296	299	299	300	296
NW	279	273	280	290	284	280	284	280	285	287	287	292	289	288	289	291	292	295	290
RP	272	269	279	291	292	289	288	280	281	281	282	284	283	282	280	281	282	283	281
SL	293	288	290	270	307	304	307	304	305	304	304	305	305	305	301	299	302	302	302
SN		231	245	248	254	252	257	258	260	262	266	274	278	276	273	270	272	274	275
ST		231	241	264	262	257	259	263	266	272	278	294	290	263	263	263	264	274	275
SH	283	277	287	292	294	293	290	289	293	296	301	308	305	303	298	301	303	306	302
TH		232	249	273	270	264	268	268	270	272	275	274	274	269	269	270	272	274	275
StSt	265	286	284	291	293	289	284	280	281	286	291	302	297	300	295	296	295	304	302

Source: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung, Bundesgesetzblatt 2008 Teil I Nr. 52

The mean animal live weight,  $w$ , of a dairy cow is assumed as the arithmetic mean of her start weight and her final live weight.

The missing data for the New Länder and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin those from Brandenburg.

. Das mittlere Gewicht,  $w$ , einer Milchkuh wird als das arithmetische Mittel aus Anfangs- und Lebendendgewicht angenommen.

Für die fehlenden Daten im Jahr 1990 bei den Neuen Bundesländern werden die Daten von 1991 eingesetzt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

#### 4.3.1.4 Animal weight gains / Tiergewichtszunahmen

The relevant weight gain is calculated using the final live weight of cows and the final live weight of heifers (see Chapter 4.5.1.2.2). The weight gain rate is derived from the weight gain by dividing it by the timespan between the age of slaughtering and the age of first calving.

Als relevante Gewichtszunahme wird die Differenz zwischen dem Lebendendgewicht der Färsen (siehe Kapitel 4.5.1.2.2) und dem Lebendendgewicht der Milchkühe angesehen. Die Zunahmerate wird aus dieser Gewichtsdivergenz und der Zeit zwischen Kalbealter und Schlachtag berechnet.

$$\frac{\Delta w_{\text{dc}}}{\Delta t} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{w_{\text{fin,dc}} - w_{\text{fin,bf}}}{\tau_{\text{fin,dc}} - \tau_{\text{calf}}} \quad (4.2)$$

where

$\Delta w_{dc}/\Delta t$	weight gain rate of dairy cows, averaged over lifetime (in $\text{kg an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$w_{fin, dc}$	final live weight of dairy cows (in $\text{kg an}^{-1}$ )
$w_{fin, bf}$	final live weight of heifers (in $\text{kg an}^{-1}$ )
$\tau_{fin, dc}$	slaughter age of dairy cows (in a)
$\tau_{calf}$	age at first calving (in a)

The ages of first calving ( $\tau_{calf}$ ) and of slaughtering ( $\tau_{fin}$ ) are published by ADR and taken from their annual reports (ADR, 1992ff). These data originate from sample surveys. In this inventory, a linear regression of ages versus time was used to describe weight gain rates.

There is no differentiation between Federal States or race.

Data are compiled in Table 4.15.

Erstkalbealter ( $\tau_{calf}$ ) und Schlachalter ( $\tau_{fin}$ ) werden ADR-Mitteilungen entnommen (ADR, 1992ff). Die Zahlen entstammen Stichproben. Für den Zweck dieses Inventars werden die Ergebnisse einer linearen Regression verwendet.

Eine Differenzierung nach Bundesländern oder Rassen findet nicht statt.

Die Daten sind in Table 4.15 zusammengestellt.

Table 4.15: Dairy cows, slaughter ages, ages at first calving and resulting life spans (in a).

( $\tau_{calf}$ : age of first calving;  $\tau_{fin}$ : age of slaughtering; subscripts “ADR” and “lin” denote original data and data obtained by linear regression, respectively;  $\Delta t$ : resulting life span.)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
$\tau_{fin, dc}$ ADR				5.70	5.60	5.70	5.70	5.50	5.50	5.50	5.40	5.40	5.40	5.30	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
$\tau_{fin, dc}$ , lin	5.70	5.68	5.66	5.64	5.62	5.60	5.58	5.56	5.54	5.52	5.50	5.48	5.46	5.44	5.42	5.40	5.38	5.36	5.34	5.32
$\tau_{calf}$ , ADR			2.55	2.55	2.55	2.53	2.50	2.51	2.51	2.59	2.50	2.51	2.48	2.47	2.46	2.45	2.43	2.39	2.39	2.38
$\tau_{calf}$ , lin	2.59	2.58	2.57	2.56	2.55	2.54	2.53	2.52	2.51	2.50	2.49	2.48	2.47	2.46	2.45	2.44	2.43	2.42	2.41	2.40
$\Delta t$	3.11	3.10	3.09	3.08	3.07	3.06	3.05	3.04	3.03	3.02	3.01	3.00	2.99	2.98	2.97	2.96	2.95	2.94	2.93	2.92

Source: ADR, 1992 ff, Tables 61a, 48 or 4.9 ( $\tau_{calf}$ ), Tables 68a, 53 or 4.14 ( $\tau_{fin}$ )

#### 4.3.1.5 Pregnancy rates / Trächtigkeitsraten

The proportion of pregnant dairy cows is published in ADR (1991 ff). A complete timeseries covering all Federal States can be obtained.

Der Anteil trächtiger Milchkühe wird ADR (1991 ff) entnommen. Es ergibt sich eine vollständige Zeitreihe für alle Bundesländer.

#### 4.3.1.6 Duration of calving interval, lactation period, and dry period / Dauer von Zwischenkalbezeit, Laktationsperiode und Trockenstehzeit

The method to calculate the energy requirements and the respective feed intake of a dairy cow is based on the cycle defined by the duration of the interval between calvings and its performance-based partitioning. In general, the duration of the interval between calvings does not equal one year. Hence, the year-based inventory calculations require a normalization of energy requirements and respective feed intake with respect to one year.

Die Berechnung des Energiebedarfs einer Milchkühe sowie der damit verbundenen Futteraufnahme baut auf dem durch die Zwischenkalbezeit vorgegebenen Zyklus und dessen leistungsorientierter Unterteilung auf. Da die Dauer der Zwischenkalbezeit i. d. R. nicht einem Jahr entspricht, ist für die in Jahresschritten erfolgende Inventarberechnung eine Umrechnung von Energiebedarf und Futteraufnahme auf ein Jahr erforderlich (siehe Kapitel 4.3.2.9 und 4.3.3.2).

The durations of lactation period and dry period add up to the duration of the interval between calvings:

Die Zwischenkalbezeit setzt sich aus der Dauer der Laktationsperiode und der Dauer der Trockenstehzeit zusammen:

$$t_{ibc}^* = t_{lact}^* + t_{dry}^* \quad (4.3)$$

where

$t_{ibc}^*$	duration of interval between calvings (calving interval) (in d)
$t_{lact}^*$	duration of lactation period (in d)
$t_{dry}^*$	duration of dry period (in d)

The duration of the calving interval can be related to the milk yield (Dämmgen et al., 2009b, Figure 2 and Equation (53)):

$$t_{ibc}^* = a + b \cdot Y_M \quad (4.4)$$

where

$t_{ibc}^*$	duration of interval between calvings (calving interval) (in d)
$a$	constant ( $a = 346.4$ d)
$b$	coefficient ( $b = 0.00769 \text{ kg}^{-1} \text{ cow d a}$ )
$Y_M$	annual milk yield (in $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), see Chapter 4.3.1.2

The duration of the dry period  $t_{dry}^*$  is assumed to 6 weeks or 42 days (reflecting the data in Table 1.4.2 in GfE, 2001, pg. 23).

Hence, the duration of the lactation period  $t_{lact}^*$  follows from the difference of the calving interval  $t_{ibc}^*$  and the duration of the dry period  $t_{dry}^*$ .

Die Dauer der Zwischenkalbezeit kann als Funktion der Milchleistung ausgedrückt werden (Dämmgen et al., 2009b, Abbildung 2 und Gleichung (53)):

Die Dauer der Trockenstehzeit  $t_{dry}^*$  wird nach Tabelle 1.4.2 in GfE (2001), S. 23, mit 6 Wochen bzw. 42 Tagen angenommen.

Somit ergibt sich die Laktationsdauer  $t_{lact}^*$  aus der Differenz von Zwischenkalbezeit  $t_{ibc}^*$  und Trockenstehzeit  $t_{dry}^*$ .

#### 4.3.2 Energy requirements / Energiebedarf

The subsequent chapters describe the derivation of the total energy requirements of a dairy cow based on the various details of animal performance. In preparation of the calculation of feed intake in Chapter 4.3.3, Chapter 4.3.2.9 gives a description of the partitioning of the total energy requirements into the shares required for the lactation period and the dry period (for lactation period and dry period see Chapter 4.3.1.6).

In den nachfolgenden Kapiteln wird der Gesamtenergiebedarf der Milchkühe aus den verschiedenen tierischen Leistungsmerkmalen abgeleitet. In Kapitel 4.3.2.9 erfolgt zur Vorbereitung der Futteraufnahmeberechnung in Kapitel 4.3.3 eine Aufteilung des Gesamtenergiebedarfs in die Anteile für Laktationsperiode und Trockenstehzeit (zu Laktationsperiode und Trockenstehzeit siehe Kapitel 4.3.1.6).

##### 4.3.2.1 The NEL system / Das NEL System

The unit used in Germany to describe feed properties in dairy cow feeding is NEL (Net Energy Lactation). This system is the basis for the calculation of the energy and feed requirements of dairy cows. It is also used in the inventory model GAS-EM. The procedure is equivalent to the net energy system (NE system) used in the methodology described in IPCC (1996) and IPCC (2006).

Die in Deutschland verwendete Einheit zur Beschreibung der Futtereigenschaften in der Milchviehfütterung ist die Netto-Energie-Laktation (NEL). Dieses System ist Grundlage für die Berechnung von Milchkühe-Energiebedarf und -Fütterung auch im Inventarmodell GAS-EM. Die Vorgehensweise ist dabei analog zu dem in IPCC (1996) und IPCC (2006) verwendeten Netto-Energie-System (NE-System).

Irrespective of the literal meaning of the words, the net energy for lactation concept expresses the net energies for *all* processes in this unit.

If a partial energy demand is given in ME units instead of NEL units, a conversion is possible by the subsequent equation according to van Es (1975) (see GfE, 2001, pg. 19):

Ungeachtet der wörtlichen Bedeutung des Begriffs „Netto-Energie-Laktation“ werden die Netto-Energien aller Einzelprozesse in dieser Einheit angegeben.

Liegt ein Teilenergiebedarf in ME- statt in NEL-Einheiten vor, kann nach van Es (1975) (siehe GfE, 2001, S. 19) wie folgt eine Umrechnung vorgenommen werden:

$$NEL = (a + b \cdot X_{ME}) \cdot ME \quad (4.5)$$

where

$NEL$	net energy for lactation (in MJ NEL)
$ME$	metabolizable energy (in MJ ME)
$a$	constant ( $a = 0.4632 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )
$b$	constant ( $b = 0.24 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )
$X_{ME}$	metabolizability (assumed: $X_{ME} = 0.60 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )

#### 4.3.2.2 Overall NEL requirements /Gesamt- NEL-Bedarf

The overall annual NEL requirements are given by:

Für den gesamten jährlichen NEL-Bedarf ergibt sich:

$$NEL_{tot} = \alpha \cdot (nel_m + nel_f + nel_{lc} + nel_d + nel_p + nel_g) \quad (4.6)$$

where

$NEL_{tot}$	annual NEL required (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$nel_m$	mean daily net energy required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_f$	mean daily net energy needed to obtain food (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_{lc}$	mean daily net energy requirements for lactation (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_d$	mean daily net energy required for draft power (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_p$	mean daily net energy required for pregnancy (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$nel_g$	mean daily net energy required for growth (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

#### 4.3.2.3 NEL requirement for maintenance / NEL-Bedarf für Erhaltung

The mean daily NEL requirements for maintenance are obtained as follows (GfE, 2001, pg. 20):

Der mittlere tägliche NEL-Bedarf für Erhaltung wird wie folgt (GfE, 2001, S. 20) berechnet:

$$nel_m = a \cdot w_{unit} \cdot \left( \frac{w}{w_{unit}} \right)^{0.75} \quad (4.7)$$

where

$nel_m$	mean daily net energy required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$a$	constant ( $a = 0.364 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ NEL}$ ) (see discussion in Dämmgen et al., 2009b, Chapter 3.2.1)
$w_{unit}$	unit value of animal weight ( $w_{unit} = 1 \text{ kg cow}^{-1}$ )
$w$	animal weight averaged over lifetime (in kg cow <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.3

#### 4.3.2.4 NEL requirement to obtain feed / NEL-Bedarf für die Nahrungsaufnahme

According to IPCC (2006)-10.16, the mean daily NEL requirements to obtain feed are assumed to be proportional to the NEL requirements for maintenance. The calculation considers the duration of grazing time:

In Anlehnung an IPCC (2006)-10.16 wird der mittlere tägliche NEL-Bedarf für Nahrungsaufnahme proportional zum NEL-Bedarf für Erhaltung berechnet. Die Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung der Weidezeiten:



$$nel_f = \left( c_{\text{house}} \cdot \left( 1 - \frac{\tau_{\text{graz, eff}}}{\alpha} \right) + c_{\text{pasture}} \cdot \frac{\tau_{\text{graz, eff}}}{\alpha} \right) \cdot nel_m \quad (4.8)$$

where

$nel_f$	mean daily net energy needed to obtain food (in analogy to IPCC) (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$c_{\text{house}}$	coefficient for housing ( $c_{\text{house}} = 0.00$ ; IPCC(2006)-10.17, Table 10.5)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$c_{\text{pasture}}$	coefficient for pasture ( $c_{\text{pasture}} = 0.17$ ; IPCC(2006)-10.17, Table 10.5)
$nel_m$	mean daily net energy required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.3

and

$$\tau_{\text{graz, eff}} = \tau_{\text{graz, year}} \cdot \left( x_{\text{graz, d}} + x_{\text{graz, h}} \cdot \frac{\tau_{\text{graz, h}}}{\delta} \right) \quad (4.9)$$

where

$\tau_{\text{graz, eff}}$	effective duration of grazing time (in d a <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{graz, year}}$	annual duration of the grazing period (in d a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{graz, d}}$	fraction of the dairy cow population kept outdoors all day
$x_{\text{graz, h}}$	fraction of the dairy cow population kept outdoors part of day
$\tau_{\text{graz, h}}$	daily duration of grazing ( $\tau_{\text{graz, h}} = 10 \text{ h d}^{-1}$ )
$\delta$	time units conversion factor ( $\delta = 24 \text{ h d}^{-1}$ )

#### 4.3.2.5 NEL requirements for lactation / NEL-Bedarf für Laktation

In contrast to IPCC (2006), the approach proposed includes the energy requirements for the synthesis of milk protein, see GfE (2001, pg. 21f), Equation 1.4.3. In the inventory model GAS-EM, this equation is extended by a correction factor  $a$ , which accounts for the fact that unlike GfE (2001) GAS-EM makes use of time-averaged input data of milk yield and mass fractions of milk fat and protein (Dämmgen et al., 2009b, Chapter 3.2.3).

Anders als IPCC (2006) berücksichtigt die Berechnung des NEL-Bedarfs für Laktation den Aufwand für die Milcheiweiß-Synthese (GfE, 2001, S. 21 f., Gleichung 1.4.3). Der zusätzliche Korrekturfaktor  $a$  wurde im Inventarmodell GAS-EM zum Ausgleich dafür eingeführt, dass anders als in GfE (2001) mit zeitlich gemittelten Werten von Milchleistung, Fett- und Eiweißgehalt gerechnet wird (Dämmgen et al., 2009b, Kapitel 3.2.3).

$$nel_{lc} = \frac{Y_M}{\alpha} \cdot \left[ (c_{lc, 1} + c_{lc, 2} \cdot x_{\text{fat, milk}} + c_{lc, 3} \cdot x_{\text{XP, milk}}) + d \right] \cdot a \quad (4.10)$$

where

$nel_{lc}$	mean daily net energy requirements for lactation (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$Y_M$	annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$c_{lc, 1}$	constant ( $c_{lc, 1} = 0.95 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)
$c_{lc, 2}$	coefficient ( $c_{lc, 2} = 38 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)
$x_{\text{fat, milk}}$	mass fraction of milk fat (in kg kg <sup>-1</sup> )
$c_{lc, 3}$	coefficient ( $c_{lc, 3} = 21 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)
$x_{\text{XP, milk}}$	mass fraction of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> )
$d$	constant ( $d = 0.1 \text{ MJ cow}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ NEL}$ ; GfE, 2001, pg. 22)
$a$	correction factor ( $a = 1.04 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , Dämmgen et al., 2009b)

#### 4.3.2.6 NEL requirements for draft power / NEL-Bedarf für Zugleistungen

In the reporting period, dairy cows have not been used as draught animals.

Im Berichtszeitraum wurden von Milchkühen keine Zugleistungen erbracht.

4.3.2.7 *NEL requirements for pregnancy / NEL-Bedarf für die Trächtigkeit*

The mean daily energy amount required for the development of the conception product and the udder,  $nel_p$ , is calculated as follows:

$$nel_p = \frac{NEL_p^*}{t_{ibc}^*} \quad (4.11)$$

where

$nel_p$	mean daily net energy required for pregnancy (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_p^*$	NEL required for pregnancy (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)
$t_{ibc}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6

The total energy requirements  $NEL_p^*$  for pregnancy are derived from the energies needed for the development of the conception products and the udder (GfE, 2001, S. 23).

Der mittlere tägliche Energiebedarf für die Entwicklung von Konzeptionsprodukt und Euter,  $nel_p$ , berechnet sich wie folgt:

Der Gesamtenergiebedarf  $NEL_p^*$  für die Trächtigkeit errechnet sich aus dem Bedarf für die Entwicklung von Konzeptionsprodukt und Euter (GfE, 2001, S. 23).

$$NEL_p^* = NEL_{cp}^* + NEL_u^* \quad (4.12)$$

where

$NEL_p^*$	NEL required for pregnancy (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{cp}^*$	NEL required for the development of the uterus including the conception product (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_u^*$	NEL required for the development of the udder (in MJ calf <sup>-1</sup> NEL)

According to calculations in Dämmgen et al. (2009b) based on data in GfE (2001, pg. 23) and a default cow weight of 36 kg an<sup>-1</sup>,  $NEL_p^*$  is set to 917 MJ per calf. (The weight of the cow is not considered, as is the case in GfE, 2001.)

Nach Berechnungen in Dämmgen et al. (2009b) auf Grundlage von GfE (2001, S. 23) und einem Standard-Kalbgewicht von 36 kg an<sup>-1</sup> wird  $NEL_p^*$  mit 917 MJ Kalb<sup>-1</sup> angesetzt. (Das Kuhgewicht bleibt wie bei GfE, 2001, ohne Einfluss.)

4.3.2.8 *NEL requirements for growth / NEL-Bedarf für Wachstum*

GfE (2001), pg. 22, relate the mean daily NEL requirements for growth to the weight gain per year:

GfE (2001), S. 22, bezieht den mittleren täglichen NEL-Bedarf für Wachstum auf die jährliche Gewichtszunahme.

$$nel_g = \frac{g \cdot \Delta w}{\alpha} \quad (4.13)$$

where

$nel_g$	mean daily net energy required for growth (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$g$	constant ( $g = 25.5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ NEL}$ according to GfE, 2001, pg. 22)
$\Delta w$	weight gain (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )

4.3.2.9 *Energy partitioning between lactation period and dry period / Energieaufteilung zwischen Laktationsperiode und Trockenstehzeit*

As a base for the feed intake calculations in Chapter 4.3.3, the total energy requirements  $NEL_{tot}$  as described in the previous chapters have to be split up into the requirements during lactation ( $NEL_{lact}$ ) and dry period ( $NEL_{dry}$ ).

Zur Vorbereitung der Futteraufnahmeberechnung in Kapitel 4.3.3 ist eine Aufteilung des in den vorstehenden Kapiteln berechneten Gesamtenergiebedarfs  $NEL_{tot}$  auf Laktationsperiode ( $NEL_{lact}$ ) und Trockenstehzeit ( $NEL_{dry}$ ) erforderlich.

$$NEL_{tot} = NEL_{lact} + NEL_{dry} \quad (4.14)$$

where

$NEL_{tot}$	total annual net energy requirements (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.2
$NEL_{lact}$	annual net energy requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{dry}$	annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)

The much smaller contribution,  $NEL_{dry}$ , is estimated as described subsequently.  $NEL_{lact}$  is then calculated as the difference between  $NEL_{tot}$  und  $NEL_{dry}$ .

Table 4.16 provides the data given by GfE (2001, pg. 24, Table 1.4.3) for dry matter intake during the dry period (i. e. the last 6 weeks before calving) as a function of the dry matter NEL content. This data set applies to a cow with a weight of 650 kg. Differing cow weights can not be taken into account as there is no information given in GfE (2001).

In additional lines, Table 4.16 lists the steps used to calculate the total NEL intake during the dry period. The result equals that obtained with equation (22) in Dämmgen et al (2009b). As the emission inventory is based on the assumption that animal feeding exactly satisfies energy requirements, the total NEL intake calculated according to Table 4.16 can be interpreted as the total NEL requirements during the dry period ( $NEL_{dry}^*$ ).

Der weitaus geringere Anteil,  $NEL_{dry}$ , wird wie nachfolgend beschrieben geschätzt.  $NEL_{lact}$  berechnet sich dann als Differenz von  $NEL_{tot}$  und  $NEL_{dry}$ .

Table 4.16 zeigt die für die Trockenzeit (d. h. die letzten 6 Wochen vor dem Kalben) von GfE (2001, S. 24, Tabelle 1.4.3) angegebenen Werte für Trockenmasseaufnahme als Funktion des NEL-Gehaltes dieser Trockenmasse. Diese Daten gelten für ein Kuhgewicht von 650 kg. Eine Differenzierung nach Tiergewicht erfolgt mangels Daten in GfE (2001) nicht.

In zusätzlichen Zeilen listet Table 4.16 die Schritte zur Berechnung der Gesamt-NEL-Aufnahme während der Trockenstehzeit. Das Ergebnis entspricht dem mit Gleichung (22) in Dämmgen et al. (2009b) zu erhaltenden Ergebnis. Da die Inventarberechnung auf der Voraussetzung beruht, dass die Tierfütterung genau den Energiebedarf decken soll, kann die nach Table 4.16 berechnete Gesamt-NEL-Aufnahme mit dem Gesamt-NEL-Bedarf  $NEL_{dry}^*$  gleich gesetzt werden.

Table 4.16: Dairy cows, NEL intake during the dry period for a cow of 650 kg

NEL content per kg of dry matter (4 different types of dry matter) <sup>a</sup>	5.2	5.6	6.0	6.4
daily dry matter intake during phase 1 (6 to 4 weeks before calving) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	9.8	9.0	8.4	7.9
daily dry matter intake during phase 2 (3 <sup>rd</sup> week until calving) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	10.7	9.9	9.3	8.7
daily dry matter intake averaged over the entire dry period (6 weeks) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	20.5/2	18.9/2	17.7/2	16.6/2
mean daily NEL intake (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	20.5/2 · 5.2	18.9/2 · 5.6	17.7/2 · 6.0	16.6/2 · 6.4
mean daily NEL intake averaged over the different dry matter types (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	53.1			
$NEL_{dry}^*$ , i. e. total daily NEL intake for 6 weeks of dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> )	2230.6			

<sup>a</sup> Source: GfE (2001), pg. 24, Table 1.4.3

The annual NEL requirements are then calculated as follows:

Der jährliche NEL-Bedarf  $NEL_{dry}$  ergibt sich dann wie folgt:

$$NEL_{dry} = NEL_{dry}^* \cdot \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \quad (4.15)$$

where

$NEL_{dry}$	annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{dry}^*$	total net energy requirements during the dry period ( $NEL_{dry}^* = 2230.6$ MJ cow <sup>-1</sup> NEL, see Table 4.16)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$t_{ibc}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6

The NEL requirements during the lactation period are then given by:

Damit lässt sich der aus der Laktationsphase jährlich resultierende NEL-Bedarf  $NEL_{lact}$  berechnen:

$$NEL_{lact} = NEL_{tot} - NEL_{dry} \quad (4.16)$$

where

$NEL_{lact}$	annual net energy requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{tot}$	total annual net energy requirements (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.2
$NEL_{dry}$	annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)

The NEL requirements during the lactation period are then given by:

Für den während der Laktationsphase entstehenden NEL-Bedarf folgt daraus:

$$NEL_{\text{lact}}^* = NEL_{\text{lact}} \cdot \frac{t_{\text{ibc}}^*}{\alpha} \quad (4.17)$$

where

$NEL_{\text{lact}}^*$	total net energy requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{\text{lact}}$	annual net energy requirements related to the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$t_{\text{ibc}}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )

### 4.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Feed is supplied in concentrates and roughage inside the animal house and during grazing. The respective shares are also governed by the DM intake of the animals, as DM intake is limited. Once the DM intake and the feed properties are known, the intakes of GE, DE, ME, NEL and N can be deduced.

Energy and N contents of pasture grass and roughage provided in the housing are different. This is taken into account in the inventory calculation by weighted averaging, see Chapter 4.3.4.

The calculations described subsequently are done for all districts separately which is not explicitly emphasized in the respective paragraphs.

Futter wird als Raufutter und als Kraftfutter im Stall und auf der Weide bereitgestellt. Die jeweiligen Anteile sind auch von der Trockenmasse-Aufnahme abhängig, die begrenzt ist. Wenn die Trockenmasse und die Futtereigenschaften bekannt sind, lassen sich die Aufnahme von GE, DE, ME, NEL und N ableiten.

Die unterschiedlichen Energie- und N-Gehalte von Weidegras und im Stall verabreichten Raufutter werden in der Inventarberechnung durch gewichtete Mittelung berücksichtigt, siehe Kapitel 4.3.4.

Die nachfolgend beschriebenen Berechnungen erfolgen für jeden Kreis separat, ohne dass dies gesondert hervorgehoben wird.

#### 4.3.3.1 Linking feed intake with energy requirements / Die Kombination von Futter-Aufnahme und Energiebedarf

IPCC (2006, pg. 10.23) requires inventory calculations to be based on the principle of feeding animals exactly according to their energy requirements. Hence, the energy taken in with feed ( $NEL_{\text{feed}}$ ) equals the total energy requirements ( $NEL_{\text{tot}}$ ). The latter can be split up into the energy shares for the lactation period ( $NEL_{\text{lact}}$ ) and the dry period ( $NEL_{\text{dry}}$ ).

Die IPCC-Forderung (2006, S. 10.23), für die Inventarberechnung von energiebedarfsgerecht gefütterten Tieren auszugehen, resultiert in der Gleichsetzung der mit dem Futter aufgenommenen Energie  $NEL_{\text{feed}}$  mit dem Gesamtenergiebedarf  $NEL_{\text{tot}}$ , der sich wiederum nach Kapitel 4.3.2.9 in die Energiebedarfsanteile für die Laktationsperiode ( $NEL_{\text{lact}}$ ) und die Trockenstehzeit ( $NEL_{\text{dry}}$ ) aufspaltet.

$$NEL_{\text{feed}} = NEL_{\text{tot}} = NEL_{\text{lact}} + NEL_{\text{dry}} \quad (4.18)$$

where

$NEL_{\text{feed}}$	annual intake of NEL with feed (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{\text{tot}}$	annual NEL required (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{\text{lact}}$	annual net energy requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{\text{dry}}$	annual net energy requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NEL)

#### 4.3.3.2 Total dry matter intake / Gesamttrockenmasse-Aufnahme

The calculation of the inventory-relevant *annual* dry matter intake is based on the total dry matter intake during the interval between calvings ( $DM^*$ ).  $DM^*$  is calculated from the amounts of dry matter

Ausgangspunkt zur Ermittlung der für das Inventar relevanten *jährlichen* Trockenmasse-Aufnahme ist die Trockenmasse-Aufnahme  $DM^*$  während der Zwischenkalbezeit, die aus Beiträgen aus Laktations- und

taken in during the lactation period and the dry period.  
(For the period definitions see Chapter 4.3.1.6.)

Trockenphase gebildet wird. (Zum Zusammenhang der verschiedenen Phasen siehe Kapitel 4.3.1.6.).

$$DM^* = DM_{lact}^* + DM_{dry}^* \quad (4.19)$$

where

$DM^*$	total intake of dry matter (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{lact}^*$	intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{dry}^*$	intake of DM during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)

The *annual* dry matter intake is given by:

Für die *jährliche* Trockenmasse-Aufnahme gilt:

$$DM = DM_{lact} + DM_{dry} = (DM_{lact}^* + DM_{dry}^*) \cdot \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \quad (4.20)$$

where

$DM$	annual intake of dry matter (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{lact}$	annual intake of dry matter related to the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{dry}$	annual intake of dry matter related to the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{lact}^*$	intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{dry}^*$	intake of DM during dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$t_{ibc}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6

Different properties of roughage and concentrates are accounted for during the calculation of the dry matter intake by considering the different shares of roughage and concentrates:

Zur Berücksichtigung unterschiedlicher Eigenschaften von Raufutter- und Kraftfutter wird bei der Trockenmasse-Aufnahme zusätzlich noch nach Raufutter- und Kraftfutteranteilen unterschieden:

$$DM_{lact}^* = DM_{conc, lact}^* + DM_{rough, lact}^* = (dm_{conc, lact} + dm_{rough, lact}) \cdot t_{lact}^* \quad (4.21)$$

$$DM_{dry}^* = DM_{conc, dry}^* + DM_{rough, dry}^* = (dm_{conc, dry} + dm_{rough, dry}) \cdot t_{dry}^* \quad (4.22)$$

where

$DM_{lact}^*$	intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{conc, lact}^*$	intake of concentrates dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{rough, lact}^*$	intake of roughage dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$dm_{conc, lact}$	daily intake of dry matter during the lactation period with concentrates (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$dm_{rough, lact}$	daily intake of dry matter during the lactation period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$t_{lact}^*$	duration of the lactation period (in d), see Chapter 4.3.1.6
$DM_{dry}^*$	intake of dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{conc, dry}^*$	intake of concentrates dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$DM_{rough, dry}^*$	intake of roughage dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM)
$dm_{conc, dry}$	daily intake of dry matter during the dry period with concentrates (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$dm_{rough, dry}$	daily intake of dry matter during the dry period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$t_{dry}^*$	duration of the dry period (in d), see Chapter 4.3.1.6

The calculation of the daily amounts of dry matter intake as introduced above is described in the subsequent chapters.

Die oben eingeführten Tageswerte der Trockenmasse-Aufnahme werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

#### 4.3.3.3 Dry matter intake during the lactation period / Trockenmasse-Aufnahme während der Laktationszeit

The calculation of the daily dry matter intake with roughage during the lactation period is principally based on the formula provided in DLG (1986), Chapter 6. However, it is extended to take into account the impact of high milk yields according to Kruif et al. (2006). Dämmgen et al. (2009b) combine this approach with an equation describing how energy requirements are met by feeding. This results in a set of two equations for the daily dry matter intake with roughage and concentrates (according to Dämmgen et al., 2009b, with slight formal modifications):

$$dm_{\text{rough, lact}} = \frac{nel_{\text{lact}} - dm_{\text{conc, lact}} \cdot \eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \quad (4.23)$$

with

$$nel_{\text{lact}} = \frac{NEL_{\text{lact}}^*}{t_{\text{lact}}^*} \quad (4.24)$$

and

$$dm_{\text{conc, lact}} = \frac{B}{2} - \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 - C} \quad (4.25)$$

with

$$B = \frac{\eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \cdot \frac{1}{d} \quad (4.26)$$

$$C = \left( \frac{NEL_{\text{lact}}^*}{t_{\text{lact}}^* \cdot \eta_{\text{NEL, rough}}} - a \cdot w - b \cdot \left( \frac{\eta_{\text{NEL, rough}}}{\eta_{\text{NEL, unit}}} \right)^c - f \cdot \max(y_{\text{ECM}} - e; 0) \right) \cdot \frac{1}{d} \quad (4.27)$$

where

$dm_{\text{rough, lact}}$	daily intake of dry matter during the lactation period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$nel_{\text{lact}}$	daily net energy requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$dm_{\text{conc, lact}}$	daily intake of dry matter during the lactation period with concentrates (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$B, C$	auxiliary entities
$\eta_{\text{NEL, conc}}$	NEL content of concentrates (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2
$\eta_{\text{NEL, rough}}$	NEL content of roughage (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2
$NEL_{\text{lact}}^*$	total net energy requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.2.9
$t_{\text{lact}}^*$	duration of lactation period (in d a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.6
$d$	constant ( $d = 0.026 \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )
$a$	constant ( $a = 0.006 \text{ d}^{-1}$ )
$w$	animal weight (in kg cow <sup>-1</sup> )
$b$	constant ( $b = 0.19 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )
$\eta_{\text{NEL, unit}}$	unit NEL content of feed ( $X_{\text{NEL, unit}} = 1 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ NEL}$ )
$c$	exponent ( $c = 2.16$ )
$f$	constant ( $f = 0.1$ )
$y_{\text{ECM}}$	energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see below
$e$	constant ( $e = 25 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )

Die Berechnung der täglichen Trockenmasse-Aufnahme von Raufutter während der Laktationszeit, beruht im Wesentlichen auf der in DLG (1986), Kap. 6 angegebenen Formel, ergänzt um die Berücksichtigung des Einflusses hoher Milchleistungen (Kruif et al., 2006). Dämmgen et al. (2009b) kombinieren diesen Ansatz mit einer Gleichung zur Befriedigung des Energiebedarfs durch das Futter. Daraus resultiert der folgende Gleichungssatz für die tägliche Trockenmasse-Aufnahme von Rau- und Kraftfutter, (formal leicht verändert nach Dämmgen et al., 2009b):

The energy-corrected daily milk yield  $y_{\text{ECM}}$  is defined as follows:

Die energiekorrigierte mittlere tägliche Milchleistung  $y_{\text{ECM}}$  ist wie folgt definiert:

$$y_{\text{ECM}} = y_{\text{M}} \cdot \frac{LE}{LE_s} \quad (4.28)$$

where

$y_{\text{ECM}}$	energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$y_{\text{M}}$	daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$LE$	energy content of milk (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see below
$LE_s$	energy content of standard milk (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see below

Taking into account a specific additional amount of energy  $d = 0,1 \text{ MJ kg}^{-1}$  (see GfE, 2001, pg. 22),  $LE$  is given by (see also GfE, 2001, pg. 21, eq. (1.4.3)):

Nach GfE (2001), S. 21, Gl. (1.4.3), gilt unter Berücksichtigung des in GfE (2001), S. 22, angegebenen Energiezuschlages von  $d = 0,1 \text{ MJ kg}^{-1}$ :

$$LE = (c_{\text{lc},1} + c_{\text{lc},2} \cdot x_{\text{fat,milk}} + c_{\text{lc},3} \cdot x_{\text{XP,milk}}) + d \quad (4.29)$$

where

$LE$	energy content of milk (in MJ kg <sup>-1</sup> )
$LE_s$	energy content of standard milk (4 % fat content, 12.8 % dry matter content) (in MJ kg <sup>-1</sup> )
$c_{\text{lc},1}$	constant ( $c_{\text{lc},1} = 0.95 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)
$c_{\text{lc},2}$	coefficient ( $c_{\text{lc},2} = 38 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)
$x_{\text{fat,milk}}$	mass fraction of milk fat (in kg kg <sup>-1</sup> )
$c_{\text{lc},3}$	coefficient ( $c_{\text{lc},3} = 21 \text{ MJ kg}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 21)
$x_{\text{XP,milk}}$	mass fraction of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> )
$d$	constant ( $d = 0.1 \text{ MJ cow}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ NEL}$ ; GfE, 2001, pg. 22)

The quantity  $LE_s$  is obtained by using standard milk properties in the equation given above: fat content of 4 % or  $0.04 \text{ kg kg}^{-1}$ , protein content of 3.4 % or  $0.034 \text{ kg kg}^{-1}$  (DLG, 2005, pg. 28; Weiß, 2010). This leads to  $LE_s = 3.28 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

Finally  $y_{\text{ECM}}$  can be written as follows:

Die Größe  $LE_s$  erhält man, indem Standardmilch-Kennwerte in die obige LE-Gleichung eingesetzt werden: Fettgehalt 4 % bzw.  $0.04 \text{ kg kg}^{-1}$ , Proteingehalt 3,4 % bzw.  $0.034 \text{ kg kg}^{-1}$  (DLG, 2005, S. 28; Weiß, 2010). Dies führt zu  $LE_s = 3,28 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

Zusammenfassend ergibt sich für  $y_{\text{ECM}}$ :

$$y_{\text{ECM}} = y_{\text{M}} \cdot \frac{p + q \cdot x_{\text{fat,milk}} + r \cdot x_{\text{XP,milk}}}{s} \quad (4.30)$$

where

$y_{\text{ECM}}$	energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see below
$y_{\text{M}}$	daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$p$	constant ( $p = 1.05 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$q$	constant ( $q = 38 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$x_{\text{fat,milk}}$	mass fraction of milk fat (in kg kg <sup>-1</sup> )
$r$	constant ( $r = 21 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$x_{\text{XP,milk}}$	mass fraction of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> )
$s$	constant ( $s = LE_s = 3.28 \text{ MJ kg}^{-1}$ )

This equation corresponds to the formula given in DLG (2001, pg. 14ff, context of Tables 5, 6, und 7).

Diese Gleichung entspricht der Formel in DLG (2001, S. 14ff, Kontext zu Tabellen 5, 6, und 7).

The daily milk yield is obtained from:

Die tägliche Milchleistung  $y_{\text{M}}$  berechnet sich aus:

$$y_{\text{M}} = \frac{Y_{\text{M}}^*}{t_{\text{lact}}^*} = Y_{\text{M}} \frac{t_{\text{ibc}}^*}{\alpha} \quad (4.31)$$

where

$y_M^*$	daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see below
$Y_M^*$	total milk yield during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> )
$t_{lact}^*$	duration of lactation period (in d a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.6
$Y_M$	annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$t_{ibc}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )

#### 4.3.3.4 Dry matter intake during the dry period / Trockenmasse-Aufnahme während der Trockenstehzeit

Combining the dairy cow's energy requirements with the energy contents of the feed, Dämmgen et al. (2009b) derived the following equation to calculate the dry matter intake with roughage during the dry period.

Aus dem Abgleich zwischen dem Energiebedarf der Milchkühe und dem Energieangebot im Futter resultiert nach Dämmgen et al. (2009b) für die Trockenstehzeit die folgende Gleichung zur Berechnung der Trockenmasse-Aufnahme mit dem Raufutter:

$$dm_{\text{rough, dry}} = \frac{nel_{\text{dry}} - dm_{\text{conc, dry}} \cdot \eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \quad (4.32)$$

where

$dm_{\text{rough, dry}}$	daily intake of dry matter during the dry period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$nel_{\text{dry}}$	daily NEL intake with feed during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$dm_{\text{conc, dry}}$	daily intake of dry matter during the dry period with roughage (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM), see below
$\eta_{\text{NEL, conc}}$	NEL content of concentrates (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2
$\eta_{\text{NEL, rough}}$	NEL content of roughage (in MJ kg <sup>-1</sup> NEL), see Chapter 4.3.4.2

and

$$nel_{\text{dry}} = \frac{NEL_{\text{dry}}^*}{t_{\text{dry}}^*} \quad (4.33)$$

where

$nel_{\text{dry}}$	daily NEL intake with feed during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> NEL)
$NEL_{\text{dry}}^*$	total net energy requirements during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> NEL)
$t_{\text{dry}}^*$	duration of the dry period (in d), see Chapter 4.3.1.6

During the dry period of 42 days (Chapter 4.3.1.6) dairy cows get no concentrates over 28 days and 3 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> of concentrates over 14 days (according to Spiekers, 2002, Table 7 and 8). The mean daily intake of concentrates,  $dm_{\text{conc, dry}}$  is therefore 1 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> fresh matter or 0.88 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> dry matter.

Nach Spiekers (2002, Tabelle 7 und 8) erhalten Milchkühe innerhalb der 42 Tage Trockenstehzeit (Kapitel 4.3.1.6) 28 Tage kein Kraftfutter und 14 Tage 3 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche tägliche Kraftfutteraufnahme  $dm_{\text{conc, dry}}$  von 1 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Frischmasse bzw. 0,88 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Trockenmasse.

#### 4.3.3.5 Partitioning of roughage intake between house and pasture / Aufteilung der Raufutteraufnahme zwischen Stall und Weide

The properties of pasture grass and roughage provided in the housing differ, e. g. for the nitrogen content. To account for this difference when calculating N intake and N excretion, the annual total intake of roughage dry matter is split up into the shares for housing and pasture:

Weidegras unterscheidet sich von dem im Stall verabreichten Raufutter u. A. im Stickstoffgehalt. Um dies in der Berechnung von N-Aufnahme und N-Ausscheidung berücksichtigen zu können, wird die jährlich aufgenommene Gesamtmenge an Raufutter-Trockenmasse zwischen Stall und Weide aufgeteilt:



$$DM_{\text{rough}} = DM_{\text{rough, house}} + DM_{\text{rough, graz}} \quad (4.34)$$

where

$DM_{\text{rough}}$	total annual dry matter intake of roughage (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{rough, house}}$	annual dry matter intake of roughage in the house (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{rough, graz}}$	annual dry matter intake of roughage during grazing (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)

The dry matter proportioning is performed using the factor  $f_{\text{graz}}$ , which quantifies the relative annual duration of grazing:

Die Aufteilung wird mit Hilfe eines Faktors  $f_{\text{graz}}$  vorgenommen, der dem auf die Dauer eines Jahres bezogenen relativen Anteil der Weidezeiten entspricht.

$$DM_{\text{rough, graz}} = f_{\text{graz}} \cdot DM_{\text{rough}} \quad (4.35)$$

$$DM_{\text{rough, house}} = (1 - f_{\text{graz}}) \cdot DM_{\text{rough}} \quad (4.36)$$

where

$DM_{\text{rough, graz}}$	annual dry matter intake of roughage during grazing (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$f_{\text{graz}}$	fraction of the year that is spent on pasture (a a <sup>-1</sup> )
$DM_{\text{rough}}$	total annual dry matter intake of roughage (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$DM_{\text{rough, house}}$	annual dry matter intake of roughage in the house (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)

According to Dämmgen et al. (2009b) the derivation of  $f_{\text{graz}}$  is based on the population percentages of all-day or by-the-hour grazing animals as well as on the duration of the annual grazing period. The time the animals spend in the milking yard is not considered, as there is no feeding.

Nach Dämmgen et al. (2009b) beruht die Ableitung von  $f_{\text{graz}}$  auf den Prozentsätzen der ganztägig oder nur stundenweise auf der Weide stehenden Tiere sowie der Dauer der jährlichen Weideperiode. Die Zeit für Melken wird nicht berücksichtigt, da während der Melkzeit kein Futter verabreicht wird.

$$f_{\text{graz}} = \frac{\tau_{\text{graz, year}} \cdot [x_{\text{graz, d}} \cdot (\delta - \tau_{\text{milk}}) + x_{\text{graz, h}} \cdot \tau_{\text{graz, h}}]}{\alpha \cdot (\delta - \tau_{\text{milk}})} \quad (4.37)$$

where

$f_{\text{graz}}$	fraction of the year that is spent on pasture
$\tau_{\text{graz, year}}$	annual duration of the grazing period (in d a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{graz, d}}$	fraction of the dairy cow population kept outdoors all day
$\delta$	time units conversion factor ( $\delta = 24 \text{ h d}^{-1}$ )
$\tau_{\text{milk}}$	daily duration of milking ( $\tau_{\text{milk}} = 3.5 \text{ h d}^{-1}$ )
$x_{\text{graz, h}}$	fraction of the dairy cow population kept outdoors part of day
$\tau_{\text{graz, h}}$	daily duration of grazing ( $\tau_{\text{graz, h}} = 10 \text{ h d}^{-1}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )

Grazing has also an impact on the mean properties of the roughage taken in, see Chapter 4.3.4.4

Der Weidegang beeinflusst in analoger Weise auch die mittleren Eigenschaften des Raufutters, siehe Kapitel 4.3.4.4.

#### 4.3.3.6 Assessment of gross energy intake / Bestimmung der Gesamtenergie-Aufnahme

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation (Chapter 3.3.2.2) as well as VS excretions (Chapter 3.4.1), the amount of annual gross energy intake (GE) is needed. The calculation of GE is described in Chapter 4.3.4.5.

Für die Berechnung der Methanemission aus der Verdauung (Chapter 3.3.2.2) sowie der VS-Ausscheidung (Chapter 3.4.1) wird der Betrag der jährlichen Gesamtenergie-Aufnahme pro Platz (GE) benötigt. Die Berechnung dieser Größe wird in Kapitel 4.3.4.5 beschrieben.

#### 4.3.4 Feed composition / Futterzusammensetzung

##### 4.3.4.1 Modelling concept

The German inventory differentiates between grass based feeds and mixed feeds:

- Mixed diet fed in regions with considerable areas of arable land (maize silage, grass silage, standard concentrate MLF 18/3, rape seed expeller and straw)
- grass based diet in regions without considerable areas of arable land (grass silage, standard concentrate MLF 18/3, wheat)

For each district, the respective shares of these standard feeds in dairy cattle husbandry are calculated using percentages of dairy cows kept either in farms with considerable areas of arable land or farms where the share of grassland is predominant. The percentages have been provided by the Federal Statistical Agency (based on existing official statistical data). For details see Dämmgen et al. (2010a).

For the description of the milkyield-dependent compositions of the two standard rations mentioned above the reader is referred to Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.3.

The modification of the mean properties of the roughage due to grazing is described in Chapter 4.3.4.4.

Chapter 4.3.4.5 deals with the calculation of the national mean of the digestibility, a quantity which is needed for the emission reporting under UNFCCC.

Das deutsche Inventar unterscheidet zwei Standardfutter-Zusammensetzungen:

- gemischte Ration in Ackerbaugebieten (Maissilage, Grassilage, Kraftfutter MLF 18/3, Raps-Extraktionsschrot und Stroh)
- Grassilage-Ration in Grünlandgebieten (Grassilage, Kraftfutter MLF 18/3, Weizen)

Für jeden Kreis wird berechnet, zu welchen Anteilen diese Standardfutter an der Fütterung der jeweiligen Milchkuh-Population beteiligt sind. Diese Berechnung beruht auf Daten zur prozentualen Verteilung der Milchkühe eines jeden Kreises auf Ackerbau- und Grünlandbetriebe. Diese Daten wurden durch das Statistische Bundesamt aus vorhandenen Daten der amtlichen Statistik abgeleitet. Zu Einzelheiten siehe Dämmgen et al. (2010a).

Zur Beschreibung der von der Milchleistung abhängigen Zusammensetzung der beiden oben genannten Standard-Rationen siehe Kapitel 4.3.4.2 und 4.3.4.3.

Auf die infolge Weidehaltung erforderliche Modifikation der mittleren Eigenschaften des Raufutter-Anteiles geht Kapitel 4.3.4.4 ein.

Kapitel 4.3.4.5 beschreibt schließlich die Berechnung der für die Klimaberichterstattung unter UNFCCC erforderlichen mittleren Verdaulichkeit auf nationaler Ebene.

##### 4.3.4.2 Composition of the mixed diet / Zusammensetzung der gemischten Ration

According to Dämmgen et al. (2010a), the standard roughage composition of the mixed diet consists of grass and maize silages in a constant mass ratio  $g_{i, \text{house}}$  of grass to maize to straw of 0.44 to 0.54 to 0.02 kg kg<sup>-1</sup> (related to dry matter).

For the properties of the roughage constituents see Table 4.17. The data for raw protein contents can be converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(1996)-10.58).

Nach Dämmgen et al. (2010a) besteht die Standard-Raufutterzusammensetzung in der gemischten Ration aus Grassilage, Maissilage und Stroh mit konstanten Massenanteilen  $g_{i, \text{house}}$  von 0,44 zu 0,54 zu 0,02 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf Trockenmasse).

Die Eigenschaften der Raufutterbestandteile zeigt Table 4.17. Die Angaben zum Rohproteingehalt können mit dem Faktor 1/6.25 in N-Gehalte umgerechnet werden (IPCC(1996)-10.58).

Table 4.17: Dairy cows, diet constituent properties used in the inventory

Feed constituent	DM content	ME in DM	NEL in DM	DE in DM	GE in DM	XP in DM
	$x_{\text{DE, rough}}$ kg kg <sup>-1</sup>	$\eta_{\text{ME, rough}}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{\text{NEL, rough}}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{\text{DE, rough}}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{\text{GE, rough}}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$x_{\text{XP, rough}}$ kg kg <sup>-1</sup>
<b>roughage</b>						
Grass (standard pasture)	0.19	10.6	6.4	14.1	18.5	0.190
Grass silage	0.35	10.2	5.9	13.2	18.4	0.160
maize silage	0.27	11.0	6.5	13.6	18.5	0.075
straw (barley)	0.86	6.4	3.5	8.5	17.8	0.040
	$x_{\text{DE, conc}}$ kg kg <sup>-1</sup>	$\eta_{\text{ME, conc}}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{\text{NEL, conc}}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{\text{DE, conc}}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{\text{GE, conc}}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$x_{\text{XP, conc}}$ kg kg <sup>-1</sup>
<b>concentrates</b>						
concentrate MLF 18/3	0.88	12.3	7.6	15.6	18.9	0.205
Rape seed expeller	0.90	12.5	7.5	15.2	20.3	0.396
Wheat	0.88	13.4	8.5	16.4	18.5	0.138

Sources: DLG 2005; LUFA Nord-West; expert judgement Küster, LWK-Nds

Based on the information in Table 4.17 and the formula given below, the mean properties of roughage (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated:

$$A_{\text{mean}} = \sum_i^n g_i \cdot A_i \quad (4.38)$$

where

$A_{\text{mean}}$	mean value of a feed property A
$i$	index of feed constituent
$g_{i, \text{house}}$	mass fraction of feed constituent i
$A_i$	value of feed property A of feed constituent i (see Table 4.17)

If grazing occurs, the mean roughage properties need to be adjusted in order to account for differing properties of pasture grass, see Chapter 4.3.4.4.

Standard concentrate MLF 18/3 is used throughout. The diet is supplemented by rape seed expeller (varying between 0.5 and 1.5 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

The properties of the concentrates constituents are given in Table 4.17.

From expert data (see Dämmgen et al., 2010a), a steady function for the share of rapeseed expeller in concentrates as a function of milk yield was derived, see Figure 4.2.

Mit Hilfe der Angaben in Table 4.17 und der folgenden allgemeinen Formel werden die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Raufutters berechnet:

Im Falle von Weidegang müssen die mittleren Raufuttereigenschaften noch angepasst werden, um die abweichenden Eigenschaften von Weidegras zu berücksichtigen, siehe dazu Kapitel 4.3.4.4.

An Kraftfutter wird generell Milchleistungsfutter MLF 18/3 gefüttert. Die Mischung wird mit Rapsextraktionsschrot supplementiert (Mengen zwischen 0,5 und 1,5 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

Die Eigenschaften der Kraftfutterbestandteile zeigt Table 4.17.

Aus Expertenschätzungen (siehe Dämmgen et al., 2010a) wurde eine stetige Funktion für die Rapsextraktionsschrot-Anteile in Abhängigkeit von der Milchleistung abgeleitet, siehe Figure 4.2.

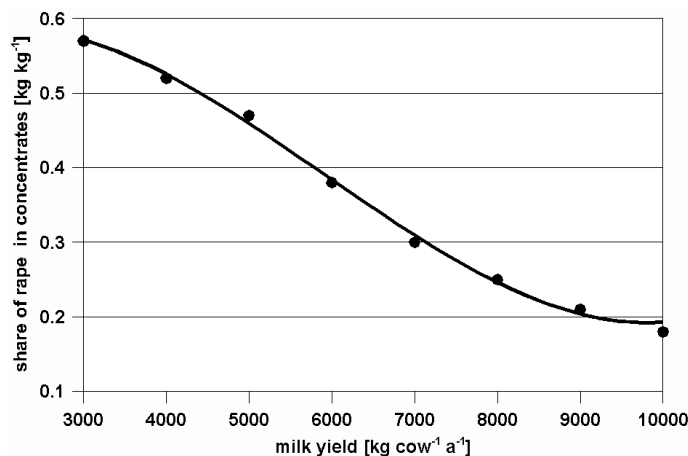


Figure 4.2: Standard mixed feeds, share of rape seed expeller in concentrates as function of milk yield (data points derived from expert judgment, see Dämmgen et al., 2010a)

The adjusted steady function reads

Es ergibt sich die folgende stetige Funktion:

$$X_{\text{rape, mixed}} = a_{\text{rape, mixed}} + b_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M + c_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M^2 + d_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M^3 \quad (4.39)$$

where

$X_{\text{rape, mixed}}$	ratio of rape seed expeller in concentrates, mixed diet (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{\text{rape, mixed}}$	constant ( $a_{\text{rape, mixed}} = 0.4879 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$b_{\text{rape, mixed}}$	coefficient ( $b_{\text{rape, mixed}} = 0.1038 \cdot 10^{-3} \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )
$Y_M$	annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.2
$c_{\text{rape, mixed}}$	coefficient ( $c_{\text{rape, mixed}} = -3.043 \cdot 10^{-8} \text{ kg}^{-2} \text{ cow}^2 \text{ a}^2$ )
$d_{\text{rape, mixed}}$	coefficient ( $d_{\text{rape, mixed}} = 1.71 \cdot 10^{-12} \text{ kg}^{-3} \text{ cow}^3 \text{ a}^3$ )

The share of standard concentrate MLF 18/3 is

Der Anteil von MLF 18/3 im Kraftfutter ist

$$X_{\text{MLF, mixed}} = 1 - X_{\text{rape, mixed}} \quad (4.40)$$

The mean properties of concentrates (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated by analogy to the procedure used for roughage (see above). They depend on the milk yield which varies in space and time.

Die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Kraftfutters werden analog zur Vorgehensweise beim Raufutters (s. o. berechnet. Sie sind von der räumlich und zeitlich variierenden Milchleistung abhängig.

#### 4.3.4.3 Composition of the grass based diet / Zusammensetzung der Ration auf Grassilage-Basis

For roughage, only grass silage is used the properties of which are listed in Table 4.17.

Als Raufutter wird ausschließlich Grassilage verwendet, deren Eigenschaften in Table 4.17 aufgeführt sind.

If grazing occurs, the mean roughage properties need to be adjusted in order to account for differing properties of pasture grass, see Chapter 4.3.4.4.

Im Falle von Weidegang müssen die Raufuttereigenschaften noch angepasst werden, um die abweichenden Eigenschaften von Weidegras zu berücksichtigen, siehe dazu Kapitel 4.3.4.4.

Standard concentrate MLF 18/3 is supplemented with wheat in varying shares.

Kraftfutter MLF 18/3 wird mit variierenden Mengen Weizen supplementiert.

The properties of the concentrates constituents are given in Table 4.17 (see Chapter 4.3.4.2).

Die Eigenschaften der Kraftfutterbestandteile zeigt Table 4.17 (siehe Kapitel 4.3.4.2).

The share of wheat in concentrates is depending on milk yield as displayed in Figure 4.3:

Der Anteil von Weizen im Kraftfuttergemisch ist milchleistungsabhängig wie in Figure 4.3 gezeigt:

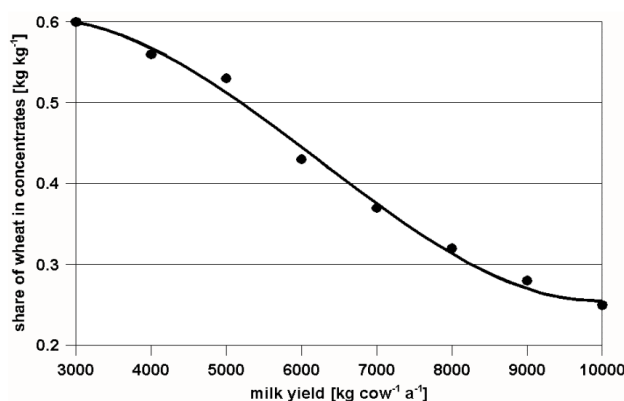


Figure 4.3: Standard grass based feeds, share of wheat in concentrates as function of milk yield (data points derived from expert judgment, see Dämmgen et al., 2010a)

The resulting steady function reads

Daraus resultiert folgende stetige Funktion:

$$X_{\text{wheat, grass}} = a_{\text{wheat, grass}} + b_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M + c_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M^2 + d_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M^3 \quad (4.41)$$

where

$X_{\text{wheat, grass}}$	ratio of wheat in total concentrates, grass based diet (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{\text{wheat, grass}}$	constant ( $a_{\text{wheat, grass}} = 0.47054 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$b_{\text{wheat, grass}}$	coefficient ( $b_{\text{wheat, grass}} = 1.238 \cdot 10^{-4} \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )
$Y_M$	annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.2
$c_{\text{wheat, grass}}$	coefficient ( $c_{\text{wheat, grass}} = -3.1446 \cdot 10^{-8} \text{ kg}^{-2} \text{ cow}^2 \text{ a}^2$ )
$d_{\text{wheat, grass}}$	coefficient ( $d_{\text{wheat, grass}} = 1.688 \cdot 10^{-12} \text{ kg}^{-3} \text{ cow}^3 \text{ a}^3$ )

The share of standard concentrate MLF 18/3 is

Der Anteil von MLF 18/3 im Kraftfutter ist

$$X_{\text{MLF, grass}} = 1 - X_{\text{wheat, grass}} \quad (4.42)$$

$X_{\text{MLF, grass}}$	ratio of MLF 18/3 in total concentrates, grass based diet (in kg kg <sup>-1</sup> )
$X_{\text{wheat, grass}}$	ratio of wheat in total concentrates, grass based diet (in kg kg <sup>-1</sup> )

The mean properties of concentrates (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated by analogy to the procedure used for roughage (see Chapter 4.3.4.2). They depend on the milk yield which varies in space and time.

Die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Kraftfutters werden wie in Kapitel 4.3.4.2 für Raufutter beschrieben berechnet. Sie sind von der räumlich und zeitlich variierenden Milchleistung abhängig.

#### 4.3.4.4 *Impact of grazing on mean roughage properties / Einfluss von Weidegang auf mittlere Raufutter-Eigenschaften*

The properties of pasture grass and roughage provided in the housing differ for energy and nitrogen content, see Table 4.17. Hence, grazing has to be accounted for when calculating the mean contents of NEL, GE and N in the roughage taken in. This leads to effective contents of the dry matter intake which are to be used in Chapters 4.3.3.3 and 4.3.3.4.

The calculation of the effective roughage properties is based on the factor  $f_{\text{graz}}$  which is introduced in Chapter 4.3.3.5.

The effective value of a feed property A is calculated using a weighted mean:

Weidegras unterscheidet sich in Energie- und Stickstoffgehalt von dem im Stall verabreichten Raufutter, siehe Table 4.17. Daher muss Weidegang in die Berechnung der NEL-, GE- und N-Gehalte des insgesamt aufgenommenen Raufutters einbezogen werden. Dies ergibt effektive Gehalte der aufgenommenen Trockenmasse, die in den Kapiteln 4.3.3.3 und 4.3.3.4 zugrunde zu legen sind.

Die Berechnung der effektiven Raufuttereigenschaften beruht auf dem in Kapitel 4.3.3.5 eingeführten Faktor  $f_{\text{graz}}$ .

Der effektive Wert einer Futtereigenschaft A wird im Inventar durch gewichtete Mittelung berechnet:

$$A_{\text{eff}} = (1 - f_{\text{graz}}) \cdot A_{\text{standard}} + f_{\text{graz}} \cdot A_{\text{graz}} \quad (4.43)$$

where

$A_{\text{eff}}$	effective value of roughage property A
$f_{\text{graz}}$	fraction of the year that is spent on pasture (a a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.3.5
$A_{\text{standard}}$	value of roughage feed property A in the standard diet composition, see Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.3
$A_{\text{graz}}$	value of property A in pasture grass, see Table 4.17

For the example of a grazing period of 180 days a year with 20 % of the animals being all day on pasture (while no animals are on pasture only for some hours), the factor  $f_{A, \text{graz}}$  is 0.099.

Für den Beispielfall einer Weideperiode von 180 Tagen im Jahr, während der 20 % aller Tiere ganztags auf der Weide stehen (keine Tiere nur stundenweise), ergibt sich  $f_{A, \text{graz}} = 0,099$ .

#### 4.3.4.5 Calculation of digestibility and metabolizability / Berechnung von Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit

The mean digestibilities of the two standard rations (cf. Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.3) are calculated separately for each district:

$$X_{DE, f, i} = \frac{DE_{f, i}}{GE_{f, i}} \quad (4.44)$$

with

$$DE_{f, i} = \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \cdot DE_{f, i}^* = \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \cdot (DM_{f, conc, i}^* \cdot \eta_{DE, f, conc, i} + DM_{f, rough, i}^* \cdot \eta_{DE, f, rough, i}) \quad (4.45)$$

$$GE_{f, i} = \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \cdot GE_{f, i}^* = \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \cdot (DM_{f, conc, i}^* \cdot \eta_{GE, f, conc, i} + DM_{f, rough, i}^* \cdot \eta_{GE, f, rough, i}) \quad (4.46)$$

where

$X_{DE, f, i}$	digestibility of standard feed type f in district i (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
f	standard feed type (f = mix, gra)
i	index of districts
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$t_{ibc}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6
$DE_{f, i}$	total annual intake of digestible energy with diet f in district i (in MJ cow <sup>-1</sup> DE)
$DE_{f, i}^*$	total intake of digestible energy with diet f in district i during the interval between calvings (in MJ cow <sup>-1</sup> DE)
$GE_{f, i}$	total annual intake of gross energy with diet f in district i (in MJ cow <sup>-1</sup> GE)
$GE_{f, i}^*$	total intake of gross energy with diet f in district i during the interval between calvings (in MJ cow <sup>-1</sup> GE)
$DM_{f, conc, i}^*$	total intake of concentrates dry matter with diet f in district i during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$DM_{f, rough, i}^*$	total intake of roughage dry matter with diet f in district i during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$\eta_{DE, f, conc, i}$	effective content of digestible energy in the concentrates fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)
$\eta_{DE, f, rough, i}$	effective content of digestible energy in roughage fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)
$\eta_{GE, f, conc, i}$	effective content of gross energy in concentrates fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)
$\eta_{GE, f, rough, i}$	effective content of gross energy in roughage fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> DE)

For the calculation of the effective contents of DE and GE see Chapters 4.3.4.2, 4.3.4.3 und 4.3.4.4.

The total intake of dry matter with concentrates in standard ration f in district i is given by (indices f and i dropped for sake of simplicity of notation):

Zur Ermittlung der effektiven Gehalte an DE und GE siehe Kapitel 4.3.4.2, 4.3.4.3 und 4.3.4.4.

Für die Gesamtaufnahme an Kraftfutter-Trockenmasse mit der Standard-Ration f im Kreis i gilt (Indizes f und i zur Vereinfachung der Schreibweise weggelassen):

$$DM_{conc}^* = DM_{conc, lact}^* + DM_{conc, dry}^* \quad (4.47)$$

where

$DM_{conc}^*$	total intake of concentrates dry matter during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$DM_{conc, lact}^*$	intake of concentrates dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> DM), see Chapter 4.3.3.2
$DM_{conc, dry}^*$	intake of concentrates dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> DM), see Chapter 4.3.3.2

The total intake of dry matter with roughage in standard ration  $f$  in district  $i$  is calculated accordingly.

Die Gesamtaufnahme an Rohfutter-Trockenmasse mit der Standard-Ration  $f$  im Kreis  $i$  wird analog berechnet.

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation (Chapter 3.3.2.2) as well as VS excretions (Chapter 3.4.1), the amount of annual gross energy intake (GE) is needed. The latter is obtained as a weighed mean of the ration-specific values of GE intake.

Für die Berechnung der Methanemission aus der Verdauung (Chapter 3.3.2.2) sowie der VS-Ausscheidung (Chapter 3.4.1) wird der Betrag der jährlichen Gesamtenergie-Aufnahme pro Platz (GE) benötigt. Diese ergibt sich als gewichtetes Mittel aus den rationsbezogenen GE-Aufnahme-Werten:

$$GE_i = x_{\text{mix},i} \cdot GE_{\text{mix},i} + x_{\text{gra},i} \cdot GE_{\text{gra},i} \quad (4.48)$$

where

$GE_i$	gross energy intake in district $i$ (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ GE)
$GE_{\text{mix},i}$	intake of gross energy with mixed diet in district $i$ (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ GE)
$x_{\text{mix},i}$	fraction of dairy cow population in district $i$ fed with the mixed feed composition (in cow $\text{cow}^{-1}$ )
$GE_{\text{gra},i}$	intake of gross energy with grass based diet in district $i$ (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ GE)
$x_{\text{gra},i}$	fraction of dairy cow population in district $i$ fed with the grass based feed composition (in cow $\text{cow}^{-1}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$t_{\text{ibc}}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6

The emission reporting under UNFCCC requires to report a national mean of digestibility (CRF Table 4.A, Cell I 14). This is calculated as follows:

Die Emissionsberichterstattung unter UNFCCC erfordert die Angabe eines nationalen Mittelwertes der Verdaulichkeit (CRF Tabelle 4.A, Zelle I 14). Dieser wird wie folgt berechnet:

$$X_{\text{DE, Germany}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{\text{dc},i} \cdot (x_{\text{mix},i} \cdot X_{\text{DE, mix},i} + x_{\text{gra},i} \cdot X_{\text{DE, gra},i})}{\sum_{i=1}^k n_{\text{dc},i}} \quad (4.49)$$

where

$X_{\text{DE, Germany}}$	national mean digestibility in Germany (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )
$i$	index of districts
$k$	number of districts
$n_{\text{dc},i}$	number of dairy cows in district $i$
$x_{\text{mix},i}$	fraction of dairy cow population in district $i$ fed with the mixed feed composition (in cow $\text{cow}^{-1}$ )
$X_{\text{DE, mix},i}$	digestibility of mixed feed in district $i$ (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )
$x_{\text{gra},i}$	fraction of dairy cow population in district $i$ fed with the grass based feed (in cow $\text{cow}^{-1}$ )
$X_{\text{DE, gra},i}$	digestibility of grass based feed in district $i$ (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )

The calculation of metabolizability on district and national level follows the procedure described for mean digestibilities.

Die Berechnung der Umsetzbarkeit auf Kreis- und nationaler Ebene entspricht dem oben für die Verdaulichkeit beschriebenen Vorgehen.

#### 4.3.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This methods needs the gross energy intake (see Chapter 4.3.3.6) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Vefahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.3.3.6) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Dämmgen et al. (2009b) modelled  $x_{\text{CH}_4, \text{GE } i}$  according to Ellis et al (2007) as a function of dry matter intake. The derivation of this function is based on data leading to results below the default value of  $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$  given by IPCC (1996). According to the opinion of the reviewers during the In Country Review of the German trace gas inventory in September 2010 the data base used by Ellis et al. (2007) is not typical for Germany. It would underestimate the emissions from enteric fermentation.

Hence, for the inventory at hand, Germany uses the default value of  $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$  given by IPCC (1996). This leads to fermentation-caused  $\text{CH}_4$  emissions of a German dairy cow which, when related to milk yield, is higher than the emissions reported by neighbouring European states, cf. Table 4.22 in Chapter 4.3.10.1. (The IPCC (2006) default value of  $0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$  which in the German inventory is applied to other cattle except for calves is not used for dairy cows as it would lead to fermentation-caused  $\text{CH}_4$  emissions of German dairy cows far above the emission level reported by the neighbouring European states.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Dämmgen et al. (2009b) modellierten  $x_{\text{CH}_4, \text{GE } i}$  nach Ellis et al (2007) als Funktion der Trockenmasseaufnahme. Die der Ableitung dieser Funktion zugrunde liegende Datenbasis, die zu Ergebnissen unterhalb des IPCC (1996)-Defaultwertes von  $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$  führt, ist nach Ansicht der Gutachter beim In-Country-Review des deutschen Treibhausgas-Inventars im September 2010 nicht typisch für Deutschland und unterschätzt die tatsächlichen Emissionen aus der Verdauung.

Deutschland verwendet daher für das vorliegende Inventar den IPCC (1996)-Defaultwert von  $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . Damit liegt die verdauungsbedingte  $\text{CH}_4$ -Emission einer deutschen Milchkuh in Relation zur Milchleistung über dem Niveau der europäischen Nachbarländer, vgl. Table 4.22 in Kapitel 4.3.10.1. (Der im deutschen Inventar bei den übrigen Rindern mit Ausnahme der Kälber verwendete IPCC (2006)-Defaultwert von  $0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$  kommt nicht zum Einsatz, da er dazu führen würde, dass die verdauungsbedingten  $\text{CH}_4$ -Emissionen der deutschen Milchkühe weit oberhalb des Niveaus der europäischen Nachbarländer läge.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.3.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.4.3.3.

According to IPCC (2006)-10.42, Equation 10.24, the annual VS excretion rates ("volatile solids", see also Chapter 3.4.1) are calculated for each district as follows (index  $i$  omitted for sake of simplicity):

$$VS_{\text{excr}} = \frac{1}{c_E} \cdot (FE + UE) \cdot (1 - x_{\text{ash}}) \quad (4.50)$$

where

$VS_{\text{excr}}$	amount of VS excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ VS)
$c_E$	energy content of dry matter taken in ( $c_E = 18.45 \text{ MJ kg}^{-1}$ , IPCC(2006)-10.42)
$FE$	faecal energy excreted (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$UE$	urine energy excreted (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$x_{\text{ash}}$	fraction of ash content in excretions (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see below

IPCC (1996)-3-4.23, explains  $b$  as being "the energy density of feed is about  $18.45 \text{ MJ per kg of DM}$ . This value is relatively constant across a wide range of forage and grain-based feeds commonly consumed by livestock."

The faecal energy can be expressed as

Die  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.4.3.3.

Nach IPCC (2006)-10.42, Gleichung 10.24, werden die jährlichen VS-Ausscheidungen („volatile solids“, „siehe auch Kapitel 3.4.1) wie folgt für jeden Kreis separat (Index  $i$  zur Vereinfachung weggelassen) berechnet:

Dabei erläutert IPCC (1996)-3-4.23, die Größe  $b$  als den Energie-Gehalt des Futters und setzt diesen Wert von  $18,45 \text{ MJ pro kg Trockenmasse}$  konstant. Dieser Wert ist typisch für die meisten Futtergemische.

Die Kotenergie wird dann wie folgt berechnet:



$$FE = GE \cdot (1 - X_{DE}) \quad (4.51)$$

where

FE	faecal energy excreted (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
GE	gross energy intake in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE), see Chapter 4.3.3.6 (GE <sub>i</sub> )
X <sub>DE</sub>	digestibility (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.3.6 (X <sub>DE i</sub> )

The urine energy is related to the gross energy:

Die Harnenergie wird als Anteil der Gesamtenergie berechnet:

$$UE = a \cdot GE \quad (4.52)$$

where

UE	urine energy excreted (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
a	coefficient (a = 0.04 MJ MJ <sup>-1</sup> , IPCC(2006)-10.42
GE	gross energy intake in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> GE), see Chapter 4.3.3.6 (GE <sub>i</sub> )

The coefficient *a* is generally assumed to be a more or less constant proportion  $0.03 < a < 0.07$ . IPCC(2006)- 10.42, suggests  $a = 0.04 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

Dabei wird allgemein angenommen, dass es sich um einen mehr oder weniger konstanten Bruchteil handelt ( $0.03 < a < 0.07$ ). IPCC(2006)-10.42 schlägt  $a = 0.04 \text{ MJ MJ}^{-1}$  vor:

For the ash content *X<sub>ash</sub>* a value of 0.139 kg kg<sup>-1</sup> was derived by Henning and Poppe (1975), S. 172. This value is too high according to the opinion of the reviewers during the In Country Review of the German trace gas inventory in September 2010. Hence, for the inventory at hand, Germany uses the default value of 0,08 kg kg<sup>-1</sup> given by IPCC (1996) )-3-4.23. and IPCC (2006)-10.42.

Für den Asche-Gehalt *X<sub>ash</sub>* ermittelten Henning und Poppe (1975), S. 172, einen Wert von 0,139 kg kg<sup>-1</sup>. Dieser Wert ist nach Einschätzung der Gutachter beim In-Country-Review des deutschen Treibhausgasinventars im September 2010 zu hoch. Deutschland verwendet daher für das vorliegende Inventar den IPCC (1996)-Defaultwert von 0,08 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC (1996)-3-4.23), der auch dem in IPCC (2006) empfohlenen Wert entspricht (IPCC (2006)-10.42).

Maximum methane producing capacity *B<sub>0</sub>* and conversion factors (*MCF*) for the respective manure storage system are taken from IPCC(2006), see Table 4.18.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität *B<sub>0</sub>* und die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (*MCF*) werden IPCC(2006) entnommen, siehe Table 4.18.

Table 4.18: Dairy cows, maximum methane producing capacity (*B<sub>0</sub>*) and methane conversion factors (*MCF*) for German temperature conditions

Maximum methane producing capacity <i>B<sub>0</sub></i>	0.24	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
<i>MCF</i> liquid/slurry		
with natural crust	temperature dependent, 0.10 to 0.11	kg kg <sup>-1</sup> C
without natural crust	temperature dependent, 0.17 to 0.19	kg kg <sup>-1</sup> C
<i>MCF</i> solid storage	0.02	kg kg <sup>-1</sup> C
<i>MCF</i> deep litter	temperature dependent, 0.17 to 0.19	kg kg <sup>-1</sup> C
<i>MCF</i> pasture/range	0.01	kg kg <sup>-1</sup> C

Source: IPCC(2006)-10.77, Table 10A-4; IPCC(2006)-10.44, Table 10.17

The frequency distribution of storage systems was obtained by RAUMIS (see Chapter 15.2). The storage systems "lagoon", "dry lot", "burned for fuel" and "other" do not exist in Germany. The share of slurry treated in fermenters (bio-gas slurry) is unknown.

Die Verteilung der Lagerungsformen wird mit RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) berechnet. Die Lager-systeme „lagoon“, „dry lot“, „burned for fuel“ und „other“ existieren in Deutschland nicht. Der Anteil der vergorenen Gülle (Biogas-Gülle) ist unbekannt.

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent *MCF* see Chapter 15.1.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen *MCF* benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals that of IPCC (1996). The methane conversion factor (*MCF*) for solid storage given by IPCC (2006) exceeds that of IPCC

Die maximale Methan-Bildungskapazität nach IPCC (2006) entspricht der in IPCC (1996). Der in IPCC 2006 vorgeschlagene Methan-Umwandlungs-aktor (*MCF*) für Festmist ist größer als der in IPCC

(1996). The MCF for pasture equals that of IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

(1996). Der MCF für Weide ist der gleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.3.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The NMVOC emissions are based on ammonia emissions, cf. Chapter 3.4.4. All cattle types are treated with the same emission factors  $EF_{\text{NMVOC}}$  (Table 4.10). Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

Die NMVOC-Emissionen werden aus den Ammoniak-Emissionen berechnet, s. Kapitel 3.4.4. Für alle Rinder werden die gleichen NMVOC-Emissionsfaktoren verwendet (Table 4.10). Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

#### 4.3.8 N intake with feed and N excretion / N-Aufnahme mit dem Futter und N-Ausscheidung

##### 4.3.8.1 N intake / N-Aufnahme

The N intake is calculated as follows::

Die N-Aufnahme wird wie folgt berechnet:

$$m_{\text{feed}} = x_{\text{N}} \cdot \sum_{i=1}^i DM_i \cdot x_{\text{N, XP, i}} \quad (4.53)$$

where

$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen in feed (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$DM_i$	amount of DM consumed with feed constituent i (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ME)
$x_{\text{N, XP, i}}$	crude protein content of feed constituent i (in kg kg <sup>-1</sup> XP)

However, the applicability of this equation is restricted to those cases where both the amounts fed and the diet composition are known. For emission inventories, the DM intake can be modelled adequately. For the protein content of the feed assumptions have to be made with regard to typical regional feeds.

The N intake during grazing is assessed using the following relation and data:

Diese Beziehung gilt jedoch nur für solche Fälle, in denen die Menge und die Zusammensetzung des Futters bekannt sind. Für die Anwendung in Emissionsinventaren kann die Trockenmasse-Aufnahme hinreichend gut modelliert werden. Für die Proteingehalte des Futters müssen Annahmen zur Futterzusammensetzung gemacht werden, die die regionalen Unterschiede beim Futterangebot berücksichtigen.

Die N-Aufnahme beim Weidegang wird mit der folgenden Beziehung beschrieben:

$$m_{\text{graz}} = DM_{\text{rough, graz}} \cdot x_{\text{XP, rough, graz}} \cdot x_{\text{N}} \quad (4.54)$$

where

$m_{\text{graz}}$	mean nitrogen intake during grazing (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$DM_{\text{rough, graz}}$	DM intake during grazing (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> DM)
$x_{\text{XP, rough, graz}}$	mean nitrogen content of crude protein XP in feed (in kg kg <sup>-1</sup> XP)
$x_{\text{N}}$	nitrogen content in XP ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )

#### 4.3.8.2 Overall nitrogen excretion / Gesamtausscheidung von Stickstoff

The accuracy of the modelling of the emissions of N species depends significantly on the accuracy of the assessment of N excretion rates (Webb et al., 2005). Both overall and renal excretion rates are needed (Dämmgen and Hutchings, 2008).

The assessment of the amount of N excreted is based on a nitrogen balance:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{faeces}} + m_{\text{urine}} = m_{\text{feed}} - (m_{\text{g}} + m_{\text{l}} + m_{\text{p}} + m_{\text{s}}) \quad (4.55)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of N excreted with faeces and urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted with urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of N taken in with feed (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of N retained in weight gained (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{l}}$	amount of N exported with milk (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{p}}$	amount of N excreted in conception products (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{s}}$	amount of N lost by skin particles and hair (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

The calculation of the N balance components is described in Dämmgen et al. (2009b).

Die Genauigkeit der N-Emissionsmodellierung hängt entscheidend von der Güte der Ausscheidungsberechnung ab (Webb et al., 2005). Benötigt werden die Gesamt-N-Ausscheidungen sowie die renal Ausscheidungen (Dämmgen und Hutchings, 2008).

Die ausgeschiedenen N-Menge wird mit Hilfe einer Stickstoff-Bilanz berechnet:

Zur Berechnung der einzelnen Glieder der N-Bilanz wird auf Dämmgen et al. (2009b) verwiesen.

#### 4.3.8.3 Renal and faecal nitrogen excretion and TAN content of excreta / Stickstoff-Ausscheidung mit Harn und Kot und TAN-Gehalte der Ausscheidungen

Emissions of N species are usually related to the reactive nitrogen excreted. This is almost entirely excreted with urine and consists of urea and allantoin (see e.g. Dämmgen and Erismann, 2005). As the enzyme urease is ubiquitous, these compounds decompose readily to yield ammonium (NH<sub>4</sub>). NH<sub>4</sub> and NH<sub>3</sub> in excreta are summarized as total ammoniacal nitrogen (TAN).

It would be advantageous to assess renal N excretion directly. However, no simple modelling procedure is available. Complex models such as Molly require input information that is not normally available (e.g. Johnson and Baldwin, 2008). Renal N excretion cannot be related to the N intake with feed satisfactorily (e.g. Kebreab et al., 2001, 2002; Gehman et al., 2008). For the purpose of inventory making, measurements of milk urea N are likely to provide an adequate tool to estimate renal N excretion (e.g. Lebzien et al., 2008). These data is not available yet, so an indirect approach of quantifying faecal N excretion is used:

Die Emissionen von N-Spezies werden normalerweise auf die Menge an vorhandenem reaktivem Stickstoff bezogen. Dieser wird nahezu ausschließlich mit dem Harn als Harnstoff und Allantoin ausgeschieden (siehe z.B. Dämmgen und Erismann, 2005). Das allgegenwärtige Enzym Urease baut diese Verbindungen rasch zu Ammonium (NH<sub>4</sub>) ab. Die Summe von NH<sub>4</sub> und NH<sub>3</sub> in den Ausscheidungen wird als TAN (total ammoniacal nitrogen) bezeichnet.

Wünschenswert wäre eine direkte Modellierung des renal ausgeschiedenen N. Ein einfaches Modell hierfür ist jedoch nicht verfügbar. Für komplexe Modelle wie Molly (Johnson und Baldwin, 2008) können die Daten nicht bereit gestellt werden. Renales N kann nicht befriedigend auf die mit dem Futter aufgenommene N-Menge bezogen werden (vgl. Kebreab et al., 2001, 2002, Gehman et al., 2008). Die Möglichkeit, die renal ausgeschiedenen N-Mengen über den Milch-Harnstoff-Gehalt zu erschließen (siehe z.B. Lebzien et al., 2008) scheidet aus, da keine vollständigen Datensätze für den Berichtszeitraum verfügbar sind. Die renal ausgeschiedenen N-Mengen werden deshalb über die fäkal ausgeschiedenen errechnet:

$$m_{\text{urine}} = m_{\text{excr}} - m_{\text{faeces}} \quad (4.56)$$

where

$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted in urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr}}$	amount of N excreted with faeces und urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

Faecal N excretion is almost independent of the N intake with feed. It is rather dominated by microbial XP synthesis in the rumen. The calculation procedure used in this inventory (Equation (4.49)), is based on Danish experimental results, and takes N input into account. However, the effect of N in feed is comparatively small:

$$m_{\text{faeces}} = \alpha \cdot \beta \cdot \left( a \cdot \frac{m_{\text{feed}}}{\alpha} + \left( b \cdot \frac{DM}{\alpha} + c \cdot \left( \frac{DM}{\alpha} \right)^2 \cdot x_N \right) \right) \quad (4.57)$$

where

$m_{\text{faeces}}$	N excreted with faeces (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 0.001 \text{ kg g}^{-1}$ )
$m_{\text{feed}}$	N intake with feed (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$a$	constant ( $a = 40 \text{ g kg}^{-1}$ )
$DM$	DM intake (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$b$	constant ( $b = 20 \text{ g kg}^{-1}$ )
$c$	constant ( $c = 1.8 \text{ kg}^{-1} \text{ cow a}$ )
$x_N$	nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )

The fraction of TAN in excreta  $X_{\text{TAN}}$  is then calculated from:

$$X_{\text{TAN}} = \frac{m_{\text{urine}}}{m_{\text{excr}}} \quad (4.58)$$

Der relative TAN-Gehalt der Ausscheidungen,  $X_{\text{TAN}}$  ergibt sich dann wie folgt:

#### 4.3.8.4 *N entering pasture and the manure management system / N-Einträge in die Weide und in das Wirtschaftsdünger-Management*

The overall amount of nitrogen considered for the assessment of the pasture and manure management mass flow is:

Die insgesamt in das Wirtschaftsdünger-Managementsystem bzw. die Weideflächen eingebrachten N-Mengen betragen

$$m_{\text{MM}} = m_{\text{faeces}} + m_{\text{urine}} + m_s \quad (4.59)$$

where

$m_{\text{MM}}$	amount of N entering pasture and the manure management system (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted with urine (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_s$	amount of N lost by skin particles and hair (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

The amounts of organic N  $m_{\text{org, MM}}$  and  $TAN_{\text{MM}}$  are:

Dabei betragen die Mengen an organischem N,  $m_{\text{org, MM}}$ , und TAN,  $TAN_{\text{MM}}$ ,

$$m_{\text{org, MM}} = m_{\text{faeces}} + m_s \quad (4.60)$$

$$TAN_{\text{MM}} = m_{\text{urine}} \quad (4.61)$$

#### 4.3.8.5 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The amounts of N are given in Table 4.19. For the properties of straw see Chapter 3.6.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 4.19 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage, see Table 4.19.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren, s. Table 4.19.

Table 4.19: Dairy cows, N inputs with straw in German dairy cattle houses

Animal house type		straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
tied systems		5.0 <sup>a</sup>	4.3	21.5·10 <sup>-3</sup>	10.8·10 <sup>-3</sup>
loose housing	cubicles	5.0 <sup>b</sup>	4.3	21.5·10 <sup>-3</sup>	10.8·10 <sup>-3</sup>
loose housing	deep litter	8.0 <sup>c</sup>	6.9	34.4·10 <sup>-3</sup>	17.2·10 <sup>-3</sup>
loose housing	sloped floor	5.0 <sup>d</sup>	4.3	21.5·10 <sup>-3</sup>	10.8·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 221

<sup>b</sup> Assumption: same value as for loose housing, sloped floor (preliminary KTBL expert judgement, Brigitte Eurich-Menden)

<sup>c</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 261

<sup>d</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 269

#### 4.3.8.6 Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide

##### 4.3.8.6.1 N excreted in the house, the dairy parlour and during grazing / N-Ausscheidungen im Stall, im Melkstall und auf der Weide

The amounts excreted during grazing are related to the residence times within the animal houses and the duration of grazing. Daily grazing times of 24 h and 10 h are considered.

The percentage of animals, which are grazed in either form, is deduced from agricultural census data using RAUMIS (see Chapter 15.2).

With respect to emission factors, excreta dropped during milking on hard standings are dealt with as excretions in cubicle houses. The amount of excreta is not proportional to the time spent in these areas. It is assumed that the increased activity of the animals leads to an increase in excretion dropping by about 15 % of the excreta before, during and after milking. The increased excretion rate is accounted for by definition of an apparently extended milking duration, leading to an "effective duration" of milking of 3.5 h d<sup>-1</sup>.

Then, the amounts of N excreted on pasture, in the yards, and in the house are given by the following equations:

Die Anteile der Ausscheidungen richten sich nach der Aufenthaltsdauer im Stall bzw. auf der Weide. Es wird zwischen ganztägigem Aufenthalt auf der Weide und einem 10-stündigen Aufenthalt unterschieden.

Der Prozentsatz der Tiere, die in einer der beiden Formen weiden, wird aus Agrarstatistikdaten mit RAUMIS berechnet (siehe Kapitel 15.2).

Für die während des Melkens auf planbefestigten Oberflächen abgesetzten Ausscheidungen werden die für den Liegeboxenlaufstall gegebenen Emissionsfaktoren verwendet. Die beim Melken ausgeschiedene Menge ist nicht proportional zur Zeit, die die Tiere auf diesen Flächen verbringen. Wegen der erhöhten Aktivität der Tiere wird angenommen, dass sie rund 15 % der Gesamtausscheidungen vor, beim und unmittelbar nach dem Melken absetzen. Die erhöhte Ausscheidungsrate wird durch eine effektiv verlängerte Melkdauer von 3,5 h d<sup>-1</sup> berücksichtigt.

Schließlich ergibt sich für die auf der Weide, im Melkstall und im Stall ausgeschiedenen N-Mengen:

$$x_{\text{excr, graz}} = \frac{\tau_{\text{graz}}}{\alpha} = \left[ x_{\text{graz, 1}} \cdot (\delta - \tau_{\text{milk}} - \tau_{\text{yard}}) + x_{\text{graz, 2}} \cdot \tau_{\text{graz, 2}} \right] \cdot \frac{1}{\delta} \quad (4.62)$$

$$x_{\text{excr, yard}} = \frac{\tau_{\text{yard}}}{\delta} \quad (4.63)$$

$$x_{\text{excr, house}} = 1 - (x_{\text{excr, graz}} + x_{\text{excr, yards}}) \quad (4.64)$$

where

$x_{\text{excr, graz}}$	fraction of excreta dropped during grazing (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{graz}}$	time spent grazing (in d a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{graz, 1}}$	fraction of animals grazing all day (in pl pl <sup>-1</sup> )
$\delta$	time units conversion factor ( $\delta = 24 \text{ h d}^{-1}$ )

$\tau_{\text{milk}}$	effective time spent in milking parlour (in h d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{yard}}$	time spent in yards (in h d <sup>-1</sup> )
$x_{\text{graz}, 2}$	fraction of animals grazing part of the day (in pl pl <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{graz}, 2}$	time spent grazing (in h d <sup>-1</sup> )
$x_{\text{excr, yard}}$	fraction of excreta dropped in yards (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{excr, house}}$	fraction of excreta dropped in the house (in kg kg <sup>-1</sup> )

#### 4.3.8.6.2 Frequency distribution of housing types / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen

The fraction of the respective housing type is assessed and provided by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Der Anteil der jeweiligen Stallformen wird in RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) berechnet und bereitgestellt.

#### 4.3.8.6.3 Duration of grazing / Dauer des Weidegangs

The duration of grazing (number of days grazing, hours of grazing per day) are assessed and provided by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Der Dauer des Weidegangs (Zahl der Weidetage, Dauer der täglichen Weide) wird in RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) berechnet und bereitgestellt.

#### 4.3.8.6.4 Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“

Partial NH<sub>3</sub> emission factors were fixed for all relevant housing systems, cf. Table 4.20. They are based on absolute data provided by Döhler et al. (2002) and converted into TAN related data by Dämmgen et al. (2010a).

Die für die relevanten Stallsysteme angesetzten partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren beruhen auf absoluten Daten von Döhler et al. (2002), die von Dämmgen et al. (2010a) auf TAN-Bezug umgerechnet wurden, siehe Table 4.20.

Table 4.20: Dairy cows, partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N from housing (related to TAN)

			$EF_{\text{house}}$ (in kg kg <sup>-1</sup> N)
slurry based	tied systems		0.066
	loose housing	cubicles	0.197
straw based	tied systems		0.066
	loose housing	cubicles	0.197
	loose housing	deep litter	0.197
	loose housing	sloped floor	0.213

Source: see text

The EF for dairy parlour is assumed to equal that of cubicle houses ( $EF_{\text{milk}} = 0.197 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ).

Der EF für den Melkstand wird dem für Boxenlaufställe gleichgesetzt ( $EF_{\text{milk}} = 0,197 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ).

The NH<sub>3</sub>-N emission factor for grazing is 0.10 kg kg<sup>-1</sup> N, related to TAN excreted (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor 0,10 kg kg<sup>-1</sup> N (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

N<sub>2</sub>O and NO emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.2. For further details see Chapters 3.5.2.2.3 and 4.3.8.6.1.

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N<sub>2</sub>O und NO werden nach Kapitel 11.2 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.5.2.2.3 und 4.3.8.6.1.

#### 4.3.8.7 Emissions during storage / Emissionen aus dem Lager

Storage of slurry distinguishes storage underneath the slatted floor from storage in a separate slurry tank

Bei der Gülle-Lagerung wird zwischen Lagerung im Stall unter dem Spaltenboden, der Lagerung im

within the house as well as from several different outdoor storage systems. Emissions from separate slurry tanks within houses are dealt with in the same way as outdoor tanks with solid covers.

For *leachate* ("Jauche") it is assumed that 100 % are stored in tanks with solid covers.

The frequency distribution of storage types is assessed and provided by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $N_{org}$  are described in Chapter 3.5.2.2.4.

The emission factors for  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO and  $N_2$  from storage are given in Chapter 4.2.2 (Table 4.2 and Table 4.3).

separaten Güllekeller unter dem Stall und zwischen mehreren Formen des Außenlagers unterschieden. Separate Güllekeller werden wie Außenlager mit fester Abdeckung behandelt.

Für *Jauche* wurde angenommen, dass sich 100 % in Behältern mit fester Abdeckung befinden.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagertypen wird mit Hilfe des Agrarsektormodells RAUMIS (vgl. Kapitel 15.2) ermittelt.

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

Für die Emissionsfaktoren für  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO und  $N_2$  aus dem Lager wird auf Kapitel 4.2.2 (Table 4.2 und Table 4.3) verwiesen.

#### 4.3.8.8 Emissions during spreading / Emissionen bei der Ausbringung

The emission factors of  $NH_3$  are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

The frequency distribution of spreading techniques and times before incorporation are provided by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Für die Emissionsfaktoren von  $NH_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.3 verwiesen.

Der relative Anteil der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird durch RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) bereitgestellt.

#### 4.3.8.9 Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren

The assessment of N excretions can be achieved with an uncertainty < 10 % (cf. Dämmgen et al., 2009b).

EMEP (2007)-B1090-19 gives an uncertainty of 30 % for  $NH_3$  without referring to any details. A normal distribution is assumed.

IPCC(2006)-10.67 provides an overview on N losses from manure management systems. The ranges listed there may well serve as a means to assess uncertainties for  $N_2O$  emission factors. For dairy cattle we assume an uncertainty of about 30 %.

Both NO and  $N_2$  emission factors are derived from  $N_2O$  emission factors. The use of constant ratios results in additional uncertainties. Thus, we estimate the uncertainty of NO and  $N_2$  emission factors to be in the order of magnitude of 50 %.

For these three species we also assume a normal distribution.

Die Bestimmung der N-Ausscheidungen geschieht nach Dämmgen et al. (2009b) mit einer Unsicherheit < 10 %.

EMEP (2007)-B1090-19 gibt für  $NH_3$  ohne weitere Einzelheiten eine Unsicherheit von 30 % an. Eine Normalverteilung wird angenommen.

IPCC(2006)-10.67 gibt eine Übersicht über N-Verluste aus Wirtschaftsdüngerlagern. Die dort angegebenen Daten werden als Maß für die Unsicherheit auch der  $N_2O$ -Emissionsfaktoren verwendet. Demnach ist für Milchkühe mit einer Unsicherheit von 30 % zu rechnen.

Die NO- und  $N_2$ -Emissionsfaktoren leiten sich von den  $N_2O$ -Faktoren ab. Diese Ableitung beinhaltet weitere Unsicherheiten. Für diese Stoffe wird deshalb mit einer Unsicherheit von etwa 50 % gerechnet.

Die Verteilung wird in allen drei Fällen als normal angenommen.

#### 4.3.9 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in 4.3.8.6.4 and 4.3.8.8.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmistssysteme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in den Kapiteln 4.3.8.6.4 und 4.3.8.8 entnommen.

The emission factors used for particulate matter are listed in Table 4.21.

These data are taken from EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 4.21 zusammengestellt.

Diese Daten wurden aus EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.21: Dairy cows, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for $PM_{10}$	Emission factor for $PM_{2.5}$
		$kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$	$kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$
dairy cattle	solid	0.36	0.23
	slurry	0.70	0.45

Source: EMEP(2009)-B4-27, Table 3-10

#### 4.3.10 *Intercomparison of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich resultierender Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen mit denen benachbarter Staaten*

German implied emission factors (IEF) and important emission explaining variables are compared with those of adjoining countries and countries, whose agricultural practice can be compared to German conditions. The data used and calculated in this inventory are compared with the latest published results.

Zum Vergleich der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit wichtigen Einflussgrößen solcher Staaten, die benachbart sind oder deren landwirtschaftliche Praxis mit der deutschen vergleichbar ist, werden die deutschen Werte dieses Inventars den letzten veröffentlichten Daten gegenübergestellt.

##### 4.3.10.1 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

Table 4.22 allows for a comparison of implied emission factors for enteric fermentation and the data governing these emissions..

Table 4.22 zeigt die Vergleichsdaten für die Emissionen aus der Verdauung mit den sie beeinflussenden Kenngrößen.

Table 4.22: Dairy cows, intercomparison of implied emission factors regarding enteric fermentation (Germany: submission 2011, all other countries: 2010)

	$IEF_{CH_4, ent, dc}$	milk yield	animal weight	pregnancy	digestibility	methane conversion rate
	$kg\ pl^{-1}\ a^{-1}\ CH_4$	$kg\ pl^{-1}\ d^{-1}$	$kg\ an^{-1}$	%	%	$MJ\ MJ^{-1}$
Austria	115.59	16.60	700	90	70.07	0.06
Belgium	121.97	18.40	600		75.27	0.06
Czech Republic	115.88	18.59	585	90	60	0.06
Denmark	130.43	23.53	575	90	71	0.059
Germany	128.25	18.70	642	79	75.5	0.06
France	117.33	17.23				
Netherlands	128.30 <sup>1</sup>					
Poland	96.57	12.29	500	84.8	62.76	0.06
Switzerland	119.98 <sup>1</sup>					0.06 <sup>1</sup>
United Kingdom	108.94	19.12	644.27		73.59	0.06
IPCC (2006)-10.29, 10.72	109	16.44 <sup>2</sup>	600	90	75	0.065 ± 0.01
IPCC (1996)-3- 4.11, 4.31	100	11.5	550	90	60	0.06

Source: UNFCCC (2010), Table 4.A.

<sup>1</sup> reported for mature dairy cattle

<sup>2</sup> calculated from  $6000\ kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$



The German emission factor is comparable to that of the neighbouring countries with similar agricultural structure and milk yield.

Der deutsche Emissionsfaktor liegt auf dem Niveau der Nachbarländer mit vergleichbarer Landwirtschaftsstruktur und Milchleistung.

#### 4.3.10.2 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

Table 4.23 allows for a comparison of implied emission factors for manure management and the data governing these emissions. In this inventory, Germany uses IPCC(2006) MCFs, differentiating i.a. between open tanks with and without a natural crust.

In Table 4.23, IEF values for German dairy cows (27.27 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>) are the third highest listed. Only the Netherlands report significantly higher values. Due to lack of details these data cannot be reproduced.

The German IEF is similar to the Danish value (28.82 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>). The slightly higher Danish VS excretion rate and frequency of liquid manure systems are nearly compensated by the lower MCF that is used for Danish calculations.

The French value amounts to 18.3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> which is about two thirds of the German value. In contrast to Germany, liquid manure systems are far less frequent (10.6 % as compared to 72.74 % in Germany). This is only partly compensated by the high MCF values relevant for France.

Table 4.23 zeigt Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management und wichtige Einflussgrößen. Deutschland verwendet in diesem Inventar MCF-Daten aus IPCC(2006), die u. A. zwischen Lagern mit und ohne Schwimmdecke unterscheiden.

In Table 4.23 weisen deutsche Milchkühe mit 27,27 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> den dritthöchsten IEF-Wert auf. Der deutlich höhere Wert der Niederlande lässt sich mangels Detaildaten nicht nachvollziehen.

Der deutsche Wert wird durch das dänische Ergebnis gestützt (28,82 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>). Größere VS-Ausscheidungen und ein etwas höherer Anteil an Flüssigmistsystemen werden durch einen niedrigeren MCF teilkompensiert.

Frankreich liegt mit 18,3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> nur bei etwa zwei Dritteln des deutschen Wertes. Ein wichtiger Grund dafür ist die geringe Verbreitung von Flüssigmistsystemen (10,6 % gegenüber 72,74 % in Deutschland), die durch die hohen französischen MCF-Werte nur teilkompensiert wird.

Table 4.23: Dairy cows, manure management, intercomparison of implied emission factors (Germany: submission 2011, all other countries: 2010)

	IEF <sub>CH<sub>4</sub>, MM, dc</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	VS excreted kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> VS	Frequency of liquid systems %	MCF for liquid systems %
Austria	8.49	4.24	30.13	8.63
Belgium	16.05	3.83		19.00
Czech Republic	14.00		40.00	
Denmark	28.82	6.13	85.80	10.00
Germany	29.14	4.63	72.74	13.40
France	18.30	5.10	10.60	45 / 72
Netherlands	37.50 <sup>1</sup>			17.00 <sup>1</sup>
Poland	10.48	4.56	7.68	39.00
Switzerland	25.33 <sup>1</sup>	6.08 <sup>1</sup>	67.76 <sup>1</sup>	10.00 <sup>1</sup>
United Kingdom	26.76	0.01	30.60	39.00
IPCC (2006)-10.38, 10.77, Western Europe, cool region	21 to 29	5.10	35.70	17 to 25
IPCC (1996)-3-4.13, 4.43, Western Europe, cool region	14	5.10	40.00	10.00
Source: UNFCCC 2010, Table 4.B(a)				
<sup>1</sup> reported for mature dairy cattle				

#### 4.3.10.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

In Table 4.24, mean N excretion rates and resulting NH<sub>3</sub> emission rates of dairy cows are compared for various Central European states. The Czech Republic and France use default values (IPCC(1996)-3-

Table 4.24 vergleicht für einige europäische Staaten mittlere N-Ausscheidungen und resultierende NH<sub>3</sub>-Emissionen von Milchkühen. Die Tschechische Republik und Frankreich haben IPCC-default-Werte

4.99), hence the calculated implied emission factors ( $IEF_{NH_3, dc}$ ) cannot be compared.

The ratio of individual  $NH_3$  emission rates to N excretion rates allows for a better comparison of the efficiency of the manure management with respect to  $NH_3$  emissions. This ratio shows that the German situation does not deviate considerably from that of other European nations. However, the very low value for Denmark is confirmed. This can be attributed to the very efficient N management in Danish animal husbandry (see Rom & Sorensen, 2001). The same holds for the Netherlands.

(IPCC(1996)-3-4.99) eingesetzt, womit die berechneten effektiven Emissionsfaktoren ( $IEF_{NH_3, dc}$ ) nur bedingt vergleichbar sind.

Einen besseren internationalen Vergleich der Effizienz des Wirtschaftsdünger-Managements im Hinblick auf  $NH_3$ -Emissionen ermöglicht das Verhältnis von  $NH_3$ -Emission zu N-Ausscheidung. Hierdurch relativiert sich der hohe deutsche  $IEF_{NH_3, dc}$ -Wert. Der niedrige dänische IEF wird dagegen bestätigt, was auf ein sehr effizientes N-Management in der Tierhaltung (vgl. Rom & Sorensen, 2001) zurückgeführt wird. Gleiches gilt für die Niederlande.

Table 4.24: Dairy cows, intercomparison of N excretion rates and implied emission factors for  $NH_3$  (Germany: submission 2011, all other countries: 2010)

	N excreted <sup>1</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	number of animals <sup>1</sup> 1000 pl	$NH_3$ emission <sup>1</sup> Gg a <sup>-1</sup> $NH_3$	$IEF_{NH_3, dc}$ <sup>1</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> $NH_3$	ratio of $NH_3$ emission to N excreted kg $NH_3$ (kg N) <sup>-1</sup>
Austria	97.03	530.23	15.20	28.7	0.30
Belgium	111.88	471.23	11.55	24.5	0.22
Czech Republic	100.00	569.00	13.72	24.1	0.24
Denmark	137.98	557.98	14.67	26.3	0.19
Germany	131.52	4205.49	180.06	42.8	0.33
France	100.00	3863.43	110.10	28.5	0.28
Netherlands	134.50 <sup>2</sup>	1466.13 <sup>2</sup>	39.05	26.6	0.20
Poland	86.70	2806.00	59.06	21.0	0.24
Switzerland	108.52 <sup>2</sup>	628.52 <sup>2</sup>	28.53	45.4	0.42
United Kingdom	111.95	1908.95	70.22	45.4	0.41
IPCC (2006)-10.59	105.12 <sup>3</sup>				
IPCC (2000)-B1090-9, B1090-30	100			28.5	0.06 to 0.5
IPCC (1996)-3-4.99	100				
EMEP (2009)-4.B-26, 60	105		28.70 to 39.30		

<sup>1</sup> Source: UNFCCC (2010), Table 4.B(b); EMEP (2010)

<sup>2</sup> reported for mature dairy cattle

<sup>3</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

#### 4.3.10.4 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The international intercomparison of implied emission factors (IEF) for particulate matter is given in Table 4.25.

The IEF differences illustrate the influence of the shares of straw-based and slurry-based systems which differ from country to country.

Table 4.25 ermöglicht einen internationalen Vergleich der effektiven Emissionsfaktoren (IEF) von Staub.

In den IEF-Unterschieden kommen von Land zu Land unterschiedliche Anteile stroh- und güllebasierter Systeme zum Ausdruck.

Table 4.25: Dairy cows, intercomparison of PM implied emission factors  
(Germany: submission 2011, all other countries: 2010)

	$IEF_{PM_{10}, dc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub>	$IEF_{PM_{2.5}, dc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub>	$IEF_{TSP, dc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>1</sup>
Austria			
Belgium	0.34	0.08	0.77
Czech Republic	0.40	0.01	0.87
Denmark	0.71	0.45	1.53
Germany	0.58	0.37	0.58
France	0.09	0.03	0.23
Netherlands	0.23 <sup>2</sup>	0.05 <sup>2</sup>	0.23 <sup>2</sup>
Poland	0.40	0.01	0.89
Switzerland	0.39	0.06	0.39
United Kingdom	0.16	0.03	
EMEP (2009)-4.B-60	0.36	0.23	

Source: EMEP (2010), calculated from original data supplied

<sup>1</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in *d* (EMEP(2009)-B1010-9).

<sup>2</sup> other cattle included

#### 4.3.11 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 4.26: Dairy cows, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.01	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.01	
		NM VOC	EM1005.33	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.01	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.34	EM1009.36
		NO	EM1009.133	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.01	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.25	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.01	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.01	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.01	
		NM VOC	IEF1005.31	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.01	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.31	IEF100933
		NO	IEF1009.99	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.01	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.23	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.01	AI1005CAT.23

#### 4.4 Calves / Kälber

Calves in this inventory are all cattle whose weight falls below 100 kg an<sup>-1</sup> and an age of 2 months. In the inventory they are part of the category “other cattle”, see also Chapter 4.9.

Methane emission from enteric fermentation of cattle other than dairy cows (“other cattle”) is a key source with respect to both level and trend (NIR 2009).

For ammonia and NMVOC, other cattle are considered to be a key source (CEIP/EEA, 2008).

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.27.

Als Kälber gelten in diesem Inventar alle Rinder mit einem Gewicht unter 100 kg an<sup>-1</sup> und jünger als 2 Monate. Sie sind eine Untergruppe der Gruppe der „übrigen Rinder“, s. auch Kapitel 4.9.

Für die „übrigen Rinder“ ist die Methanemission aus der Verdauung eine Hauptquellgruppe, und zwar hinsichtlich Menge und Trend (NIR 2009).

„Übrige Rinder“ sind hinsichtlich ihrer Ammoniak-Emissionen und der NMVOC-Emissionen eine Hauptquellgruppe (CEIP/EEA, 2008).

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.27 zusammengestellten Verfahren.

Table 4.27: Calves, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	district	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

##### 4.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4).

German statistics do not differentiate between animals of different sex and destiny.

The properties of calves given in the description of categories in the German census and the data used to describe the feed disagree. This inventory deals with calves smaller than 100 kg an<sup>-1</sup> and younger than 2 months; therefore only one-third of the number given in the census is considered. The remaining two-thirds are attributed to the number of beef cattle (heifers and bulls, see Chapters 4.5 and 4.6).

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4).

Die deutsche Statistik unterscheidet nicht nach Geschlecht und Bestimmung der Kälber.

Die statistischen Angaben der Anzahl der Kälber und die Beschreibung der Kälber hinsichtlich der Fütterung decken sich nicht. Da diese Rechnung nur Kälber unter 100 kg an<sup>-1</sup> und unter 2 Monaten berücksichtigt, wird die in der Statistik angegebene Kälberzahl nur zu einem Drittel berücksichtigt. Die übrigen zwei Drittel werden dem Mastvieh (Färsen und Mastbullen, s. Kapitel 4.5 und 4.6) zugeschlagen.

$$n_{ca} = \frac{1}{3} \cdot n_A \quad (4.65)$$

where

$n_{ca}$                       number of calves considered  
 $n_A$                         number of calves in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit (Standardfehler) lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 14.6 and 14.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 14.6 und 14.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.4.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

The birth weight of calves is assumed to be 36 kg an<sup>-1</sup> (as deduced from production characteristics given in KTBL, 2006b, pg. 421). The final weight of the inventory category "calves" is defined by 100 kg an<sup>-1</sup>.

The mean live weight is estimated by the arithmetic mean (68 kg an<sup>-1</sup>).

Als Anfangsgewicht werden 36 kg an<sup>-1</sup> angenommen (abgeleitet aus Produktionskennndaten KTBL, 2006b, S. 421), das Endgewicht der Inventarkategorie „Kälber“ wird mit 100 kg angesetzt.

Das mittlere Gewicht wird durch arithmetische Mittelung geschätzt (68 kg an<sup>-1</sup>).

#### 4.4.2 *Energy requirements / Energiebedarf*

The gross energy is derived according to Chapter 3.2.3. The metabolisable energy data are listed as standard data. For the metabolisability of the feed, data constant in time and space is used.

The metabolisable energy required during the first 8 to 9 weeks is 19 to 20 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, (KTBL, 2006b, pg. 422). Based on a daily requirement of 20 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> and a feeding period of 60 d ro<sup>-1</sup> the metabolisable energy required per round amounts to 1200 MJ pl<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>.

The gross energy needed to meet the metabolisable energy requirements depends on the metabolisability of the feed, see Chapter 4.4.3.

Die Gesamtenergie wird nach Kapitel 3.2.3 berechnet. Für die umsetzbare Energie liegen tabellierte Standardwerte vor, für die Umsetzbarkeit des Futters kommt ein zeitlich und örtlich konstanter Standardwert zum Einsatz.

Der Bedarf an umsetzbarer Energie liegt für die ersten 8 bis 9 Wochen bei 19 bis 20 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (KTBL, 2006b, S. 423). Geht man von einem täglichen Bedarf von 20 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> und einer Fütterungsdauer von 60 d ro<sup>-1</sup> aus, ist pro Durchgang eine umsetzbare Energie von 1200 MJ pl<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup> erforderlich.

Die zur Deckung dieses Energiebedarfs aufzunehmende Gesamtenergie ist von der Umsetzbarkeit des Futters abhängig, s. Kapitel 4.4.3.

#### 4.4.3 *Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme*

The feed intake must be known to assess the amount of N excreted. However, for calves there is no need to calculate feed intake using energy requirements and the energy content of feed, because the amount of N excreted is given as standard value, cf. Chapter 4.4.7.1.

For the mean digestibility of the diet 0.65 MJ MJ<sup>-1</sup> is assumed (IPCC(1996)-3-4.32).

The mean metabolizability of feed is estimated based on the ME content of typical calf rearing diets (ca. 11 MJ kg<sup>-1</sup> according to Menke, 2010) and a GE content of 18.45 MJ kg<sup>-1</sup> (IPCC(1996)-3-4.21). These data lead to a metabolizability of ca. 0.6 MJ MJ<sup>-1</sup>.

The gross energy intake with the feed is calculated from the metabolisable energy requirements (Chapter 4.4.2) and the mean metabolisability of the diet. This leads to a mean daily gross energy intake of  $GE_{ca} = 32.8 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

Die Futteraufnahme ist für die Ermittlung der ausgeschiedenen N-Menge von Bedeutung. Die Berechnung mit Hilfe von Energiebedarf und Energiegehalt des Futters entfällt hier allerdings, da für die ausgeschiedene N-Menge ein Standardwert eingesetzt wird, s. Kapitel 4.4.7.1.

Die mittlere Verdaulichkeit des Futters wird mit 0,65 MJ MJ<sup>-1</sup> angesetzt (IPCC(1996)-3-4.32).

Für die Schätzung einer mittleren Umsetzbarkeit des Futters wird vom ME-Gehalt typischer Kälberaufzuchtfutter (ca. 11 MJ kg<sup>-1</sup> nach Menke, 2010) und einem GE-Gehalt von 18.45 MJ kg<sup>-1</sup> (IPCC(1996)-3-4.21) ausgegangen, woraus eine Umsetzbarkeit von ca. 0,6 MJ MJ<sup>-1</sup> folgt.

Die mit dem Futter aufgenommene Gesamtenergie berechnet sich gemäß Kapitel 3.2.3 aus der umsetzbaren Energie (Kapitel 4.4.2) und der mittleren Umsetzbarkeit des Futters. Es ergibt sich eine Gesamtenergieaufnahme von  $GE_{ca} = 32,8 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

#### 4.4.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.4.3) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

Calves only gradually emerge as ruminants (Kirchgessner, 1997, pg. 430 ff; Pennstate College of Agricultural Sciences, 2011). Under optimal conditions, the development of the rumen is completed between the 7<sup>th</sup> and 9<sup>th</sup> week of life (Kirchgessner, 1997, pg. 432), but may take several additional weeks (Kirchgessner, 1997, S. 433/434). During the development of the rumen, methane emissions from calves are markedly lower than those from other cattle. Hence, based on expert judgment by Flachowsky (Institute of Animal Nutrition, former FAL, Braunschweig), Germany uses a reduced methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{ca}} = 0.02 \text{ MJ MJ}^{-1}$  for calves.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is assumed to be 20 % according to IPCC(1996)-3-4.9. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.4.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Kälber entwickeln sich erst allmählich zu Wiederkäuern (Kirchgessner, 1997, S. 430 ff; Pennstate College of Agricultural Sciences, 2011). Das Wachstum des Pansens ist im optimalen Fall zwischen der 7. und 9. Lebenswoche abgeschlossen (Kirchgessner, 1997, S. 432), kann aber auch längere Zeit in Anspruch nehmen (Kirchgessner, 1997, S. 433/434). Während der Pansenentwicklung ist die Methanemission deutlich niedriger als bei den übrigen Rindern. Daher verwendet Deutschland einem Expertenurteil (Flachowsky, Institut für Tierernährung der früheren FAL, Braunschweig) zufolge für Kälber einen reduzierten Methan-Umwandlungsfaktor von  $x_{\text{CH}_4, \text{ca}} = 0,02 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird nach IPCC(1996)-3-4.9 mit 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.4.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.4.3.3.

The amounts of “volatile solids” ( $VS$ ) excreted are calculated reflecting standard conditions up to a final weight of  $100 \text{ kg an}^{-1}$ . (For the calculation method see Chapter 3.4.1).

Standard values for digestibility ( $0.65 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) and ash content ( $0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ ) are assumed (IPCC(2006)-10.73).

In Germany, calves are normally kept single in boxes or in groups with bedding.

In all districts, the frequency distribution of manure storage and application systems is the same as for other cattle slurry or manure. For each district, these data are modelled using RAUMIS (see Chapter 15.2).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are taken from IPCC(2006), see Table 4.28.

The temperatures needed are obtained as described in Chapter 15.1.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals that of IPCC (1996). The methane conversion factor ( $MCF$ ) for solid storage given by IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996).

Die  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.4.3.3.

Die Menge der ausgeschiedenen „volatile solids“ ( $VS$ ) wird unter der Annahme von Standardbedingungen bis zu einem Endgewicht von  $100 \text{ kg an}^{-1}$  berechnet (Zur Berechnungsmethode s. Kapitel 3.4.1).

Für Verdaulichkeit und Aschegehalt werden mit IPCC(2006)-10.73 die Standard-Werte von  $0,65 \text{ MJ MJ}^{-1}$  bzw.  $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$  angenommen.

In Deutschland werden Kälber in der Regel in Einzelboxen oder Gruppenbuchten mit Einstreu gehalten.

Die Häufigkeitsverteilungen der Lagerungsformen und der Ausbringungstechniken entspricht der für Rindergülle und Rindermist (allgemein) in jedem Landkreis. Diese Daten werden mit RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) ermittelt.

Die maximale Methan-Freisetzungs-kapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme ( $MCF$ ) werden IPCC(2006) entnommen, siehe Table 4.28.

Die benötigten Temperaturen werden wie in Kapitel 15.1 beschrieben erhalten.

Die maximale Methan-Bildungskapazität nach IPCC (2006) entspricht der in IPCC (1996). Der in IPCC 2006 vorgeschlagene Methan-Umwandlungsfaktor ( $MCF$ ) für Festmist ist größer als der in IPCC

The MCF for pasture equals that of IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

(1996). Der MCF für Weide ist der gleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

Table 4.28: Other cattle, maximum methane producing capacity and methane conversion factors *MCF* for German temperature conditions

Maximum methane producing capacity $B_o$	0.18	$m^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$
<i>MCF</i> liquid/slurry		
with natural crust	temperature dependent, 0.10 to 0.11	$\text{kg kg}^{-1} \text{ C}$
without natural crust	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{kg kg}^{-1} \text{ C}$
<i>MCF</i> solid storage	0.02	$\text{kg kg}^{-1} \text{ C}$
<i>MCF</i> deep litter	temperature dependent, 0.17 to 0.19	$\text{kg kg}^{-1} \text{ C}$
<i>MCF</i> pasture/range	0.01	$\text{kg kg}^{-1} \text{ C}$

Source: IPCC(2006)-10.78, Table 10A-5; IPCC(2006)-10.44, Table 10.17

#### 4.4.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The NMVOC emissions are based on ammonia emissions, cf. Chapter 3.4.4. All cattle types are treated with the same emission factors  $EF_{\text{NMVOC}}$  (Table 4.10). Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

Die NMVOC-Emissionen werden aus den Ammoniak-Emissionen berechnet, s. Kapitel 3.4.4. Für alle Rinder werden die gleichen NMVOC-Emissionsfaktoren verwendet (Table 4.10). Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

#### 4.4.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{\text{org}}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{\text{org}}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lager-typen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.4.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

For the mean N excretion for calves up to 3 months  $14 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  is assumed with 4 animal rounds per year (KTBL, 2006b, pg. 428). Based on the number of rounds used in the inventory (ca. 6 rounds per year) the N excretion is recalculated, yielding ca.  $21 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . 60 % of the N excreted is TAN (Webb, 2001).

Für Kälber wird bis zu einem Alter von 3 Monaten bei 4 Durchgängen pro Jahr. eine mittlere N-Ausscheidung von  $14 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  angenommen (KTBL 2006b, S. 428). Dies wird auf die im Inventar verwendete Durchgangszahl (ca. 6) umgerechnet, was eine N-Ausscheidung von ca.  $21 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  ergibt. 60 % des ausgeschiedenen N sind TAN (Webb, 2001).

##### 4.4.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.5.3. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.6. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

The amount of straw is 2.5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (KTBL, 2006b, pg. 425 ff) or 3.9·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> N (2.0·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> TAN, respectively).

Die Menge der Einstreu beträgt 2,5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh (KTBL, 2006b, S. 425 ff) bzw. 3,9·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> N (entsprechend 2,0·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> TAN).

#### 4.4.7.3 *Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide*

The TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.20).

Typically, calves do not graze.

Es werden die TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.20).

Weidegang ist nicht vorgesehen.

#### 4.4.7.4 *Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung*

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

#### 4.4.7.5 *Partial emission factors "storage" and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“*

For the emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage see Table 4.2 and Table 4.3.

Für die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager wird auf Table 4.2 und Table 4.3 verwiesen.

The emission factors of NH<sub>3</sub> are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

#### 4.4.7.6 *Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for NH<sub>3</sub> is also valid for calves.

As for dairy cattle, N<sub>2</sub>O and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Auch für Kälber gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für NH<sub>3</sub> die Größenordnung von 30 % hat.

Für N<sub>2</sub>O und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

#### 4.4.8 *Emission of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data required for calculations in Chapter 4.4.5.

The emission factors used for particulate matter are listed in Table 4.29.

These data are taken from EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmistsysteme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.4.5 entnommen

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 4.29 zusammengestellt.

Diese Daten wurden aus EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).



Table 4.29: Calves, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for $PM_{10}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$	Emission factor for $PM_{2.5}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$
Calves	solid	0.24	0.16
	slurry	0.32	0.21

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 4.4.9 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 4.30: Calves, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.02	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.02	
		NM VOC	EM1005.34	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.02	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.37	EM1009.39
		NO	EM1009.134	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.02	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.26	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.02	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.02	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.02	
		NM VOC	IEF1005.32	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.02	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.34	IEF1009.36
		NO	IEF1009.100	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.02	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.24	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.24	AI1005CAT.40

## 4.5 Heifers / Färsen

Heifers are female cows that are heavier than 100 kg an<sup>-1</sup> and have not yet given birth to a calf. In this inventory, they form a subcategory of „other cattle“.

Methane emission from enteric fermentation of cattle other than dairy cows („other cattle“) is a key source with respect to both level and trend (NIR 2009).

For ammonia and NMVOC, other cattle are considered to be a key source (CEIP/EEA, 2008).

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.31.

Als Färsen werden die weiblichen Kühe bezeichnet, die schwerer als 100 kg an<sup>-1</sup> sind und noch nicht gekalbt haben. Im Inventar sind sie eine Unterkategorie der „übrigen Rinder“.

Für die „übrigen Rinder“ ist die Methanemission aus der Verdauung eine Hauptquellgruppe, und zwar hinsichtlich Menge und Trend (NIR 2009).

„Übrige Rinder“ sind hinsichtlich ihrer Ammoniak-Emissionen und der NMVOC-Emissionen eine Hauptquellgruppe (CEIP/EEA, 2008).

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.31 zusammengestellten Verfahren.

Table 4.31: Heifers, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 4.5.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 4.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The subcategory „heifers“ in this inventory includes the census subcategories „calves“ (partly), „female young cattle younger than 1 year“, „female young cattle for slaughter from 1 to 2 years“ and „heifers for replacement and use above 2 years“.

Additionally, the female share of the calves not considered in Chapter 4.4.1.1 ( $n_A \cdot 2/3$ ) is taken into account. The calculation of this share is based on the assumption that the gender distribution be equal to that of young cattle between 6 and 12 months ( $n_B$ ,  $n_C$ ).

Im Inventar umfasst die Tierkategorie „Färsen“ die Tierzahlen aus der Statistik für „Jungvieh weiblich unter 1 Jahr“, „Schlachtrinder weiblich unter 2 Jahren“, „Zucht- und NutZRinder unter 2 Jahren“, „Schlachtfärsen 2 Jahre und älter“, „Zucht- und Nutzfärsen 2 Jahre und älter“.

Hinzu kommt von den in Kapitel 4.4.1.1 nicht berücksichtigten Kälbern ( $n_A \cdot 2/3$ ) der weibliche Anteil, wobei angenommen wird, dass die Geschlechtsverteilung gleich der des Jungviehs zwischen einem halben und einem ganzen Jahr ( $n_B$ ,  $n_C$ ) ist.

$$n_{bf} = \frac{2}{3} \cdot n_A \cdot \frac{n_C}{n_B + n_C} + n_C + n_E + n_F + n_H + n_I + n_L \quad (4.66)$$

where

$n_{bf}$  number of female beef cattle considered  
 $n_A$  etc. animal numbers of type A (etc.) in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit (Standardfehler) lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

The subdivision of the calf population does not affect the uncertainty.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 14.6 and 14.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

Die Aufteilung der Population der Kälber hat keinen Einfluss auf die Unsicherheit.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 14.6 und 14.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.5.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

Data of initial and final weights of heifers as well as of the duration of that phase of life, and consequently of the daily weight gain are hardly available in Germany. They have to be generated adequately as it is described in the two subsequent chapters.

Daten über Anfangs- und Endgewicht der Färsen sowie die Dauer der Haltung und demzufolge auch die tägliche Gewichtszunahme sind in Deutschland nur ausnahmsweise verfügbar. Sie sind, wie in den zwei folgenden Abschnitten beschrieben, in geeigneter Weise zu generieren.

##### 4.5.1.2.1 *Animal weights / Tiergewichte*

German census data differentiate between heifers for slaughter and for replacement and use. However, existing management data describe heifers without differentiation. About 5 % of the heifers above 1 a are considered to be slaughtered. As the decision to slaughter an animal or use it for replacement is made comparatively late, it is assumed that, on average, the animals are kept and fed in the same way.

The weight at the beginning of the period is fixed to 100 kg an<sup>-1</sup>, i.e. the final weight of calves.

Using the carcass weight the final live weight of heifers is calculated by means of the subsequent regression equation (see Dämmgen et al., 2010a):

Die deutschen statistischen Daten unterscheiden zwischen Mastfärsen und Färsen für „Zucht und Nutzung“. Kennzahlen zu den Haltungsverfahren liegen allerdings nur für Färsen insgesamt vor. Etwa 5 % der Tiere, die älter als 1 a sind, werden als Schlachtfärsen gemeldet. Da die Entscheidung, ob ein Tier zur Remontierung dient oder nicht, relativ spät fällt, wird davon ausgegangen, dass die Tiere im Mittel einheitlich gehalten und ernährt werden.

Das Anfangsgewicht der Färsen wird auf 100 kg an<sup>-1</sup>, das Endgewicht der Kälber, festgelegt.

Das Lebendendgewicht der Färsen wird nach der folgenden Regressionsgleichung (siehe Dämmgen et al., 2010a) aus dem Schlachtgewicht berechnet:

$$w_{\text{fin, bf}} = a + b \cdot w_{\text{bf, cw}} \quad (4.67)$$

where

$w_{\text{fin, bf}}$	final live weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> )
$a$	constant ( $a = 221 \text{ kg an}^{-1}$ )
$b$	coefficient ( $b = 1.46$ )
$w_{\text{bf, cw}}$	carcass weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> )

The carcass weights of heifers are compiled in Table 4.32.

The missing data for the New Länder and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin those from Brandenburg.

Die Schlachtgewichte von Färsen sind in Table 4.32 zusammengestellt.

Für die fehlenden Daten im Jahr 1990 bei den Neuen Bundesländern werden die Daten von 1991 eingesetzt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

Table 4.32: Heifers, carcass weights (in kg an<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BW	275	265	271	278	280	277	276	276	282	285	284	290	287	285	280	290	294	294	290
BY	288	248	287	295	297	294	291	287	296	300	303	309	303	301	300	303	308	311	306
BB		216	243	259	260	251	259	262	262	269	271	282	268	269	263	265	270	259	254
HE	269	270	277	278	277	274	273	268	263	273	274	277	260	253	249	262	270	270	249
MV		211	235	245	242	239	246	245	247	252	254	265	258	259	255	255	252	258	253
NI	235	241	240	241	231	226	275	277	280	282	286	292	286	283	280	285	275	286	279
NW	268	260	272	271	158	229	280	273	278	278	280	284	278	274	273	277	278	276	270
RP	251	243	257	274	274	269	264	260	261	264	264	264	264	263	260	265	268	267	262
SL	229	257	260	248	262	259	260	257	257	257	257	257	256	257	277	283	287	291	288
SN		221	240	250	254	239	234	181	248	247	245	259	250	247	242	242	255	259	258
ST		216	228	259	268	244	251	248	250	251	261	270	271	258	257	258	258	259	259
SH	271	264	273	281	281	272	275	272	279	281	286	295	286	285	281	284	288	293	288
TH		212	240	260	268	252	253	254	256	259	264	258	258	253	242	242	255	260	258
StSt	279	279	279	273	274	269	277	278	279	280	284	291	287	285	285	287	292	293	290

Source: Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung; Bundesgesetzblatt 2008 Teil I Nr. 52

#### 4.5.1.2.2 Life span and mean weight gain / Dauer des Lebensabschnitts und mittlere Gewichtszunahme

The lifespan of a heifer is calculated from the time, when calves reach a weight of 100 kg an<sup>-1</sup>, and the age of first calving.

For this inventory, it is assumed that the heifers' phase of life begins with about 60 days (see Chapter 4.4.1.1).

The age of first calving is available as complete time series, as provided by the breeders' association (see s. Table 4.15).

From the final weight of a calf, the final live weight of the heifer (as calculated from carcass weights) and the times mentioned above, the mean weight gain can be assessed as

Die Lebensabschnittsdauer ergibt sich aus dem Zeitpunkt, an dem Kälber das Endgewicht 100 kg an<sup>-1</sup> erreichen, und dem Erstkalbealter.

Für dieses Inventar wird angenommen, dass der Lebensabschnitt „Färse“ mit etwa 60 Tagen beginnt (siehe Kapitel 4.4.1.1).

Das Erstkalbealter ist als lückenlose Zeitreihe für ganz Deutschland aus Meldungen der Züchterverbände verfügbar, s. Table 4.15.

Aus dem Endgewicht der Kälberhaltung, den errechneten Lebendgewichten vor Schlachtung und den oben beschriebenen Zeitpunkten folgt die mittlere Gewichtszunahme:

$$\frac{\Delta w_{bf}}{\Delta t} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{w_{fin, bf} - w_{fin, ca}}{\tau_{calf} - \tau_{fin, ca}} \quad (4.68)$$

where

$\Delta w_{bf}/\Delta t$	mean daily weight gain of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$w_{fin, bf}$	final live weight of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{fin, ca}$	final weight at the end of calf lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{calf}$	age at first calving (in a)
$\tau_{fin, ca}$	end of calf lifespan (in a)

#### 4.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

##### 4.5.2.1 Parametrisation of cumulative energy requirements for growth and maintenance/ Parametrisierung des kumulativen Energiebedarfs für Wachstum und Erhaltung

Table 4.33 gives data on metabolisable energy ME required for maintenance and growth for various animal weights and weight gains.

Data in Table 4.33 exhibit linear relationships between energy requirements and weight.

Table 4.33 zeigt Daten zum Bedarf an metabolisierbarer Energie ME für Wachstum und Erhaltung bei verschiedenen Tiergewichten und Zuwachsraten.

Die Daten in Table 4.33 zeigen lineare Zusammenhänge zwischen Energiebedarf und Gewicht.

Table 4.33: Heifers, metabolisable energy required for maintenance and growth for various animal weights and weight gains (in MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

weight gain $\Delta w_{bf}$ in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	weight $w$ in kg an <sup>-1</sup>								
	150	200	250	300	350	400	450	500	550
400			41.6	47.5	53.2	58.9	64.6	70.1	75.5
500	30.5	37.4	43.9	50.4	56.6	62.8	69.0	75.1	81.4
600	32.3	39.6	46.7	53.6	60.5	67.3	74.2	81.0	88.0
700	34.1	42.0	49.6	57.2	64.7	72.2	79.9	87.5	95.4
800	36.0	44.3	52.6	60.9	69.1	77.5	86.0	94.5	103.2
900		46.6	55.8	64.6	73.7	83.2	92.7	102	111.6
1000			59	68.6	78.5	89.3	100	110	120.6

Source: GfE (2001), pg. 29, Table 1.5.3

From this data set the following equation can be derived (see Haenel et al., 2010, Chapter 4.5.2), which describes the total energy requirements for maintenance cumulated over the heifer's lifespan:

Daraus lässt sich die folgende Gleichung für den kumulativen, d. h. über die gesamte Haltungsdauer aufsummierten Energiebedarf für Erhaltung ableiten (s. Haenel et al., 2010, Kapitel 4.5.2):

$$(\Sigma ME_{bf})^* = (o_1 \cdot \Delta w_{bf} + o_2) \cdot w_{bf}^2 + (p_1 \cdot \Delta w_{bf} + p_2) \cdot w_{bf} + (q_1 \cdot \Delta w_{bf} + q_2) \quad (4.69)$$

where

$(\Sigma ME_{bf})^*$	cumulative metabolisable energy requirement of a heifer for growth and maintenance as a function of daily weight gain and weight (in MJ an <sup>-1</sup> ME)
$o_1$	constant ( $o_1 = -0.22109 \text{ MJ kg}^{-3} \text{ an}^2 \text{ d}$ )
$\Delta w_{bf}$	mean daily weight gain of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$o_2$	constant ( $o_2 = 0.23129 \text{ MJ kg}^{-2} \text{ an}$ )
$w_{bf}$	animal weight (in kg an <sup>-1</sup> )
$p_1$	constant ( $p_1 = -47.7613 \text{ MJ kg}^{-2} \text{ an d}$ )
$p_2$	constant ( $p_2 = 50.0264 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$q_1$	constant ( $q_1 = 6986.99 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}$ )
$q_2$	constant ( $q_2 = -7290.72 \text{ MJ an}^{-1}$ )

#### 4.5.2.2 Energy requirements for pregnancy / Energiebedarf für Trächtigkeit

GfE (2001), pg 23, Table 1.4.2, propose the following approach to derive the additional energy requirements for pregnancy:

Nach GfE (2001), S. 23, Tabelle 1.4.2, ergibt sich für den zusätzliche Energiebedarf für Trächtigkeit ein Wert von 1071 MJ an<sup>-1</sup>.

#### 4.5.2.3 Mean daily energy requirements / Mittlerer täglicher Energiebedarf

The mean daily requirements of metabolisable energy is calculated from the cumulative requirements for growth and maintenance (Chapter 4.5.2.1), the energy requirements for pregnancy (Chapter 4.5.2.2), and the duration of the heifer life (Chapter 4.5.1.2.2).

Der mittlere tägliche Bedarf an umsetzbarer Energie berechnet sich aus dem Gesamtbedarf für Wachstum und Erhaltung (Kapitel 4.5.2.1), dem Energiebedarf für Trächtigkeit (Kapitel 4.5.2.2) sowie der Dauer des Färsen-Lebensabschnitts (Kapitel 4.5.1.2.2).

$$ME_{bf} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\Sigma ME_{bf}}{\tau_{fin,bf} - \tau_{fin,ca}} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{(\Sigma ME_{bf})^* + ME_{ca}}{\tau_{fin,bf} - \tau_{fin,ca}} \quad (4.70)$$

where

$ME_{bf}$	mean daily metabolisable energy requirements of a heifer as a function of daily weight gain and weight (in $\text{MJ an}^{-1} \text{d}^{-1} \text{ME}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\Sigma ME_{bf}$	total cumulative metabolisable energy requirements of a heifer, consisting of energy requirements for maintenance and pregnancy (in $\text{MJ an}^{-1} \text{ME}$ )
$(\Sigma ME_{bf})^*$	maintenance as a function of daily weight gain and weight (in $\text{MJ an}^{-1} \text{ME}$ ) cumulative metabolisable energy requirements of a heifer for growth and maintenance as a function of daily weight gain and weight (in $\text{MJ an}^{-1} \text{ME}$ )
$ME_{ca}$	metabolisable energy for development of the conception products (in $\text{MJ an}^{-1}$ )
$\tau_{fin, bf}$	date of first calving (in a)
$\tau_{fin, ca}$	end of calf lifespan (in a)

#### 4.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

According to KTBL (2006, pg. 441) it is assumed that  $7700 \text{ MJ an}^{-1}$  are fed with concentrates within 24 months, i. e.  $3850 \text{ MJ an}^{-1}$  within one year. The remainder of the energy required, which depends on animal performance and is therefore a variable, is provided by roughage.

For the amount of roughage taken in during grazing, an ME intake of  $51.5 \text{ MJ}$  per grazing day is deduced from the data in KTBL (2006, pg. 441).

The number of grazing days per year ( $\tau_{gr}$ ) as well as the overall share of grass in the roughage ( $x_{gr}$ ) is provided by RAUMIS (see chapter 15.2).

ME contents  $\eta_{ME}$  of the roughage fed (Table 4.34) do not vary considerably when the share of grass and maize silage are changing to some extent. The composition of concentrates (Table 4.34) is assumed to be the same as for bulls.

The individual share of the various feed constituents is calculated as follows (note that all entities are defined on an annual base):

$$\Sigma ME_{conc} = 3850 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \quad (4.71)$$

where

$\Sigma ME_{conc}$  annual intake of metabolisable energy with concentrates (in  $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), see above

$$\Sigma ME_{rough} = \Sigma ME_{bf} - \Sigma ME_{conc} \quad (4.72)$$

where

$\Sigma ME_{rough}$  annual intake of metabolisable energy with roughage (in  $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )  
 $\Sigma ME_{bf}$  mean annual total of intake of metabolisable energy per heifer place, defined by the requirements for growth, maintenance and pregnancy (in  $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )  
 $\Sigma ME_{conc}$  annual intake of metabolisable energy with concentrates (in  $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )

$$\Sigma ME_{ma-s} = (1 - x_{gr}) \cdot \Sigma ME_{rough} \quad (4.73)$$

where

$\Sigma ME_{ma-s}$  annual intake of metabolisable energy with maize silage (in  $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )  
 $x_{gr}$  share of grass and grass silage in feed (in  $\text{MJ MJ}^{-1}$ )  
 $\Sigma ME_{rough}$  annual intake of metabolisable energy with roughage (in  $\text{MJ pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )

Nach KTBL (2006, S. 441) wird von einer durch Kraftfutter bereitzustellenden ME-Menge von  $7700 \text{ MJ an}^{-1}$  in 24 Monaten ausgegangen, d. h. pro Jahr  $3850 \text{ MJ an}^{-1}$ . Der darüber hinaus gehende Energiebedarf wird aus dem Grundfutter bestritten. Dieser Anteil ist leistungsabhängig und damit variabel.

Für die Grundfutteraufnahme auf der Weide wird aus den Daten in KTBL (2006, S. 441) eine ME-Aufnahme von  $51,5 \text{ MJ}$  pro Weidetage abgeleitet. Die Anzahl der Weidetage ( $\tau_{gr}$ ) sowie der Grasanteil am Grundfutter ( $x_{gr}$ ) werden aus RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) bereitgestellt.

Der Grundfutter-ME-Gehalt  $\eta_{ME}$  (vgl. Table 4.34) im Stall variiert nicht merklich, wenn sich die Anteile zwischen Gras- und Maissilage verschieben. Für das Kraftfutter wurde die gleiche Zusammensetzung angenommen wie bei der Bullenmast (vgl. Table 4.34).

Das Berechnungsschema ist wie folgt gestaltet, wobei als Bezugszeitraum ein Jahr zugrunde gelegt wird:

$$\Sigma ME_{\text{gr-g}} = ME_{\text{gr}} \cdot \tau_{\text{gr}} \quad (4.74)$$

where

$\Sigma ME_{\text{gr-g}}$	annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{gr}}$	daily intake of metabolisable energy with grass during grazing ( $ME_{\text{gr}} = 51.5 \text{ MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , see above)
$\tau_{\text{gr}}$	duration of grazing (in d a <sup>-1</sup> )

$$\Sigma ME_{\text{gr-s}} = \Sigma ME_{\text{rough}} - \Sigma ME_{\text{gr-g}} - \Sigma ME_{\text{ma-s}} \quad (4.75)$$

where

$\Sigma ME_{\text{gr-g}}$	annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{\text{gr-s}}$	annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{\text{ma-s}}$	annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The feed characteristics used in the inventory are listed in Table 4.34.

Die im Inventar verwendeten Fütterungskennwerte sind Tabelle Table 4.34 zu entnehmen:

Table 4.34: Heifers, diet characteristics (data valid also for bulls for replacement (Aufzuchtrinder) and bulls)

	ME in DM	digestibility	metabolizability	XP in DM	N in DM
	$\eta_{\text{ME}}$	$X_{\text{DE}}$	$X_{\text{ME}}$	$x_{\text{XP}}$	$x_{\text{N}}$
	MJ (kg DM) <sup>-1</sup>	%	%	g (kg DM) <sup>-1</sup>	kg (kg DM) <sup>-1</sup>
grass	10.6	72	54.7	150	0.024
grass silage	10.2	65	53.0	160	0.0256
maize silage	11.0	70	56.7	84	0.01344
concentrates, young animals	10.8	79	71.0	200	0.032
concentrates, animals > 125 kg an <sup>-1</sup>	10.8	79	71.0	220	0.0352

Source: All data except  $x_{\text{N}}$  from KTBL (2006), pg. 402, and LfL (2006c);  $x_{\text{N}}$  calculated from  $x_{\text{XP}}$

The daily feed intake can be derived from the metabolisable energy requirements, the contents of metabolisable energy of the various feed constituents, and the dry matter contents. The data required are given in Table 4.34.

However, to calculate the N intake by feed on base of  $X_{\text{XP}}$ , the daily feed intake is needed in units of dry matter:

Der tägliche Futterbedarf (Trockensubstanz) wird aus dem Bedarf an umsetzbarer Energie, den ME-Gehalten der verschiedenen Futteranteile sowie der Trockensubstanzgehalten abgeleitet. Zu den erforderlichen Daten s. Table 4.34.

Für die Berechnung N-Aufnahme über die Nahrung mit Hilfe von  $X_{\text{XP}}$  wird allerdings die tägliche Futtermenge in Trockenmasse-Einheiten benötigt:

$$m_{\text{feed, DM}} = \frac{ME_{\text{gr}}}{\eta_{\text{ME, gr}}} + \frac{ME_{\text{gr-s}}}{\eta_{\text{ME, gr-s}}} + \frac{ME_{\text{ma-s}}}{\eta_{\text{ME, ma-s}}} + \frac{ME_{\text{conc}}}{\eta_{\text{ME, conc}}} \quad (4.76)$$

where

$m_{\text{feed, DM}}$	daily feed intake (dry matter) (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{gr}}$	intake of metabolisable energy with grass (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{ME, gr}}$	metabolisable energy content of grass (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{gr-s}}$	intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{ME, gr-s}}$	metabolisable energy content of grass silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{ma-s}}$	intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{ME, ma-s}}$	metabolisable energy content of maize silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{conc}}$	intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{ME, conc}}$	metabolisable energy content of concentrates (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

The total amount of nitrogen taken in with feed is obtained by multiplying each term in the equation given above with the respective  $x_N$  value according to Table 4.34.

The daily gross energy is derived from the metabolisable energy and the metabolisabilities of the various feed components (assuming constant conditions over time and space).

$$GE_{bf} = \frac{ME_{gr}}{X_{ME, gr}} + \frac{ME_{gr-s}}{X_{ME, gr-s}} + \frac{ME_{ma-s}}{X_{ME, ma-s}} + \frac{ME_{conc}}{X_{ME, conc}} \quad (4.77)$$

where

$GE_{bf}$	daily gross energy intake for heifers (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{gr}$	intake of metabolisable energy with grass (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$X_{ME, gr}$	mean metabolisability of grass (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{gr-s}$	intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$X_{ME, gr-s}$	mean metabolisability of grass silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{ma-s}$	intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$X_{ME, ma-s}$	mean metabolisability of maize silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{conc}$	intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$X_{ME, conc}$	mean metabolisability of concentrates (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

As an additional result, a mean digestibility of the diet is obtained (0.719 MJ MJ<sup>-1</sup>).

Die mit dem Futter aufgenommene Stickstoff-Menge erhält man, indem jeder Term in der vorstehenden Gleichung mit dem entsprechenden  $x_N$ -Wert nach Table 4.34 multipliziert wird.

Die tägliche Gesamtenergie wird aus der umsetzbaren Energie und den Umsetzbarkeiten der verschiedenen Futteranteile abgeleitet (zeitlich und örtlich konstante Standardwerte).

Als weiteres Ergebnis erhält man eine mittlere Verdaulichkeit des Futters von 0,719 MJ MJ<sup>-1</sup>.

#### 4.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.5.3) and the methane conversion factor  $x_{CH_4, GE}$  as input.

The methane conversion rate is used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{CH_4, bf} = 0,065$  MJ MJ<sup>-1</sup>. This value exceeds that given in IPCC (1996) (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.5.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wird IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit 0,065 MJ MJ<sup>-1</sup> höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert (0,06 MJ MJ<sup>-1</sup>) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.4.3.3.

The amounts of VS excreted are calculated according to Chapter 3.4.1, taking the gross energy, the digestibility and the ash content into account.

The mean digestibility is derived from the totals of the digestible and gross energies as a function of the diet composition, see Chapter 4.5.3.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen der VS-Ausscheidungen werden nach Kapitel 3.4.1 aus der Gesamtenergie, der Verdaulichkeit und dem Aschegehalt berechnet

Die mittlere Verdaulichkeit wird aus der Futterzusammensetzung und den Summen der verdaulichen und der Gesamtenergie bestimmt, siehe Kapitel 4.5.3.



The calculation of VS excretions makes use of the standard value of ash content ( $0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ ) as given by IPCC(2006)-10.73). The overall digestibility of the feed is calculated on base of the data given in Table 4.34.

The frequency distribution of storage systems are obtained by RAUMIS (see Chapter 15.2). Also the duration of grazing (number of days grazing, hours of grazing per day) are assessed and provided by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are taken from IPCC(2006), see Table 4.28 in Chapter 4.4.5..

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 15.1.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals that of IPCC (1996). The methane conversion factor ( $MCF$ ) for solid storage given by IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996). The  $MCF$  for pasture equals that of IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

#### 4.5.6 *NM VOC emissions / NM VOC-Emissionen*

The NM VOC emissions are based on ammonia emissions, cf. Chapter 3.4.4. All cattle subcategories are treated with the same emission factors  $EF_{NMVOC}$  (Table 4.10). Emissions of NM VOC-C and NM VOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

#### 4.5.7 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

The calculation presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

##### 4.5.7.1 *N excretion / N-Ausscheidung*

N excretion data are obtained from the N mass balance using the amounts of N taken in and N retained. The N intake calculation makes use of feed intake and N contents in feed as described in Chapter 4.5.3.

The amount of N retained is calculated assuming an N content of the animal body of  $0.0272 \text{ kg kg}^{-1}$  N (Lfl, 2006, Table 8).

Bei der Berechnung der VS-Ausscheidungen wird der Aschegehalt mit von  $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$  angenommen (Standard-Wert, IPCC(2006)-10.73). Die effektive Verdaulichkeit des Futters ergibt sich mit Hilfe der Daten aus Tabelle Table 4.34.

Die Verteilung der Lagerungsformen sowie die Dauer des Weidegangs (Zahl der Weidetage, Dauer der täglichen Weide) wird durch RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) bereit gestellt.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme ( $MCF$ ) werden IPCC(2006) entnommen, siehe Table 4.28 in Kapitel 4.4.5.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

Die maximale Methan-Bildungskapazität nach IPCC (2006) entspricht der in IPCC (1996). Der in IPCC 2006 vorgeschlagene Methan-Umwandlungsfaktor ( $MCF$ ) für Festmist ist größer als der in IPCC (1996). Der  $MCF$  für Weide ist der gleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

Die NM VOC-Emissionen werden aus den Ammoniak-Emissionen berechnet, s. Kapitel 3.4.4. Für alle Rinder werden die gleichen NM VOC-Emissionsfaktoren verwendet (Table 4.10). Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NM VOC-C und NM VOC-S berechnet.

Die Berechnung beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

Die N-Ausscheidungen werden aus der Massenbilanz aus aufgenommenem und retiniertem N berechnet. Die N-Aufnahme berechnet sich über die Futteraufnahme und die im Futter enthaltene N-Menge, s. Kapitel 4.5.3.

Der retinierten N-Menge liegt ein N-Gehalt des Tierkörpers von  $0,0272 \text{ kg kg}^{-1}$  N zugrunde (Lfl, 2006, Tabelle 8).

The TAN content is calculated. It is about 60 % of the N excreted. (For comparison purposes: 50 % had been given in Döhler et al., 2002, for cattle.)

Der TAN-Gehalt wird berechnet und liegt um 60 % des ausgeschiedenen N. (Zum Vergleich: Döhler et al., 2002, gaben für Rinder 50 % an.)

#### 4.5.7.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 4.35. For the properties of straw see Chapter 3.6.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 4.35 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 4.35: Heifers, N inputs with straw in German heifer houses

Animal house type		straw input kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
tied systems		2.0 <sup>a</sup>	1.7	8.6·10 <sup>-3</sup>	4.3·10 <sup>-3</sup>
loose housing	deep litter	6.0 <sup>b</sup>	5.2	25.8·10 <sup>-3</sup>	12.9·10 <sup>-3</sup>
loose housing	sloped floor	2.5 <sup>c</sup>	2.2	10.8·10 <sup>-3</sup>	5.4·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: Expert judgement (B. Eurich-Menden, KTBL)

<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 325

<sup>c</sup> Expert judgement (B. Eurich-Menden, KTBL): same value as for male beef cattle, KTBL (2006a), pg. 365

#### 4.5.7.3 *Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“*

The TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.20).

The NH<sub>3</sub>-N emission factor for grazing is 0.06 kg kg<sup>-1</sup> N, related to TAN excreted ((EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

N<sub>2</sub>O and NO emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.2. For further details see Chapters 3.5.2.2.3 and 4.3.8.6.1.

Es werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.20).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor 0,06 kg kg<sup>-1</sup> N (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N<sub>2</sub>O und NO werden nach Kapitel 11.2 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.5.2.2.3 und 4.3.8.6.1.

#### 4.5.7.4 *Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung*

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.5.2.2.4 behandelt.

#### 4.5.7.5 *Partial emission factors “storage” and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“*

For the emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage see Table 4.2 and Table 4.3.

The emission factors of NH<sub>3</sub> are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Für die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager wird auf Table 4.2 und Table 4.3 verwiesen.

Die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

#### 4.5.7.6 *Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for NH<sub>3</sub> is also valid for heifers.

As for dairy cattle, N<sub>2</sub>O and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Auch für Färsen gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für NH<sub>3</sub> die Größenordnung von 30 % hat.

Für N<sub>2</sub>O und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

#### 4.5.8 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 4.5.5.

The emission factors used for particulate matter are listed in Table 4.36.

These data are taken from EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmistssysteme werden den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.5.5 entnommen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 4.36 zusammengestellt.

Diese Daten wurden aus EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.36: Heifers, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Heifers	slurry	0.32	0.21
	solid	0.24	0.16

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

#### 4.5.9 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 4.37: Heifers, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.03	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.03	
		NM VOC	EM1005.35	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.03	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.40	EM1009.42
		NO	EM1009.135	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.03	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.27	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.03	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.03	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.03	
		NM VOC	IEF1005.33	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.03	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.37	IEF1009.39
		NO	IEF1009.101	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.03	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.25	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.41	AI1005CAT.57

#### 4.6 Bulls (male beef cattle) / Mastbullen

Male cattle above 100 kg are considered to be beef cattle. (Mature males are counted separately, see Chapter 4.8.)

In the inventory the subcategory “bulls” (male beef cattle) comprises the census categories “calves” (partly), “male young cattle ½ to 1 year” and “male young cattle 1 to 2 years”, see Chapter 4.8.1.1.

Methane emission from enteric fermentation of cattle other than dairy cows (“other cattle”) is a key source with respect to both level and trend (NIR 2009).

For ammonia and NMVOC, other cattle are considered to be a key source (CEIP/EEA, 2008).

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.38.

Als Mastbullen werden männliche Tiere ab 100 kg bezeichnet. (Zuchtbullen werden gesondert gezählt, s. Kapitel 4.8.)

Im Inventar werden unter Mastbullen die Kategorien „Kälber“ (teilweise), „Jungvieh männlich ½ bis unter 1 Jahr“ und „Jungvieh männlich 1 bis 2 Jahre“ zusammengefasst, s. Kapitel 4.8.1.1.

Für die „übrigen Rinder“ ist die Methanemission aus der Verdauung eine Hauptquellgruppe, und zwar hinsichtlich Menge und Trend (NIR 2009).

„Übrige Rinder“ sind hinsichtlich ihrer Ammoniak-Emissionen und der NMVOC-Emissionen eine Hauptquellgruppe (CEIP/EEA, 2008).

Die Emissionen werden nach den in Table 4.38 zusammengestellten Verfahren berechnet.

Table 4.38: Bulls (male beef cattle), calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

##### 4.6.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4).

Animal numbers for “male young cattle ½ to 1 year” and “male young cattle 1 to 2 years” are directly taken from the census.

Additionally, the male share of the calves not considered in Chapter 4.4.1.1 ( $n_A \cdot 2/3$ ) is taken into account. The calculation of this share is based on the assumption that the gender distribution be equal to that of young cattle between 6 and 12 months ( $n_B$ ,  $n_C$ ).

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4).

Die Zahlen für „Jungvieh männlich ½ bis unter 1 Jahr Monate“ und „Rinder männlich 1 bis 2 Jahre“ entstammen unverändert der Statistik.

Hinzu kommt von den in Kapitel 4.4.1.1 nicht berücksichtigten Kälbern ( $n_A \cdot 2/3$ ) der männliche Anteil, wobei angenommen wird, dass die Geschlechtsverteilung gleich der des Jungviehs zwischen einem halben und einem ganzen Jahr ( $n_B$ ,  $n_C$ ) ist.

$$n_{bm} = \frac{2}{3} \cdot n_A \cdot \frac{n_B}{n_B + n_C} + n_B + n_D \quad (4.78)$$

where

$n_{bm}$                       number of male beef cattle considered  
 $n_A$  etc.                    animal numbers of type A (etc.) in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere

cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

The subdivision of the calf population does not affect the uncertainty.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 14.6 and 14.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit (Standardfehler) lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

Die Aufteilung der Population der Kälber hat keinen Einfluss auf die Unsicherheit.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 14.6 und 14.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.6.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

The calculation procedure requires data on animal weights, animal weight gains and diet composition. German statistics do not provide any complete time series, nor do they resolve data with space.

German statistics outside the official census provide little information about animal weights. Therefore, assumptions had to be made for the weight at the beginning of the fattening period. With regard to feeding data available, the fattening period is subdivided into a phase between 100 and 125 kg an<sup>-1</sup> and another one above 125 kg an<sup>-1</sup>.

*Slaughter statistics* report on the number and the overall weight of carcasses produced in the abattoirs of the respective federal state. From these data the live weight at the time of slaughtering was calculated (for the method see Chapter 2.1.4.5) using a factor  $c_{w, mb} = \text{const} = 0.56 \text{ kg kg}^{-1}$  (Statistisches Bundesamt). This seems to be an adequate approximation.

The HIT system (*Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere*, StMLF, undated) was introduced in Germany in accordance with the EU (1997) to guarantee the knowledge of origin of animals and to safeguard the respective information. It provides the age of slaughtering and slaughter weights (carcass weights, to some extent weights before slaughtering) for male cattle since 1999 (inclusively). These data cover single districts and are complete.

The inventory uses up to 1998 the carcass weights calculated from the *slaughter statistics*. From 1999 onwards the carcass weights of the HIT data base are used. The available carcass weights are listed in Table 4.39.

Das Verfahren benötigt Tiergewichte, Gewichtszunahmen sowie die Futterzusammensetzung. Die deutschen Statistiken liefern in keinem Fall vollständige und örtlich aufgelöste Zeitreihen.

Die deutschen Statistiken unterhalb der amtlichen Statistik erfassen Tiergewichte nur in geringem Ausmaß, so dass Annahmen für die Gewichte bei Beginn des Mastprozesses erforderlich waren. Im Hinblick auf die für die Fütterung vorhandenen Daten werden die Lebensabschnitte von 100 bis 125 kg an<sup>-1</sup> und oberhalb von 125 kg an<sup>-1</sup> unterschieden.

Die *Schlachtstatistiken* erfassen die in einem Bundesland in Schlachthöfen geschlachteten Tiere und deren Schlachtkörpergewichte. Daraus wurden unter Verwendung des festen Faktors  $c_{w, mb} = 0,56 \text{ kg kg}^{-1}$  (Statistisches Bundesamt) für das Bundesland typische Lebendgewichte bei Schlachtung berechnet (s. dazu Kapitel 2.1.4.5). Dies dürfte in erster Näherung angemessen sein.

Das *Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere (HIT)* (StMLF, o.J.), das gemäß den Vorgaben der Europäischen Gemeinschaft (1997) eingerichtet wurde, liefert Schlachalter und Schlachtgewicht für männliche Rinder aufgeschlüsselt nach Landkreisen und Jahren für den Zeitraum ab 1999 einschließlich. Diese Erfassung ist vollständig.

Das Inventar verwendet bis einschließlich 1998 die aus den Schlachtstatistiken abgeleiteten Schlachtgewichte und ab 1999 die Schlachtgewichte aus der HIT-Datenbank.

Zu den verfügbaren Schlachtkörpergewichten siehe Table 4.39.

Table 4.39: Bulls (male beef cattle), carcass weight (in kg an-1)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW	352	341	345	354	357	355	353	349	356	347	347	347	340	343	341	347	352	356	348	349
BY	369	358	364	367	370	366	365	363	370	378	380	384	380	382	379	386	391	397	391	391
BB		296	324	333	341	335	334	337	342	343	335	342	334	338	333	337	347	350	342	348
HE	353	341	346	355	359	355	350	349	351	348	344	345	337	338	338	342	349	355	343	347
MV		273	313	321	324	327	321	311	315	331	333	332	319	319	322	326	334	343	335	344
NI	352	339	348	352	355	351	348	340	351	360	359	363	358	363	357	366	370	375	369	374
NW	354	340	350	355	358	355	355	349	354	375	375	381	375	380	376	386	389	394	388	392
RP	341	332	335	347	354	350	343	334	335	337	338	333	331	334	336	340	346	350	342	346
SL	356	356	346	330	361	361	366	362	363	327	328	322	321	328	331	331	342	350	340	347
SN		292	319	336	344	336	335	331	338	340	338	342	336	336	336	339	348	357	346	348
ST		312	312	332	335	334	330	332	335	341	342	347	331	331	333	334	347	353	345	347
SH	344	333	339	347	347	345	339	328	333	335	339	341	339	344	337	347	355	362	352	356
TH		299	321	347	352	344	345	339	342	346	342	349	339	342	339	344	349	356	346	350
StSt	323	313	316	321	328	326	329	330	330	332	337	344	337	344	336	351	362	365	357	367

Source up to 1998: Statistisches Bundesamt, Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung

Source from 1999 onwards: HIT, communicated data set

In their annual reports, the *German association of cattle breeders (ADR)* publish data on beef cattle production including details regarding live weight before slaughtering, age at slaughtering and weight gains for a random sample of about 6000 to 7000 animals. The race is not referred to (ADR, 1993 ff).

These three data sets (calculation, HIT, ADR) are incompatible. Consequently, a method to achieve a data gap closure had to be developed:

#### Weight before slaughtering

A comparison of the data calculated from official slaughter statistics with those provided by HIT shows that they do not differ much. Baden-Württemberg and Saarland are exceptions, where the number of animals slaughtered differs considerably from the number of animals produced.

#### Weight gains

An almost complete time series of mean weight gains can be obtained from ADR reports (Table 4.40). The weight gains reported there originate from random samples including all races.

Die *Arbeitsgemeinschaft der Rinderzüchter Deutschlands (ADR)* beschreibt in ihren jährlichen Berichten zur Rinderproduktion in Deutschland Ergebnisse der Fleischleistungsprüfung mit Angaben zu Lebendgewicht bei Schlachtung, Schlachtag und täglichen Zunahmen für eine Stichprobe von 6000 bis 7000 Tieren unter Angaben der Rasse (ADR 1993 ff).

Die drei Datensätze (Berechnung, HIT, ADR) sind nicht ineinander überführbar.

Folglich musste eine gesonderte Methode zur Schließung der Datenlücken entwickelt werden. Sie ist im Folgenden beschrieben:

#### Lebendendgewichte

Die aus der Schlachtstatistik berechneten Lebendendgewichte und die HIT-Datensätze weichen nicht wesentlich voneinander ab. Ausnahmen sind Baden-Württemberg und Saarland. Dort weichen die Zahlen der im Land produzierten und der im Land geschlachteten Tiere stark voneinander ab.

#### Gewichtszunahmen

Eine fast vollständige Zeitreihe mittlerer Gewichtszunahmen ist in den ADR-Berichten zu finden (Table 4.40). Die dort beschriebenen Gewichtszunahmen sind an Stichproben über alle Rassen gewonnen.

Table 4.40: Bulls (male beef cattle), mean weight gains  $\Delta w_{\text{bm, ADR}}$  (in g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) (calculated from ADR data (ADR, 1993 ff))

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Germany		1212	1219	1176	1223	1221	1247	1193	1196	1195	1229	1191	1279	1223	1217	1197	1222	1266	1266	

HIT data provide an incomplete time series of weight gains for single districts. The data aggregated for Federal States are shown in Table 4.41.

Unvollständige Zeitreihen für Kreise lassen sich aus HIT-Daten errechnen. Die auf Länder aggregierten Daten sind in Table 4.41 zusammengestellt.

Table 4.41: Bulls (male beef cattle), mean weight gains  $\Delta w_{\text{bm, HIT}}$  as calculated from HIT data (in  $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW										1059	1058	1029	1014	1019	1029	1066	1076	1095	1069	1065
BY										1222	1230	1221	1202	1199	1200	1234	1236	1255	1254	1256
BB										1032	979	990	970	972	985	1005	1030	1032	1012	1032
HE										1025	1024	1002	974	970	981	1019	1035	1051	1009	1018
MV										1039	1027	1041	985	982	1014	1048	1064	1082	1056	1082
NI										1094	1098	1090	1069	1071	1071	1101	1096	1113	1108	1118
NW										1160	1169	1159	1130	1126	1140	1181	1184	1205	1196	1203
RP										1012	1019	969	956	966	986	1020	1037	1059	1016	1023
SL										943	956	924	917	949	960	990	1019	1037	999	1019
SN										1063	1042	1029	1003	1006	1017	1032	1056	1079	1063	1066
ST										1049	1065	1050	998	963	990	999	1046	1068	1028	1025
SH										970	1006	994	981	985	985	1013	1017	1031	1023	1028
TH										1072	1070	1059	1045	1041	1045	1068	1076	1103	1080	1093
StSt										969	1029	1010	994	1021	998	1057	1078	1105	1107	1113
Germany										1119	1127	1113	1091	1090	1095	1130	1131	1149	1138	1145

Source: HIT, communicated data set

On average, ADR data exceed the means deduced from HIT data by about  $100 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$  (cf. Figure 4.4).

Die ADR-Daten sind im Mittel um  $100 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$  höher als die aus den HIT-Daten abgeleiteten Mittelwerte (vgl. Figure 4.4).

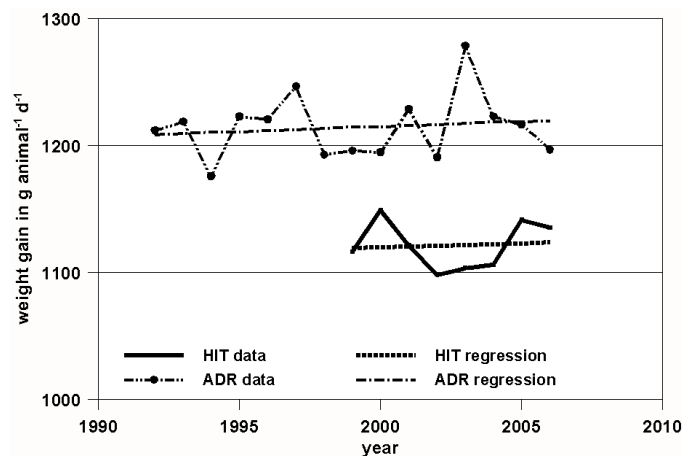


Figure 4.4: Bulls (male beef cattle), comparison of weight gain data (ADR and HIT data sets)

The mean weight gains that are calculated from the official slaughter statistics and the age of slaughtering as reported by HIT, differ only little from the weight gains reported by HIT itself (between  $-20$  and  $+30 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ , with a mean of  $+6 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ).

For the construction of a consistent and complete time series it is assumed that the mean difference is constant with time.

The mean weight gains assessed for the single Federal States which can be obtained from HIT data, differ from the German mean. The ratios between them and the German mean appear to be constant (Table 4.42). We thus extrapolate the ratio to describe the situation before 1999.

Die mittleren Gewichtszunahmen, die sich aus den Schlachtstatistiken unter Zugrundelegung der HIT-Schlachtzeitpunkte ableiten lassen, weichen von den HIT-Gewichtszunahmen nur wenig ab (zwischen  $-20$  und  $+30 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ , im Mittel  $+6 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ).

Für die Erstellung einer vollständigen Zeitreihe wird angenommen, dass diese Differenz konstant bleibt.

Die mittleren Gewichtszunahmen in den einzelnen Bundesländern, wie sie sich aus den HIT-Daten ergeben, weichen von den deutschen Mittelwerten ab (Table 4.42). Die Verhältnisse erscheinen weitgehend konstant und werden daher extrapoliert, um die Zeit vor 1999 zu beschreiben.

Table 4.42: Bulls (male beef cattle), mean weight gain before slaughtering  
as a fraction of national mean weight gains

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	mean
Baden-Württemberg	0.95	0.94	0.92	0.93	0.93	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94
Bayern	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10
Brandenburg	0.92	0.87	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.91	0.90	0.89	0.90	0.90
Hessen	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89	0.90	0.90	0.92	0.91	0.89	0.89	0.90
Mecklenburg- Vorpommern	0.93	0.91	0.94	0.90	0.90	0.93	0.93	0.94	0.94	0.93	0.94	0.93
Niedersachsen	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	0.98	0.98
Nordrhein-Westfalen	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.04	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.04
Rheinland-Pfalz	0.90	0.90	0.87	0.88	0.89	0.90	0.90	0.92	0.92	0.89	0.89	0.90
Saarland	0.84	0.85	0.83	0.84	0.87	0.88	0.88	0.90	0.90	0.88	0.89	0.87
Sachsen	0.95	0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.91	0.93	0.94	0.93	0.93	0.93
Sachsen-Anhalt	0.94	0.94	0.94	0.91	0.88	0.90	0.88	0.92	0.93	0.90	0.90	0.92
Schleswig-Holstein	0.87	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89
Thüringen	0.96	0.95	0.95	0.96	0.96	0.95	0.94	0.95	0.96	0.95	0.95	0.95
Stadtstaaten	0.87	0.91	0.91	0.91	0.94	0.91	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.93

Thus, a complete data set for weight gains of beef bulls with a resolution in space of Federal States can be obtained as follows:

- Aggregated HIT data are used for the years from 1999 on without modification.
- For the years before that are covered by the ADR data set the following procedure is applied:

Ein vollständiger Datensatz für Gewichtszunahmen bei Bullen mit einer Auflösung auf Bundesländer kann wie folgt erstellt werden:

- Die aggregierten HIT-Daten ab 1999 werden unverändert übernommen.
- Für die Jahre davor, für die ADR-Daten vorliegen, gilt:

$$\Delta w_{\text{bm}, i, j} = (\Delta w_{\text{bm}, \text{ADR}, i} - a) \cdot f_j \quad (4.79)$$

where

$\Delta w_{\text{mb}, i, j}$	weight gain of bulls in year i and federal state j (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\Delta w_{\text{mb}, \text{ADR}, i}$	weight gain of bulls in year i as reported by ADR (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$a$	correction term ( $a = 100 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$f_j$	correction factor for federal state j (see context to Table 4.42)

As with heifers, the respective 1991 data were used to fill the data gaps for 1990 and the New Länder.

Wie bei den Färsen werden für die fehlenden Daten im Jahr 1990 bei den Neuen Bundesländern die Daten für 1991 gesetzt.

## 4.6.2 Energy requirements / Energiebedarf

### 4.6.2.1 Metabolisable energy / Umsetzbare Energie

Between 100 and 125  $\text{kg an}^{-1}$  the mean weight gain is assumed to be  $1000 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ . This results in ME requirements of  $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{d}^{-1}$ , of which  $17 \text{ MJ an}^{-1} \text{d}^{-1}$  are given with concentrates (KTBL, 2004, pg. 371).

Dämmgen et al. (2005) developed a formula to calculate the cumulative metabolisable energy  $\Sigma \text{ME}$ :

Im Lebensabschnitt von 100 bis 125  $\text{kg an}^{-1}$  werden über 25 d bei einer Gewichtszunahme von  $1000 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$   $35 \text{ MJ an}^{-1} \text{d}^{-1}$  ME gefüttert, davon  $17 \text{ MJ an}^{-1} \text{d}^{-1}$  ME als Kraftfutter (KTBL, 2004, S. 371).

Dämmgen et al. (2005) entwickelten eine Formel zur Berechnung der kumulativen metabolisierbaren Energie  $\Sigma \text{ME}$ :



$$\Sigma ME = -(a \cdot w_{\text{fin}} - b) \cdot \ln \left( \frac{\Delta w}{\Delta w_{\text{unit, g}}} \right) + c \cdot w_{\text{fin}} - d \quad (4.80)$$

where

$\Sigma ME$	cumulative metabolisable energy (in MJ an <sup>-1</sup> )
$a$	constant ( $a = 48.936 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$w_{\text{fin}}$	final live weight (in kg an <sup>-1</sup> )
$b$	constant ( $b = 9020 \text{ MJ an}^{-1}$ )
$\Delta w$	mean live weight gain per day (in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{\text{unit, g}}$	unit weight gain ( $\Delta w_{\text{unit, g}} = 1 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )
$c$	constant ( $c = 444.6 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$d$	constant ( $d = 91765 \text{ MJ an}^{-1}$ )

#### 4.6.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

During fattening phase 1 with a mean weight gain of 1000 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> up to an animal weight of 125 kg an<sup>-1</sup> the bulls receive a constant supply of concentrates and maize silage in order to cover the energy and protein requirements.

In the subsequent fattening phase 2 the animals are provided with variable amounts of concentrates and maize silage ad libitum, as described in Chapter 4.6.2. Relevant feed properties are listed in Table 4.34.

In agreement with GfE (1995) Flachowsky (expert judgement) proposed to calculate the amount of concentrates fed as a function of body weight:

$$m_{\text{conc, mb}} = a + b \cdot \beta \cdot \Delta w_{\text{mb}} \quad (4.81)$$

where

$m_{\text{conc, mb}}$	amount of concentrates fed (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> DM)
$a$	constant ( $a = 1 \text{ kg an}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ DM}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 0.001 \text{ kg g}^{-1}$ )
$b$	constant ( $b = 1 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$\Delta w_{\text{mb}}$	weight gain (in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

The concentrates contain cereal groats (50 %), rape groats (25 %), and soy bean groats (25 %). The characteristics of the concentrates are given in Table 4.34.

The share of grass and grass silage on roughage may be taken into account.

Typically, there is no grazing.

The daily feed intake can be derived from the metabolisable energy requirements, the contents of metabolisable energy of the various feed constituents, and the dry matter contents. The data required are given in Table 4.34.

However, to calculate the N intake by feed on the base of  $X_{\text{XP}}$ , the daily feed intake is needed in units of dry matter:

$$m_{\text{feed, DM}} = \frac{ME_{\text{gr-s, 1}}}{\eta_{\text{ME, gr-s}}} + \frac{ME_{\text{ma-s, 1}}}{\eta_{\text{ME, ma-s}}} + \frac{ME_{\text{conc, 1}}}{\eta_{\text{ME, conc}}} + \frac{ME_{\text{gr-s, 2}}}{\eta_{\text{ME, gr-s}}} + \frac{ME_{\text{ma-s, 2}}}{\eta_{\text{ME, ma-s}}} + \frac{ME_{\text{conc, 2}}}{\eta_{\text{ME, conc}}} \quad (4.82)$$

In Mastphase 1 mit 1000 g an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> Gewichtszunahme bis zu einem Gewicht von 125 kg an<sup>-1</sup> wird mit konstanten Kraftfuttermengen und Maissilage so gefüttert, dass Energie- und Proteinbedarf gedeckt wird.

In Phase 2 werden die Tiere entsprechend den in Kapitel 4.6.2 beschriebenen Futtermengen versorgt (variable Kraftfüttergabe, Maissilage ad libitum). Wichtige Futtereigenschaften gehen aus Table 4.34 hervor.

Die Kraftfuttermenge wird nach Flachowsky (Expertenurteil, in Anlehnung an GfE, 1995) als Funktion der Gewichtszunahme berechnet:

Das Kraftfutter enthält Getreideschrot (50 %), Rapsschrot (25 %) und Sojaschrot (25 %). Zu den mittleren Eigenschaften des Kraftfutters s. Table 4.34.

Der Anteil von Gras und Grassilage am Grundfutter kann berücksichtigt werden.

Weidegang ist nicht vorgesehen.

Der tägliche Futterbedarf (Trockensubstanz) wird aus dem Bedarf an umsetzbarer Energie, den ME-Gehalten der verschiedenen Futteranteile sowie der Trockensubstanzgehalten abgeleitet. Zu den erforderlichen Daten s. Table 4.34.

Für die Berechnung N-Aufnahme über die Nahrung mit Hilfe von  $X_{\text{XP}}$  wird allerdings die tägliche Futtermenge in Trockenmasse-Einheiten benötigt:

where

$m_{\text{feed, DM}}$	daily feed intake (dry matter) (in kg $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$i = 1, 2$	index of fattening phase
$ME_{\text{gr, i}}$	intake of metabolisable energy with grass (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\eta_{\text{ME, gr, i}}$	metabolisable energy content of grass (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )
$ME_{\text{gr-s, i}}$	intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\eta_{\text{ME, gr-s, i}}$	metabolisable energy content of grass silage (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )
$ME_{\text{ma-s, i}}$	intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\eta_{\text{ME, ma-s, i}}$	metabolisable energy content of maize silage (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )
$ME_{\text{conc, i}}$	intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\eta_{\text{ME, conc, i}}$	metabolisable energy content of concentrates (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )

The daily gross energy is derived from the metabolisable energy and the metabolisabilities of the various feed components (assuming constant conditions over time and space).

Die tägliche Gesamtenergie wird aus der umsetzbaren Energie und den Umsetzbarkeiten der verschiedenen Futteranteile abgeleitet (zeitlich und örtlich konstante Standardwerte).

$$GE_{\text{bm}} = \frac{ME_{\text{gr-s, 1}}}{X_{\text{ME, gr-s}}} + \frac{ME_{\text{ma-s, 1}}}{X_{\text{ME, ma-s}}} + \frac{ME_{\text{conc, 1}}}{X_{\text{ME, conc}}} + \frac{ME_{\text{gr-s, 2}}}{X_{\text{ME, gr-s}}} + \frac{ME_{\text{ma-s, 2}}}{X_{\text{ME, ma-s}}} + \frac{ME_{\text{co, 2}}}{X_{\text{ME, co}}} \quad (4.83)$$

where

$GE_{\text{bm}}$	daily gross energy intake for bulls (mature beef males) (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$i = 1, 2$	index of fattening phase
$ME_{\text{gr, i}}$	intake of metabolisable energy with grass (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$X_{\text{ME, gr, i}}$	mean metabolisability of grass (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )
$ME_{\text{gr-s, i}}$	intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$X_{\text{ME, gr-s, i}}$	mean metabolisability of grass silage (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )
$ME_{\text{ma-s, i}}$	intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$X_{\text{ME, ma-s, i}}$	mean metabolisability of maize silage (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )
$ME_{\text{conc, i}}$	intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$X_{\text{ME, conc, i}}$	mean metabolisability of concentrates (in MJ $\text{MJ}^{-1}$ )

As an additional result, a mean digestibility of the diet is obtained (0.789 MJ  $\text{MJ}^{-1}$ ).

Als weiteres Ergebnis erhält man eine mittlere Verdaulichkeit des Futters von 0,789 MJ  $\text{MJ}^{-1}$ .

#### 4.6.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.6.3) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate was used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) (0,06 MJ  $\text{MJ}^{-1}$ ). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.6.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wurde IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit 0,065 MJ  $\text{MJ}^{-1}$  höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert (0,06 MJ  $\text{MJ}^{-1}$ ) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.6.5 *Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.4.3.3.

The amounts of “volatile solids” (VS) excreted are derived from GE requirements calculated according to Chapter 4.6.3. For the method see Chapter 3.4.1.

The calculation of VS excretions makes use of the standard value of ash content (0.08 kg kg<sup>-1</sup>) as given by (IPCC(2006)-10.73). The overall digestibility of the feed is calculated on base of the data given in Table 4.34.

The frequency distribution of storage systems was obtained by RAUMIS (see Chapter 15.2). Typically, there is no grazing.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are taken from IPCC(2006), see Table 4.28 in Chapter 4.4.5.

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 15.1.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals that of IPCC (1996). The methane conversion factor (MCF) for solid storage given by IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996). The MCF for pasture equals that of IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen der ausgeschiedenen „volatile solids“ (VS) werden nach Kapitel 3.4.1 aus dem in Kapitel 4.6.3 berechneten GE-Bedarf abgeleitet.

Bei der Berechnung der VS-Ausscheidungen wird der Aschegehalt mit von 0,08 kg kg<sup>-1</sup> angenommen (Standard-Wert, IPCC(2006)-10.73). Die effektive Verdaulichkeit des Futters ergibt sich mit Hilfe der Daten aus Tabelle Table 4.34.

Die Verteilung der Lagerungsformen wird durch RAUMIS bereit gestellt (siehe Kapitel 15.2). Weidgang ist nicht üblich.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) werden IPCC(2006) entnommen, siehe Table 4.28 in Kapitel 4.4.5.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

Die maximale Methan-Bildungskapazität nach IPCC (2006) entspricht der in IPCC (1996). Der in IPCC 2006 vorgeschlagene Methan-Umwandlungs-aktor (MCF) für Festmist ist größer als der in IPCC (1996). Der MCF für Weide ist der gleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.6.6 *NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen*

The NMVOC emissions are based on ammonia emissions, cf. Chapter 3.4.4. All cattle types are treated with the same emission factors  $EF_{\text{NMVOC}}$  (Table 4.10). Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

Die NMVOC-Emissionen werden aus den Ammoniak-Emissionen berechnet, s. Kapitel 3.4.4. Für alle Rinder werden die gleichen NMVOC-Emissionsfaktoren verwendet (Table 4.10). Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

#### 4.6.7 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of N<sub>org</sub> and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N<sub>org</sub> und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lager-typen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.6.7.1 *N excretion / N-Ausscheidung*

N excretion is calculated as the difference between N intake and N retained. Values range about

Die N-Ausscheidungen ergeben sich als Differenz zwischen N-Aufnahme und N-Retention. Es ergeben

35 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

The TAN content of excreta is variable and calculated. TAN contents are in the order of magnitude of 0.45 kg kg<sup>-1</sup>.

sich Werte um 35 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Der TAN-Gehalt der Ausscheidungen ist variabel und wird ebenfalls berechnet; er liegt bei etwa 0,45 kg kg<sup>-1</sup>.

#### 4.6.7.2 *Partial emission factors “housing and grazing” / Partielle Emissionsfaktoren “Stall und Weide”*

The TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.20).

Grazing is not considered.

Es werden die TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.20).

Weidegang ist nicht vorgesehen.

#### 4.6.7.3 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 4.43. For the properties of straw see Chapter 3.6.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 4.43 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 4.43: Bulls (male beef cattle), N inputs with straw in German bull houses

Animal house type		straw input kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
tied systems		2.0 <sup>a</sup>	1.7	8.6·10 <sup>-3</sup>	4.3·10 <sup>-3</sup>
loose housing	deep litter	5.0 <sup>b</sup>	4.3	21.5·10 <sup>-3</sup>	10.8·10 <sup>-3</sup>
loose housing	sloped floor	2.5 <sup>c</sup>	2.2	10.8·10 <sup>-3</sup>	5.4·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Assumption: same value as for heifers, tied systems (cf. Table 4.35)

<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 373

<sup>c</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 365

#### 4.6.7.4 *Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung*

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.5.2.2.4 behandelt.

#### 4.6.7.5 *Partial emission factors “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“*

For the emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from storage see Table 4.2 and Table 4.3.

Für die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager wird auf Table 4.2 und Table 4.3 verwiesen.

The emission factors of NH<sub>3</sub> are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

#### 4.6.7.6 *Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for NH<sub>3</sub> is also valid for bulls.

Auch für Bullen gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für NH<sub>3</sub> die Größenordnung von 30 % hat.

As for dairy cattle, N<sub>2</sub>O and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Für N<sub>2</sub>O und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

#### 4.6.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 4.6.5.

The emission factors used for particulate matter are listed in Table 4.44.

These data are taken from EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmistssysteme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.6.5 entnommen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 4.44 zusammengestellt.

Diese Daten wurden aus EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.44: Bulls (male beef cattle), emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing (first estimates)

Animal category	housing type	emission factor for $PM_{10}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$	emission factor for $PM_{2.5}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$
bulls	slurry	0.32	0.21
	solid	0.24	0.16

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 4.6.9 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 4.45: Bulls (male beef), related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.04	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.04	
		NMVOC	EM1005.36	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.04	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.43	EM1009.45
		NO	EM1009.136	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.04	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.28	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.04	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.04	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.04	
		NMVOC	IEF1005.34	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.04	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.40	IEF1009.42
		NO	IEF1009.102	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.04	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.26	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.58	AI1005CAT.74

#### 4.7 Suckler cows / Mutterkühe

Suckler cow herds serve the production of saleable calves. The cows are kept in the house or grazing all year round.

Methane emission from enteric fermentation of cattle other than dairy cows (“other cattle”) is a key source with respect to both level and trend (NIR 2009).

For ammonia and NMVOC, other cattle are considered to be a key source (CEIP/EEA, 2008).

The marginal importance of suckler cows with respect to their share in emissions in the subcategory „Other cattle“ justifies a comparatively simple treatment.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.46.

Mutterkuh-Herden dienen der Produktion von absetzbaren Kälbern. Mutterkühe werden im Stall als auch ganzjährig auf der Weide gehalten.

Für die „übrigen Rinder“ ist die Methanemission aus der Verdauung eine Hauptquellgruppe, und zwar hinsichtlich Menge und Trend (NIR 2009).

„Übrige Rinder“ sind hinsichtlich ihrer Ammoniak-Emissionen und der NMVOC-Emissionen eine Hauptquellgruppe (CEIP/EEA, 2008).

Der geringe Anteil der Emissionen aus der Mutterkuh-Haltung an den Gesamtemissionen aus der Kategorie „übrige Rinder“ rechtfertigt eine vergleichsweise einfache Behandlung.

Die Emissionen werden nach den in Table 4.46 zusammengestellten Verfahren berechnet.

Table 4.46: Suckler cows, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

##### 4.7.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.7.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers as provided by the statistical offices of the federal states (StatLA C III 1 – vj 4, cf. Table 4.1) can be used directly.

Die von den von den Statistischen Landesämtern (StatLA C III 1 – vj 4) bereitgestellten Tierzahlen  $n_K$  (s. Table 4.1) können unverändert für das Inventar übernommen werden.

$$n_{sc} = n_K \quad (4.84)$$

where

$n_{sc}$  number of suckler cows considered  
 $n_K$  animal numbers of type K in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 14.6 and 14.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit (Standardfehler) lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 14.6 und 14.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsan-

from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

gabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.7.1.2 *Animal weight and calves/ Tiergewicht und Kälber*

The mean weight of suckler cows is considered constant ( $650 \text{ kg a}^{-1}$ ).

Das mittlere Gewicht von Mutterkühen wird als konstant angesehen ( $650 \text{ kg a}^{-1}$ ).

As a rule, suckler cows give birth to 0.9 calves per year.

Mutterkühe haben in der Regel 0,9 Kälber pro Jahr.

### 4.7.2 *Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme*

#### 4.7.2.1 *Energy requirements / Energiebedarf*

The energy requirements of a suckler cow are considered constant with time. A suckler cow without calf (milk yield  $10 \text{ l d}^{-1}$ ) has annual metabolisable energy requirements of approx.  $36000 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ ME}$  (KTBL, 2006b, S. 485).

Der Energiebedarf einer Mutterkuh wird als konstant angesehen. Für eine Mutterkuh ohne Kalb wird bei etwa  $10 \text{ l d}^{-1}$  Milch eine metabolisierbare jährliche Gesamtenergie von (gerundet)  $36000 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ ME}$  angegeben (KTBL, 2006b, S. 485).

The energy and feed requirements of the calf are considered in Chapter 4.4.2.

Das Kalb wird in Kapitel 4.4.2 gesondert betrachtet.

#### 4.7.2.2 *Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme*

$1600 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1}$  of the overall annual metabolisable energy requirements are assumed to be taken in with concentrates (KTBL, 2006b, S. 485). The rest is composed of equal shares of grass and grass silage. The composition of concentrates is given in Table 4.34.

Es wird davon ausgegangen, dass  $1600 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1}$  der metabolisierbaren jährlichen Gesamtenergie auf Kraftfutter entfallen (KTBL, 2006b, S. 485), der Rest zu gleichen Teilen auf Gras und Grassilage. Die Zusammensetzung des Kraftfutters ist in Table 4.34 angegeben.

The daily feed intake, the intake of N and GE is calculated by analogy to the procedure described for heifers, see Chapter 4.5.3.

Die Berechnung des täglichen Futterbedarfs der N- und GE-Aufnahme über die Nahrung erfolgt analog zur Vorgehensweise bei den Färsen, s. Kapitel 4.5.3.

As a result, a mean digestibility of the diet is obtained ( $0,688 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) as well as a daily gross energy intake of  $GE_{sc} = 144,1 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Als Ergebnis erhält man eine mittlere Verdaulichkeit des Futters von  $0,688 \text{ MJ MJ}^{-1}$  sowie eine tägliche Gesamtenergie-Aufnahme von  $GE_{sc} = 144,1 \text{ MJ a}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

### 4.7.3 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.7.2.2) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.7.2.2) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

The methane conversion rate was used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) ( $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wurde IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit  $0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$  höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert ( $0,06 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-

IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.7.4 *Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.4.3.3.

The amounts of “volatile solids” (VS) excreted are derived from GE required as described in Chapter 3.4.1.

From the calculation of emissions due to enteric fermentation, an excretion of about 819 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> VS is deduced, if one uses an ash content of 0,08 kg kg<sup>-1</sup> in accordance with IPCC(2006)-10.42. The digestibility is given in Chapter 4.7.2.1.

The frequency distribution of storage systems was obtained by RAUMIS (see Chapter 15.2).

The duration of grazing (number of days grazing, hours of grazing per day) are assessed and provided by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are taken from IPCC(2006), see Table 4.28 in Chapter 4.4.5.

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 15.1.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals that of IPCC (1996). The methane conversion factor (MCF) for solid storage given by IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996). The MCF for pasture equals that of IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, s. Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen der ausgeschiedenen „volatile solids“ (VS) werden nach Kapitel 3.4.1 aus dem GE-Bedarf abgeleitet.

Aus den Berechnungen zu den Emissionen aus der Verdauung folgt eine Ausscheidung von etwa 819 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> VS, wenn man für den Aschegehalt mit IPCC(2006)-10.42 0,08 kg kg<sup>-1</sup> annimmt. Zur Verdaulichkeit s. Kapitel 4.7.2.1.

Die Verteilung der Lagerungsformen wird durch RAUMIS bereit gestellt (siehe Kapitel 15.2).

Die Dauer des Weidegangs (Zahl der Weidetage, Dauer der täglichen Weide) wird in RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) berechnet und bereitgestellt.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) werden IPCC(2006) entnommen, siehe Table 4.28 in Kapitel 4.4.5.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

Die maximale Methan-Bildungskapazität nach IPCC (2006) entspricht der in IPCC (1996). Der in IPCC 2006 vorgeschlagene Methan-Umwandlungsaktor (MCF) für Festmist ist größer als der in IPCC (1996). Der MCF für Weide ist der gleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.7.5 *NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen*

The NMVOC emissions are based on ammonia emissions, cf. Chapter 3.4.4. All cattle types are treated with the same emission factors  $EF_{\text{NMVOC}}$  (Table 4.10). Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

Die NMVOC-Emissionen werden aus den Ammoniak-Emissionen berechnet, s. Kapitel 3.4.4. Für alle Rinder werden die gleichen NMVOC-Emissionsfaktoren verwendet (Table 4.10). Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

#### 4.7.6 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and loca-

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte),



tions), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lager-typen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 4.7.6.1 *N excretion / N-Ausscheidung*

In accordance with KTBL (2006b), pg. 490, the nitrogen excretion is assumed to amount to  $82 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ , 60 % of which is assumed to be TAN (accord-ing to Webb, 2001).

Mit KTBL (2006b), S. 490, werden N-Ausscheidungen von  $82 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  angenommen. Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird mit 60 % angesetzt (Webb, 2001).

#### 4.7.6.2 *N input with straw / N-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 4.47. For the properties of straw see Chapter 3.6.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 4.47 angegeben. Zu den Eigen-schaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebunde-nes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 4.47: Suckler cows, N inputs with straw in German suckler cow houses

Animal house type		straw input <sup>a</sup> $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$	dry matter (DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$	N input (in DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$	TAN $\text{kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$
tied systems	all systems	5.0 <sup>a</sup>	4.3	$21.5 \cdot 10^{-3}$	$10.8 \cdot 10^{-3}$
loose housing	all systems	8.0 <sup>b</sup>	6.9	$34.4 \cdot 10^{-3}$	$17.2 \cdot 10^{-3}$

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 221  
<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 385

#### 4.7.6.3 *Partial emission factors "housing and grazing" / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“*

For housing, the TAN related emission factors for dairy cows are used (see Table 4.20).

Für den Stall werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren der Milchkühe verwendet (vgl. Table 4.20).

The  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for grazing is  $0.06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , related to TAN excreted ((EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor  $0,06 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

#### 4.7.6.4 *Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung*

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $N_{org}$  are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.5.2.2.4 behandelt.

#### 4.7.6.5 *Partial emission factors "storage" and "spreading" / Partielle Emissionsfaktoren „La-ger“und „Ausbringung“*

For the emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage see Table 4.2 and Table 4.3.

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Lager wird auf Table 4.2 und Table 4.3 verwiesen.

The emission factors of NH<sub>3</sub> are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

#### 4.7.6.6 *Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for NH<sub>3</sub> is also valid for suckler cows.

As for dairy cattle, N<sub>2</sub>O and NO are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Auch für Mutterkühe gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für NH<sub>3</sub> die Größenordnung von 30 % hat.

Für N<sub>2</sub>O und NO wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

#### 4.7.7 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 15.2.

The emission factors used for particulate are listed in Table 4.48.

These data are taken from EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmistsysteme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 15.2 entnommen

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 4.48 zusammengestellt.

Diese Daten wurden aus EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.48: Suckler cows, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
suckler cows	slurry	0.32	0.21
	solid	0.24	0.16

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

#### 4.7.8 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 4.49: Suckler cows, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.05	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.05	
		NMVOC	EM1005.37	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.05	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.46	EM1009.48
		NO	EM1009.137	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.05	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.29	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.05	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.05	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.05	
		NMVOC	IEF1005.35	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.05	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.43	IEF1009.45
		NO	IEF1009.103	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.05	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.27	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.75	AI1005CAT.91

#### 4.8 Stud bulls (mature males) / Zuchtbullen

All male cattle above 2 years are considered to be used for reproduction.

Methane emission from enteric fermentation of cattle other than dairy cows ("other cattle") is a key source with respect to both level and trend (NIR 2009).

For ammonia and NMVOC, other cattle are considered to be a key source (CEIP/EEA, 2008).

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.50.

As the contribution of stud bulls (mature males) to the overall emissions is very small, a comparatively simple treatment seems justified.

Als Zuchtbullen werden alle männlichen Rinder angesehen, die älter als 2 Jahre sind.

Für die „übrigen Rinder“ ist die Methanemission aus der Verdauung eine Hauptquellgruppe, und zwar hinsichtlich Menge und Trend (NIR 2009).

„Übrige Rinder“ sind hinsichtlich ihrer Ammoniak-Emissionen und der NMVOC-Emissionen eine Hauptquellgruppe (CEIP/EEA, 2008).

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.50 zusammengestellten Verfahren.

Die relative Einfachheit der Beschreibung wird durch den geringen Beitrag der Zuchtbullen zur Gesamtemission gerechtfertigt.

Table 4.50: Bulls (mature males), calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	Enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	Manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVOC	Manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	Manure management	2	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	Manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	Animal house	1	EMEP	district	national	1 a

##### 4.8.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.8.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4), see  $n_G$  in Table 4.1. They can be used directly.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4), s.  $n_G$  in Table 4.1. Sie werden unverändert übernommen.

$$n_{mm} = n_G \quad (4.85)$$

where

$n_{mm}$	number of bulls (mature males) considered
$n_G$	animal numbers of type G in the German census (see Table 4.1)

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. From 2008 on, cattle numbers are taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. Hence, the uncertainty of cattle numbers is zero from 2008 on.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 14.6 and 14.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit (Standardfehler) lag in der Größenordnung von 5 %. Ab den Rinderzahlen für 2008 stammen die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Daher sind ab 2008 die Rinderzahlen exakt.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 14.6 und 14.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.8.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

The weight of a stud bull is assumed to be 1000 kg  $\text{a}^{-1}$  (KTBL, 2004, pg. 350).

Das Gewicht eines Zuchtbullen wird mit konstant 1000 kg  $\text{a}^{-1}$  angesetzt (KTBL, 2004, S. 350).

#### 4.8.2 *Energy requirements / Energiebedarf*

The weight gain of a stud bull is considered negligible. Thus, only the energy requirements for maintenance have to be taken into account, which are assumed to be constant on a daily base (100 MJ  $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$  ME for the animal weight of 1000 kg  $\text{a}^{-1}$ ).

Das Wachstum eines Zuchtbullens wird als vernachlässigbar angesehen, womit lediglich der Energiebedarf für Erhaltung von Bedeutung ist, der im täglichen Mittel als konstant angesehen wird. Für das Tiergewicht von 1000 kg  $\text{a}^{-1}$  wird er mit 100 MJ  $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$  ME angesetzt.

#### 4.8.3 *Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme*

For the metabolisability, the IPCC default value 0.55 MJ  $\text{MJ}^{-1}$  is used. This leads to a mean daily gross energy intake of  $GE_{\text{mm}} = 181.8 \text{ MJ } \text{a}^{-1} \text{a}^{-1}$ .

As a default N excretion rate is used (see Chapter 4.8.7.1), there is no need to calculate feed intake.

Aus dem IPCC-default-Wert für die Umsetzbarkeit von 0,55 MJ  $\text{MJ}^{-1}$  resultiert eine tägliche Gesamtenergie-Aufnahme von  $GE_{\text{mm}} = 181,8 \text{ MJ } \text{a}^{-1} \text{a}^{-1}$ .

Da mit einem Standardwert für die N-Ausscheidung gerechnet wird (s. Kapitel 4.8.7.1), erübrigt sich die Berechnung der aufgenommenen Futtermenge.

#### 4.8.4 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.8.3) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate is used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ } \text{MJ}^{-1}$ . This value exceeds that given in IPCC (1996) (0,06 MJ  $\text{MJ}^{-1}$ ). It is assumed to represent the German situation better than the IPCC (1996) value.

According to Chapter 3.3.2.2, a methane conversion rate of 0.065 MJ  $\text{MJ}^{-1}$  as suggested in IPCC(2006)-10.30 and  $GE_{\text{mm}}$  from Chapter 4.8.3 leads to the emission factor  $EF_{\text{CH}_4, \text{ent, mm}} = 77.51 \text{ kg } \text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{CH}_4$ .

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 4.8.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wird IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen. Er liegt mit 0,065 MJ  $\text{MJ}^{-1}$  höher als der von IPCC (1996) angegebene Wert (0,06 MJ  $\text{MJ}^{-1}$ ) und repräsentiert besser die deutschen Verhältnisse.

Nach Kapitel 3.3.2.2 ergibt sich bei einer Methan-Umwandlungsrate von 0,065 MJ  $\text{MJ}^{-1}$  (IPCC(2006)-10.30) und  $GE_{\text{mm}}$  aus Kapitel 4.8.3 ein Emissionsfaktor von  $EF_{\text{CH}_4, \text{ent, mm}} = 77,51 \text{ kg } \text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{CH}_4$ .

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert und eine Normalverteilung angenommen.

#### 4.8.5 *Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement*

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, see Chapter 3.4.3.3.

From the calculation of emissions from enteric

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, s. Kapitel 3.4.3.3.

Aus den Berechnungen zu den Emissionen aus der

fermentation, a VS excretion of about  $1324 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  is deduced, if ash content is  $0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ , as proposed in IPCC(2006)-10.42. For the digestibility see Chapter 4.8.3.

For the time being it is assumed that half of the population is kept in slurry based systems, the other half in straw based systems.

The frequency distribution of storage types is assumed to be the same as for other cattle. It is supplied by RAUMIS (see Chapter 15.2. Grazing is not considered.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are taken from IPCC(2006), see Table 4.28 in Chapter 4.4.5.

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 15.1.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals that of IPCC (1996). The methane conversion factor ( $MCF$ ) for solid storage given by IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996). The  $MCF$  for pasture equals that of IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Verdauung folgt eine Ausscheidung von etwa  $1324 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  VS, wenn man mit IPCC(2006)-10.42 für den Aschegehalt  $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$  annimmt. Zur Verdaulichkeit s. Kapitel 4.8.3.

Vorläufig wird angenommen, dass eine Hälfte der Tiere in Gülle- und die andere Hälfte in Festmistsystemen gehalten wird.

Die Häufigkeitsverteilung der Wirtschaftsdünger-Lagerung entspricht der der übrigen Rinder und wird von RAUMIS bereit gestellt (siehe Kapitel 15.2). Weidegang wird nicht berücksichtigt.

Die maximale Methan-Freisetzungs-kapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme ( $MCF$ ) werden IPCC(2006) entnommen, siehe Table 4.28 in Kapitel 4.4.5.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

Die maximale Methan-Bildungskapazität nach IPCC (2006) entspricht der in IPCC (1996). Der in IPCC 2006 vorgeschlagene Methan-Umwandlungsfaktor ( $MCF$ ) für Festmist ist größer als der in IPCC (1996). Der  $MCF$  für Weide ist der gleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 4.8.6 NMVOC Emissions / NMVOC-Emissionen

The NMVOC emissions are based on ammonia emissions, cf. Chapter 3.4.4. All cattle types are treated with the same emission factors  $EF_{\text{NMVOC}}$  (Table 4.10). Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

Die NMVOC-Emissionen werden aus den Ammoniak-Emissionen berechnet, s. Kapitel 3.4.4. Für alle Rinder werden die gleichen NMVOC-Emissionsfaktoren verwendet (Table 4.10). Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

#### 4.8.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{\text{org}}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{\text{org}}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lager-typen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.8.7.1 N excretion and N input with straw / N-Ausscheidung und -Eintrag mit Stroh

In accordance with KTBL (2006b), pg. 412, the nitrogen excretion is assumed to amount to  $84 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N, 60 % of which is assumed to be TAN (according to Webb, 2001).

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.5.3. All

Mit KTBL (2006b), S. 412, wurden N-Ausscheidungen von  $84 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  N angenommen. Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird mit 60 % angesetzt (Webb, 2001).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel

straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  or  $21.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  ( $10.8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

3.6. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu wird mit  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh angesetzt bzw.  $21,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  (entsprechend  $10,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ ).

#### 4.8.7.2 *Partial emission factors “housing” and “grazing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“ und „Weide“*

By analogy to dairy cow husbandry (housing: tied systems), the following partial emission factors for housing are applied:

In Anlehnung an die Milchkuh-Haltung (Stall: Anbindehaltung) werden die folgenden partiellen Emissionsfaktoren für den Stall angesetzt:

Table 4.51: Cattle (mature males) partial  $\text{NH}_3$  emission factors used for housing

				<i>EF</i> (in $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$ )	related to
housing	$\text{NH}_3$	slurry based	tied systems	0.066	TAN
	$\text{NH}_3$	straw based	tied systems	0.066	TAN

Typically, bulls (mature males) do not graze.

Weidegang ist nicht vorgesehen.

#### 4.8.7.3 *Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung*

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und –raten werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

#### 4.8.7.4 *Partial emission factors for “storage” and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren für „Lager“ und „Ausbringung“*

For the emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from storage see Table 4.2 and Table 4.3.

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus dem Lager wird auf Table 4.2 und Table 4.3 verwiesen.

The emission factors of  $\text{NH}_3$  are given in Chapter 4.2.3 for the different spreading techniques and times before incorporation.

Die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten gehen aus Kapitel 4.2.3 hervor.

#### 4.8.7.5 *Uncertainty of emission factors / Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

According to EMEP (2007)-B1090-19, an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  is also valid for bulls.

Auch für Bullen gilt nach EMEP (2007)-B1090-19 eine  $\text{NH}_3$ -Unsicherheit von 30 % hat.

As for dairy cattle,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Für  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

#### 4.8.8 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

The frequency distributions of slurry and solid manure systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 4.8.5.

Die Häufigkeitsverteilungen für Gülle- und Festmistsysteme wird den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 4.8.5 entnommen

The emission factors used for particulate matter are listed in Table 4.52.

These data are taken from EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10.

(Unlike for pigs the emission factors for slurry based systems are higher than those for straw based systems, see EMEP(2009)-4B-41).

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 4.52 zusammengestellt.

Diese Daten wurden aus EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10, entnommen.

(Anders als bei Schweinen sind die Emissionsfaktoren für güllebasierte Systeme größer als für Systeme mit Einstreu, siehe dazu EMEP(2009)-4B-41).

Table 4.52: Bulls (mature males), emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing (first estimates)

Animal category	Housing type	Emission factor for $PM_{10}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$	Emission factor for $PM_{2.5}$ $Kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$
bulls (mature males)	slurry	0.32	0.21
	solid	0.24	0.16

Source: EMEP(2009)-4B-27, Table 3-10

#### 4.8.9 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 4.53: Bulls (mature males), related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.06	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.06	
		NM VOC	EM1005.38	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.06	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.49	EM1009.51
		NO	EM1009.138	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.06	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.30	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.06	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.06	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.06	
		NM VOC	IEF1005.36	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.06	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.46	IEF1009.48
		NO	IEF1009.104	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.06	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.28	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.92	AI1005CAT.107

#### 4.9 Aggregated data for cattle except dairy cows (other cattle) / Zusammenfassung: Rinder ohne Milchkühe (übrige Rinder)

“Other cattle” are a key source of methane from enteric fermentation (with respect to both level and trend), a key source of methane from manure management (amount) and a key source of ammonia (level) and NMVOC. Thus, a detailed description is asked for.

In the following subchapters, the data for the animal categories Calves (Chapter 4.4), heifers (Chapter 4.5), bulls (male beef) (Chapter 4.6), suckler cows (Chapter 4.7) and stud bulls (mature males) (Chapter 4.8) are summarised as “other cattle” for reporting purposes. However, guidance documents do not provide explicit methods to derive mean properties. That is why the equations used are added in each case.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 4.54.

Rinder ohne Milchkühe („übrige Rinder“) sind eine Hauptquellgruppe für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung (bzgl. Niveau und Trend), für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Niveau), für NH<sub>3</sub> (Niveau) und NMVOC. Eine detaillierte Beschreibung ist deshalb geboten.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Daten der Tierkategorien Kälber (Kapitel 4.4), Färsen (Kapitel 4.5), Mastbullen (Kapitel 4.6), Mutterkühe (Kapitel 4.7) und Zuchtbullen (Kapitel 4.8) für die Berichterstattung als „übrige Rinder“ zusammengefasst. Da die Regelwerke keine expliziten Verfahren für die Berechnung mittlerer Eigenschaften aufweisen, werden die jeweils benutzten Gleichungen aufgeführt.

Die Emissionen werden nach den in Table 4.54 zusammengestellten Verfahren berechnet.

Table 4.54: Other cattle, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2/3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

##### 4.9.1 Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten

###### 4.9.1.1 Cumulative animal numbers / Tierzahl-Summen

In some subcategories animal numbers differ from those of the official statistics. The overall number of other cattle is given by

Die Tierzahlen der Unterkategorien weichen teilweise von denen der amtlichen Statistik ab. Ihre Summe ist gegeben durch

$$n_{oc} = n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm} \quad (4.86)$$

$$= n_A + n_B + n_C + n_D + n_E + n_F + n_G + n_H + n_I + n_J + n_K + n_L$$

where

$n_{oc}$	number of other cattle places (in pl)
$n_{ca}$	number of calf places, as described in Chapter 4.4.1.1 (in pl)
$n_{bf}$	number of heifer places, as described in Chapter 4.5.1.1 (in pl)
$n_{bm}$	number of bull places (male beef cattle), as described in Chapter 4.6.1.1 (in pl)
$n_{sc}$	number of suckler cow places, as described in Chapter 4.7.1.1 (in pl)
$n_{mm}$	number of bull places (mature males), as described in Chapter 4.8.1.1 (in pl)
$n_A, \text{ etc.}$	number of cattle places subcategory A, etc., as described in Table 4.1 (in pl)

This is equivalent to calculating the overall number of other cattle from the number of all cattle by subtracting the number of dairy cattle.

Dies entspricht der Summe aller Rinder abzüglich der Anzahl der Milchkühe.

In previous years, the number of cattle was underestimated in principle, as the national census did not

In früheren Jahren wurden durch die Vorgehensweise bei der statistischen Erhebung nicht alle Tiere



cover all farms (see Dämmgen, 2005). The uncertainty (standard error) was in the order of 5 %. Meanwhile all cattle are registered in the HIT data base. This means the uncertainty of cattle numbers is almost zero.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 14.6 and 14.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 3 % of the animal numbers reported (standard error).

erfasst (siehe Dämmgen, 2005). Die Unsicherheit Standardfehler) lag in der Größenordnung von 5 %. Durch die zwischenzeitlich eingeführte Erfassung aller Rinder in der HIT-Datenbank tendiert der Fehler in den Rinder-Tierzahlen gegen Null.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 14.6 und 14.7) wird für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an eine einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 3 % der berichteten Tierzahl angenommen (Standardfehler).

#### 4.9.1.2

#### Calculation of mean animal weights / Berechnung mittlerer Tiergewichte

The mean animal weights of “other cattle” are the weighted means of the mean weights of calves, heifers, female and male beef cattle, suckler cows and stud bulls. The mean weights of calves (69 kg an<sup>-1</sup>), stud bulls (1000 kg an<sup>-1</sup>) and suckler cows (650 kg an<sup>-1</sup>) are constant, whereas the mean weight of beef cattle is the arithmetic mean of the final weight of calves (100 kg an<sup>-1</sup>) and the respective slaughter weight.

Instead of census data, animal numbers as calculated in this inventory are used to derive the weighted means.

Die mittleren Gewichte der übrigen Rinder sind die gewichteten Mittel der Gewichte von Kälbern, Färsen, Mastbullen, Mutterkühen und Zuchtbullen. Die mittleren Gewichte von Kälbern (68 kg an<sup>-1</sup>), Zuchtbullen (1000 kg an<sup>-1</sup>) und Mutterkühen (650 kg an<sup>-1</sup>) werden als konstant angesehen. Bei Färsen und Mastbullen wird das arithmetische Mittel zwischen Endgewicht der Kälber (100 kg an<sup>-1</sup>) und Schlachtgewicht angesetzt.

Es werden nicht die Tierzahlen der Tierzählung, sondern die in diesem Inventar berechneten Tierzahlen verwendet.

$$w_{oc} = \frac{n_{ca} \cdot \frac{w_{start,ca} + w_{fin,ca}}{2} + n_{bf} \cdot \frac{w_{fin,ca} + w_{fin,bf}}{2} + n_{bm} \cdot \frac{w_{fin,ca} + w_{fin,bm}}{2} + n_{sc} \cdot w_{sc} + n_{mm} \cdot w_{mm}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.87)$$

where

$w_{oc}$	mean animal weight in category other cattle (in kg an <sup>-1</sup> )
$n_{ca}$ , etc.	number of calf places, etc. (in pl)
$w_{start,ca}$ , etc.	weight at the beginning of the lifespan of a calf, etc. (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{fin,ca}$ , etc.	weight at the end of the lifespan of a calf, etc. (in kg an <sup>-1</sup> )

#### 4.9.1.3

#### Calculation of mean pregnancy rates / Berechnung mittlerer Trächtigkeitsraten

The calculation of mean pregnancy data considers adult female animals only. It was assumed that 30 % of the heifers younger than 2 a are pregnant, 100 % of all heifers older than 2 a and 90 % of the suckler cows (expert judgement Henning, FAL-TZ/FLI-Nutztiergenetik).

City States were not considered for the calculation of the mean.

Die Berechnung der mittleren Trächtigkeit berücksichtigt nur erwachsene weibliche Tiere. Es wurde angenommen, dass 30 % der Färsen unter 2 a trächtig sind, alle Färsen älter als 2 a sowie 90 % der Mutterkühe (Expertenurteil Henning, FAL-TZ/FLI-Nutztiergenetik).

Die Stadtstaaten wurden bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.

#### 4.9.1.4

#### Calculation of mean digestibilities / Berechnung mittlerer Verdaulichkeiten

Mean digestibilities are the weighted means of the subcategories calculated as follows:

Die mittleren Verdaulichkeiten werden wie folgt als gewichtete Mittel berechnet:

$$X_{DE, oc} = \frac{n_{ca} \cdot X_{DE, ca} + n_{bf} \cdot X_{DE, bf} + n_{bm} \cdot X_{DE, bm} + n_{sc} \cdot X_{DE, sc} + n_{mm} \cdot X_{DE, mm}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.88)$$

where

$X_{DE, oc}$  mean digestibility of feed for other cattle (in MJ MJ<sup>-1</sup>)  
 $n_{ca}$ , etc. number of calf places, etc. (in pl)  
 $X_{DE, ca}$ , etc. digestibility of calf feed (in MJ MJ<sup>-1</sup>)

#### 4.9.2 Methan emissions from enteric fermentation / Methanemissionen aus der Verdauung

Mean emission factors are weighted means of the subcategories calculated as follows:

Die mittleren Emissionsfaktoren werden wie folgt als gewichtete Mittel berechnet:

$$EF_{CH_4, ent, oc} = \frac{n_{ca} \cdot EF_{CH_4, ent, ca} + n_{bf} \cdot EF_{CH_4, ent, bf} + n_{bm} \cdot EF_{CH_4, ent, bm} + n_{sc} \cdot EF_{CH_4, ent, sc} + n_{mm} \cdot EF_{CH_4, ent, mm}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.89)$$

where

$EF_{CH_4, ent, oc}$  mean emission factor for methane from enteric fermentation from other cattle (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>)  
 $n_{ca}$ , etc. number of calf places, etc. (in pl)  
 $EF_{CH_4, ent, ca}$ , etc. mean emission factor for methane from enteric fermentation from calves (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>)

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

##### 4.9.3.1 Mean implied emission factors for methane from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

##### 4.9.3.2 Mean VS excretion rates / Mittlere VS-Ausscheidungen

Weighted means are obtained by analogy to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Die gewichtete Mittelung erfolgt in Analogie zum Verfahren in Kapitel 4.9.2.

##### 4.9.3.3 Mean methane conversion factors / Mittlere Methan-Umwandlungsfaktoren

The national mean of the methane conversion factor for other cattle in Germany is calculated as follows:

Der mittlere Methan-Umwandlungsfaktor für Rinder außer Milchkühen in Deutschland wird wie folgt berechnet:

$$MCF_{liquid, mean} = \frac{\sum_{i,j} (MCF_{liquid,i,j} \cdot MS_{liquid,i,j} \cdot VS_{liquid,i,j} \cdot n_j)}{\sum_{i,j} (MS_{liquid,i,j} \cdot VS_{liquid,i,j} \cdot n_j)} \quad (4.90)$$

where

$MCF_{liquid, mean}$  mean methane conversion factor for liquid systems (in kg kg<sup>-1</sup>)  
 $MCF_{liquid, i, j}$  methane conversion factor for a liquid system i and an animal subcategory j

	(in kg kg <sup>-1</sup> )
$MS_{\text{liquid}, i, j}$	frequency of a liquid system i and an animal subcategory j (in pl pl <sup>-1</sup> )
$VS_{\text{liquid}, i, j}$	share of VS excreted in a liquid system i for an animal subcategory j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_j$	number of animal places in a subcategory j (in pl)

#### 4.9.3.4 Mean implied emission factors for NMVOC from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für NMVOC aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.3.5 Mean N excretion rates / Mittlere N-Ausscheidungen

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.3.6 Calculation of mean TAN contents / Berechnung mittlerer TAN-Gehalte

Mean TAN contents are calculated as follows:

Mittlere TAN-Gehalte werden für übrige Rinder wie folgt berechnet:

$$x_{\text{urine, oc, mean}} = \frac{\sum_{i, j} (m_{\text{excreted}, i, j} \cdot x_{\text{urine}, i, j} \cdot n_{i, j})}{\sum_{i, j} (m_{\text{excreted}, i, j} \cdot n_{i, j})} \quad (4.91)$$

where

$x_{\text{urine, oc, mean}}$	mean TAN content of excretions of other cattle (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excreted}, i}$	amount of N excreted by cattle subcategory i in region j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{urine}, i, j}$	TAN content of excreta of subcategory i in region j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$n_{i, j}$	number of animal places of subcategory i in region j (in pl)

#### 4.9.3.7 Mean implied emission factors for ammonia from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Ammoniak aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.3.8 Mean implied emission factors for particulate matter from manure management / Mittlere resultierende Emissionsfaktoren für Stäube aus Wirtschaftsdünger-Management

The calculation procedure to assess the mean implied emission factors is analogous to the procedure described in Chapter 4.9.2.

Das in Kapitel 4.9.2 beschriebene Rechenverfahren zur Ableitung mittlerer Emissionsfaktoren wird hier sinngemäß angewandt.

#### 4.9.4 *Intercomparison of implied emission factors and emission explaining variables with those in neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren und emissionserklärenden Variablen mit denen benachbarter Staaten*

In the following chapter, a comparison is made of implied emission factors between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions (latest published results) and German data in this inventory.

Zum Vergleich der resultierenden Emissionsfaktoren solcher Staaten, deren landwirtschaftliche Praxis der deutschen ähnlich ist, werden die deutschen Werte dieses Inventars den letzten veröffentlichten Daten gegenübergestellt.

##### 4.9.4.1 *Mean implied emission factors for methane from enteric fermentation and mean performance data / Mittlere Emissionsfaktoren für Methan aus der Verdauung und mittlere Leistungsdaten*

The German IEF is close to the mean reported by the other nations. It is considerably lower than that given in IPCC(2006)-10.29.

Der deutsche IEF liegt im Mittelfeld und unterschreitet den default-Wert für Westeuropa (IPCC(2006)-10.29) deutlich.

Table 4.55: Other cattle, intercomparison of implied emission factors  
(Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	$IEF_{CH_4, ent, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	pregnancy %	digestibility %	Methane con- version rate MJ MJ <sup>-1</sup>
Austria	56.25	424.46	16.35	72.96	0.06
Belgium	45.55	412.11		76.10	
Czech Republic	51.87			60.00	0.06
Denmark	40.41	325.00		71.00	
Germany	45.96	328.39	58.7 <sup>1</sup>	72.46	0.062
France	48.72				
Netherlands	35.98 <sup>2</sup>				
Poland	47.92	313.11		65.46	
Switzerland	38.99 <sup>2</sup>				
United Kingdom	43.10				0.06
IPCC (2006)-10.29, 10.73, 10.78, Western Europe	57.00	420.00	0.0	60 to 65	0.065 ± 0.01
IPCC (1996)-3-4.11, 4.32, 4.44, Western Europe	48.00	405.00	0.0	60 to 65	0.06 <sup>3</sup>

Source: UNFCCC 2010, Table 4.A

<sup>1</sup> The German pregnancy figure considers adult female animals only, see Chapter 4.9.1.3.

<sup>2</sup> calculated from original data supplied

<sup>3</sup> without calves

##### 4.9.4.2 *Mean implied emission factors for methane and NMVOC from manure management and emission explaining variables / Mittlere Emissionsfaktoren für Methan und NMVOC aus dem Wirtschaftsdünger-Management und emissionserklärende Variablen*

The implied emission factor (IEF) for calves, heifers, bulls, suckler cows and stud bulls (mature males) is located in the middle of the range given in Table 4.56. France cannot serve for comparison as it reports for both temperate and warm regions.

However, the considerable scatter cannot be explained with the data provided.

The methane conversion factors used by Denmark and Switzerland are the default values provided by IPCC (2006).

Der resultierende Emissionsfaktor (IEF) für Kälber, Färsen, Mastbullen, Mutterkühe und Zuchtbullen liegt im Mittelfeld der Tabelle (Table 4.56). Frankreich ist nicht direkt vergleichbar, da es für gemäßigte und warme Regionen berichtet.

Die erhebliche Streuung insgesamt entzieht sich einer einfachen Deutung.

Auffällig ist, dass Dänemark und die Schweiz default-Methan-Umwandlungsfaktoren nach IPCC (2000) verwenden.

No other countries have yet reported NMVOC emissions from other cattle. Thus, there is no comparison possible.

Da bisher andere Staaten keine NMVOC-Emissionen aus der Haltung der übrigen Rinder berichten, ist kein Vergleich möglich.

Table 4.56: Other cattle, intercomparison of implied CH<sub>4</sub> emission factors for manure management (Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	$IEF_{CH_4, MM, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	VS excreted kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> VS	Frequency of liquid systems %	MCF for liquid systems %	$IEF_{NMVOC, oc}$ in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NMVOC
Austria	3.97	1.95	20.73	8.28	6.18
Belgium	2.61	1.36		19.00	
Czech Republic	6.00		50.00		
Denmark	4.31	2.82	30.79	10.00	
Germany	5.70	1.47	53.36	13.31	
France	20.26	2.70	37.39	45 / 72	
Netherlands	6.68 <sup>1</sup>		70.05		
Poland	4.81	2.10	11.89	39.00	
Switzerland	4.87 <sup>1</sup>	2.01 <sup>1</sup>	46.94 <sup>1</sup>	10.00 <sup>1</sup>	
United Kingdom	4.14	0.01	6.00	39.00	
IPCC (2006)-10.38, 10.78, Western Europe, cool region	6 to 8	2.6	25.2	17 to 25	
IPCC (1996)-3-4.39, 4.44, Western Europe, cool region	6	2.65	50.00	10.00	
EMEP (2009)-4.B-60, 61					7.4
Source: UNFCCC 2010, Table 4.B(a)					
<sup>1</sup> calculated from original data supplied					

#### 4.9.4.3 Mean implied emission factors for ammonia and emission explaining variables / Mittlere effektive Emissionsfaktoren für Ammoniak und emissionserklärende Variablen

Table 4.57: Other cattle, intercomparison of N excretion rates  $m_{excr, oc}$  and NH<sub>3</sub> implied emission factors (Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	$m_{excr, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	$n_{oc}$ 1000 pl	$E_{NH_3, oc}$ Gg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub>	$IEF_{NH_3, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub>
Austria	46.54	1466.98	19.7	13.4
Belgium	54.60	2169.20	14.0	6.5
Czech Republic	70.00	833.00	9.2	11.0
Denmark	45.01	1006.42	5.6	5.5
Germany	40.85	8739.41	109.0	12.5
France	57.04	16171.72	239.4	14.8
Netherlands	44.78 <sup>1</sup>	2424.06	19.42 <sup>2</sup>	NE <sup>2</sup>
Poland	58.77	2950.00	43.1	14.6
Switzerland	37.96 <sup>1</sup>	975.77	16.6	17.0
United Kingdom	48.21	8198.04	61.7	7.5
IPCC (2006)-10.59	50.59 <sup>3</sup>			
IPCC (2000)-B1090-9	50			14.3
IPCC (1996)-3-4.99	70			
EMEP (2009)-4.B-26, 60, 61	41			9.2 to 13.4
Source: UNFCCC (2010), Table 4.B(b); EMEP (2010)				
<sup>1</sup> calculated from original data supplied				
<sup>2</sup> $E_{NH_3, oc}$ : including sheep and goat; $IEF_{NH_3, oc}$ : not estimated since the animal number of other cattle does not include sheep and goats				
<sup>3</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight				

Table 4.57 illustrates that the N excretions for Germany and this animal category are in the lower part of the range for Central Europe. The IPCC de-

Table 4.57 verdeutlicht, dass die mittleren N-Ausscheidungen dieser Tierkategorie für Deutschland im unteren Bereich der in Mitteleuropa üblichen Wer-

fault excretion rate of 70 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (IPCC(1996)-3-4.99) appears to be unrealistic. At present, it is only used by the Czech Republic.

te liegen. Der IPCC-Default-Wert von 70 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (IPCC(1996)-3-4.99) erscheint unrealistisch. Er wird nur von der tschechischen Republik verwendet.

#### 4.9.4.4 *Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere effective Emissionsfaktoren für Staub*

Table 4.58 illustrates the influence of the shares of straw-based and slurry-based systems which differ from country to country.

In Table 4.58 kommen von Land zu Land unterschiedliche Anteile stroh- und güllebasierter Systeme zum Ausdruck.

Table 4.58: Other cattle, intercomparison of PM implied emission factors  
(Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	$IEF_{PM_{10}, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub>	$IEF_{PM_{2.5}, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub>	$IEF_{TSP, oc}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>1</sup>
Austria			
Belgium	0.06	0.27	0.62
Czech Republic	0.39	0.01	0.86
Denmark	0.23	0.15	0.49
Germany	0.25	0.17	0.25
France	0.09	0.03	0.23
Netherlands		included in dairy cattle	
Poland	0.40	0.01	0.89
Switzerland	0.11	0.02	0.11
United Kingdom	0.04	0.01	0.00
EMEP (2009)-Tier 1, 60, 61	0.24	0.16	

Source: EMEP (2010), calculated from original data supplied

<sup>1</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in *d* (EMEP(2007)-B1010-9).

#### 4.9.5 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Reference to information provided with the data CD is given subsequently in Table 4.59.

Hinweise auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen finden sich in der nachfolgenden Table 4.59.

Table 4.59: Other cattle, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.07	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.07	
		NM VOC	EM1005.39	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.07	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.52	EM1009.54
		NO	EM1009.139	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.07	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.31	
Activity data	Aktivitäten	AC1005.07		
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.07	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.07	
		NM VOC	IEF1005.37	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.07	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.49	IEF1009.51
		NO	IEF1009.105	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.07	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.29	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.108	AI1005CAT.127

## 5 Pigs / Schweine

### 5.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

In the German census data pigs are categorised according to their sex, weight, destination and age.

For this inventory, subcategories were formed that are homogeneous with respect to housing and feeding.

Table 5.1 compares the categories used in the animal census and in this inventory. The latter are described in the subsequent chapters, including the variable animal weights.

Sucking piglets do not constitute a separate animal category in the inventory. They are accounted for within the calculations of energy and feed requirements of the sows.

Die deutsche Tierzählung unterscheidet Schweine nach Geschlecht, Gewicht, Bestimmung und Alter.

Für die Berechnungen des Inventars werden hieraus hinsichtlich ihrer Haltung und Ernährung homogene Unterkategorien gebildet.

Table 5.1 vergleicht die Kategorien der Tierzählung und des Inventars. Letztere werden in den nachfolgenden Kapiteln behandelt, einschließlich der variablen Tiergewichte.

Saugferkel werden bei den Berechnungen zum Energie- und Futterbedarf der Kategorie „Sauen“ mit berücksichtigt.

Table 5.1: Pigs, categorisation and characterisation

Animal subcategory according to German census			Animal subcategories used in this inventory		
type	descriptor		type	category	weight 1      weight 2
M	Ferkel unter 20 kg	piglets	*)	sucking piglets	1.5 kg an <sup>-1</sup> 8.5 kg an <sup>-1</sup>
N	Jungschweine bis unter 50 kg	young pigs lighter than 50 kg	we	weaners	8.5 kg an <sup>-1</sup> $w_{fin, we}$
	Lebendgewicht	live weight			
O	Mastschweine 50 bis 80 kg	fattening pigs 50 to 80 kg	fp	fattening pigs	$w_{fin, we}$ $w_{fin, fp}$
P	Mastschweine 80 bis 110 kg	fattening pigs 80 to 110 kg			
Q	Mastschweine 110 kg und mehr	fattening pigs heavier than 110 kg			
R	Jungsauen trächtig	young sows gestating	so	sows	200 kg an <sup>-1</sup>
S	Andere Sauen trächtig	other sows gestating			
T	Jungsauen nicht trächtig	young sows not gestating			
U	Andere Sauen nicht trächtig	other sows not gestating			
V	Eber zur Zucht	boars	bo	boars	180 kg an <sup>-1</sup>

weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period;  $w_{fin}$ : variable final weight  
\*) Sucking piglets do not constitute a separate animal category. They are accounted for within the calculations of energy and feed requirements of the sows.

### 5.2 Emission factors used for all pig subcategories / Für alle Schweine-Unterkategorien gültige Emissionsfaktoren

#### 5.2.1 Bedded systems: straw properties / Eingestreute Systeme: Eigenschaften von Stroh

Calculations for bedded housing systems are based on the data in Chapter 3.5.3.

Bei Berechnungen für eingestreute Haltungssysteme wird Stroh wie in Kapitel 3.5.3 behandelt.

#### 5.2.2 Emission factors for storage / Emissionsfaktoren für die Lagerung

Partial emission factors “storage” for the N species to be considered are listed in Table 5.2 and Table 5.3. They are valid for all subcategories of pigs.

By Döhler et al. (2002), the reference value of 0.15 kg kg<sup>-1</sup> N for the NH<sub>3</sub> emission factor in Table 5.2 was related to total N. However, according to

Partielle Emissionsfaktoren „Lagerung“ für die betrachteten N-Spezies und alle Schweine-Unterkategorien sind in Table 5.2 und Table 5.3 angegeben.

Der Referenzwert von 0,15 kg kg<sup>-1</sup> N für den NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor in Table 5.2 wurde bei Döhler et al

EAGER<sup>13</sup> expert judgement it has to be related to TAN (cf. Reidy et al., 2008, Table 6). Dämmgen et al. (2010b) recalculated the emission factors and related them to TAN.

N<sub>2</sub>O emission factors are used as provided by IPCC(2006)-10.62ff. For NO and N<sub>2</sub> the emission factors are derived from the N<sub>2</sub>O emission factors, see Chapter 3.5.2.2.3. The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

(2002) auf das gesamte N bezogen. Nach EAGER<sup>13</sup>-Expertenurteil ist dagegen TAN als Bezug zu wählen (vgl. Reidy et al., 2008, Table 6). Dämmgen et al. (2010b) berechneten die Emissionsfaktoren neu und bezogen sie auf TAN.

Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O sind IPCC(2006)-10.62ff entnommen, für NO und N<sub>2</sub> werden sie aus den N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren abgeleitet, siehe Kapitel 3.5.2.2.3. Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Table 5.2: Pigs, partial emission factors for NH<sub>3</sub> losses from storage (related to TAN)

untreated slurry	open tank	<i>reference</i> <sup>a</sup>	0.15	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid cover	(incl. tent structures)	90	%
	natural crust		30	%
	floating cover	chaff	80	%
	floating cover	granules	85	%
	floating cover	plastic film	85	%
	underneath slatted floor		0.105 <sup>c</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
leachate	solid cover		0.03 <sup>c</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
solid manure	heap		0.60 <sup>c</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N

<sup>a</sup> Source: see text

<sup>b</sup> Source: Döhler et al. (2002), Table 3.14

<sup>c</sup> Source: Dämmgen et al. (2010b)

Table 5.3: Pigs, partial emission factors for losses of N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from storage (related to N<sub>excr</sub> + N<sub>straw</sub>)

N <sub>2</sub> O emissions	slurry without crust	0.000	kg kg <sup>-1</sup> N
	slurry with crust	0.005	kg kg <sup>-1</sup> N
	underneath slatted floor	0.002	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid storage	0.005	kg kg <sup>-1</sup> N
	deep bedding without mixing	0.010	kg kg <sup>-1</sup> N
NO emissions	slurry without crust	0.0000	kg kg <sup>-1</sup> N
	slurry with crust	0.0005	kg kg <sup>-1</sup> N
	underneath slatted floor	0.0002	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid storage	0.0005	kg kg <sup>-1</sup> N
	deep bedding without mixing	0.0010	kg kg <sup>-1</sup> N
N <sub>2</sub> emissions	slurry without crust	0.000	kg kg <sup>-1</sup> N
	slurry with crust	0.015	kg kg <sup>-1</sup> N
	underneath slatted floor	0.006	kg kg <sup>-1</sup> N
	solid storage	0.015	kg kg <sup>-1</sup> N
	deep bedding without mixing	0.030	kg kg <sup>-1</sup> N

Source: IPCC(2006)-10.62 ff; Jarvis and Pain (1994); for details see text.

In most cases, the German inventory makes use of a detailed methodology to derive VS and N excretion rates. In the mass flow approach used in any case it is important to differentiate between the various housing and storage systems, as these have an effect on CH<sub>4</sub>, NMVOC, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>, NO and N<sub>2</sub>O emissions.

However, the application of both NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emission factors designed for non-mass flow calculations and based on the knowledge available in 1996 to

In den meisten Fällen berechnet das deutsche Inventar VS- und N-Ausscheidungen mit einer detaillierten Methode. Im Massenfluss-Verfahren, das in jedem Fall benutzt wird, ist es wichtig, zwischen den einzelnen Stall- und Lagersystemen zu unterscheiden, weil sich beide auf die CH<sub>4</sub>-, NMVOC-, NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>-, NO- und N<sub>2</sub>O-Emissionen auswirken.

Dabei führt die Anwendung von Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O, die auf der Basis des Wissens von 1996 und nicht für Massenfluss-Berechnungen

<sup>13</sup> EAGER – European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network. <http://www.eager.ch/index.htm>.



a mass flow system lead to the problem that in many cases total emissions exceed the size of the TAN pools.

When the mass flow methodology was established, partial emission factors for all N-species reflecting the state of knowledge were compiled.

For N<sub>2</sub>O, IPCC 2006 partial emission factors were taken into account, as they can be assigned to the storage systems used in Germany (see also Amon et al., 2001).

The mean N<sub>2</sub>O emission factor is strongly depending on the emission factor chosen for solid storage. Here, the IPCC 1996 factor unduly extrapolates from the dry lot storage systems (0.02 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O) to straw based systems used in Germany, see comment in IPCC 2006, Table 10.21 ("Judgement of IPCC Expert Group in combination with Amon et al., 2001, which shows emissions ranging from 0.0027 to 0.01 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>.")

To illustrate the effect of the differentiation in a high or low emission factor for solid storage, exemplary calculations were performed for pigs assuming a share of 0 % of natural crusts (which reflects the average situation in Germany):

pigs: mean N<sub>2</sub>O emission factor using IPCC 2006

1990: 0.0028 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O  
2008: 0.0024 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

pigs: mean N<sub>2</sub>O emission factor using IPCC 1996 with  $EF_{solid} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1}$

1990: 0.0016 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O  
2008: 0.0015 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

Application of the IPCC 1996 methodology modified as described above (using  $EF_{solid} = 0.005 \text{ kg kg}^{-1}$  N<sub>2</sub>O-N) yields lower N<sub>2</sub>O emissions than the German methodology.

EMEP (2007)-B1090-19 gives an uncertainty of 30 % for NH<sub>3</sub> emission factor. A normal distribution is assumed.

IPCC(2006)-10.67 provide an overview on N losses from manure management systems. The ranges listed there may well serve as a means to assess uncertainties for N<sub>2</sub>O emission factors. For dairy cattle we assume an uncertainty of about 30 %.

Both NO and N<sub>2</sub> emission factors are derived from N<sub>2</sub>O emission factors. The use of constant ratios results in additional uncertainties. Thus, we estimate the uncertainty of NO and N<sub>2</sub> emission factors to be in the order of magnitude of 50 %.

For these three species we also assume a normal distribution.

entwickelt worden waren, in etlichen Fällen dazu, dass die Summe der Emissionen die verfügbaren TAN-Vorräte überschreitet.

Mit der Entwicklung der Massenfluss-Methode wurden deshalb die Emissionsfaktoren für alle N-Spezies aktualisiert. Für N<sub>2</sub>O wurden hierbei die partiellen Emissionsfaktoren aus IPCC 2006 in Betracht gezogen, da sie die in Deutschland gebräuchlichen Lagertypen beschreiben (siehe auch Amon et al., 2001).

Die mittleren Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O sind stark von dem Emissionsfaktor für Festmist-Lagerung abhängig. Hier extrapoliert IPCC 1996 unangemessen von der Situation für die dry-lot-Systeme (0,02 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O) auf die in Deutschland üblichen Systeme mit Stroh-Einstreu (siehe auch Kommentar der IPCC Expert Group in Verbindung mit Amon et al., 2001, die Emissionsfaktoren von 0,0027 bis 0,01 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup> angeben).

Zur Veranschaulichung des Effekts eines hohen bzw. niedrigen Emissionsfaktors für Festmist wurden Beispielrechnungen für Schweine durchgeführt. Hierbei beträgt der Anteil der Systeme mit Schwimmdecke 0 % entsprechend der mittleren Häufigkeit in Deutschland:

Schweine: mittlerer N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor gemäß IPCC 2006

1990: 0,0028 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O  
2008: 0,0024 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

Schweine: mittlerer N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor gemäß IPCC 1996 with  $EF_{solid} = 0,005 \text{ kg kg}^{-1}$

1990: 0,0016 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O  
2008: 0,0015 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

Die Anwendung der modifizierten IPCC-1996-Methode (mit  $EF_{solid} = 0005 \text{ kg kg}^{-1}$  N<sub>2</sub>O-N) führt zu geringeren N<sub>2</sub>O-Emissionen als den mit der deutschen Methode berechneten.

EMEP (2007)-B1090-19 gibt für NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor eine Unsicherheit von 30 % an. Eine Normalverteilung wird angenommen.

IPCC(2006)-10.67 gibt eine Übersicht über N-Verluste aus Wirtschaftsdüngerlagern. Die dort angegebenen Daten werden als Maß für die Unsicherheit auch der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren verwendet. Demnach ist für Milchkühe mit einer Unsicherheit von 30 % zu rechnen.

Die NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren leiten sich von den N<sub>2</sub>O-Faktoren ab. Diese Ableitung beinhaltet weitere Unsicherheiten. Für diese Stoffe wird deshalb mit einer Unsicherheit von etwa 50 % gerechnet.

Die Verteilung wird in allen drei Fällen als normal angenommen.

### 5.2.3 Emission factors for spreading / Emissionsfaktoren für die Ausbringung

NH<sub>3</sub> emission factors for Germany were derived from experimental data according to Döhler et al. (2002), and relate to a mean temperature of 15 °C. They are listed in Table 5.4 to Table 5.7 for those cases for which Germany can provide activity data.

The emission factors for leachate (“*Jauche*”) from pig production (broadcasting) are 20 % for arable land and 30 % for grassland.

Leachate is assumed to be broadcast in equal quantities on arable land and grassland without incorporation.

All emission factors used for spreading relate to TAN.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Deutschland sind aus Döhler et al. (2002) entnommen. Sie beziehen sich auf eine mittlere Temperatur von 15 °C.

Aufgeführt sind in Table 5.4 bis Table 5.7 nur die Faktoren, für die auch Aktivitätsdaten vorliegen.

Als Emissionsfaktoren für Jauche aus der Schweine-Haltung (Ausbringung mit Breitverteiler) werden 20 % (Ackerland) und 30 % (Grünland) angesetzt.

Die Jauche wird zu jeweils 50 % auf Ackerland ohne Einarbeitung und auf Grünland breit verteilt.

Die Emissionsfaktoren für die Ausbringung beziehen sich auf TAN.

Table 5.4: Pigs, partial NH<sub>3</sub> emission factors for losses from application of pig *slurry* to *arable land* (related to TAN)

broadcast	without incorporation	reference	0.25	kg kg <sup>-1</sup> N
broadcast	incorporation within 1 h		84	%
broadcast	incorporation within 4 h		64	%
broadcast	incorporation within 6 h		56	%
broadcast	incorporation within 12 h		36	%
broadcast	incorporation within 24 h		16	%
broadcast	incorporation within 48 h		0	%
broadcast	short vegetation		0	%
trailing hose	bare soil without incorporation	reduction	30	%
trailing hose	incorporation within 1 h	compared	92	%
trailing hose	incorporation within 4 h	with reference	76	%
trailing hose	incorporation within 6 h		68	%
trailing hose	incorporation within 12 h		56	%
trailing hose	incorporation within 24 h		44	%
trailing hose	incorporation within 48 h		32	%
trailing hose	short vegetation		0	%
trailing hose	vegetation > 0.3 m		50	%
trailing shoe			60	%

Source: Döhler et al. (2002), Table 3.19

Table 5.5: Pigs, partial NH<sub>3</sub> emission factors for losses from application of *slurry* to *grassland* (related to TAN)

broadcast	short grass	reference	0.30	kg kg <sup>-1</sup> N
trailing hose	short grass		30	%
trailing hose	vegetation > 0.3 m	reduction	50	%
trailing shoe		compared	60	%
open slot		with reference	80	%

Source: Döhler et al. (2002), Table 3.19

Table 5.6: Pigs, partial NH<sub>3</sub> emission factors for losses from application of *leachate* (“*Jauche*”) to *arable land* or *grassland* (related to TAN)

broadcast	without incorporation	reference	0.20	kg kg <sup>-1</sup> N
broadcast	incorporation within 1 h		90	%
broadcast	incorporation within 4 h	reduction	65	%
broadcast	incorporation within 24 h	compared	10	%
broadcast	incorporation within 48 h	with reference	5	%

Source: Döhler et al. (2002), Table 3.20

Table 5.7: Pigs, partial NH<sub>3</sub> emission factors for losses from application of *manure (FYM) to arable land or grassland* (related to TAN)

broadcast	without incorporation	<i>reference</i>	0.90	kg kg <sup>-1</sup> N
broadcast	incorporation within 1 h	<i>reduction</i>	90	%
broadcast	incorporation within 4 h	<i>compared</i>	50	%
broadcast	incorporation within 24 h	<i>with reference</i>	0	%
broadcast	incorporation within 48 h		0	%

Source: Döhler et al. (2002), Table 3.24

Special uncertainties for NH<sub>3</sub> emissions from pig husbandry are not given in EMEP (2007)-B1090-19. Thus the general uncertainty of about 30 % is likely. For the oxidised species, the order of magnitude is likely to be correct.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management are described in Chapters 14.3 to 14.5.

Unsicherheiten für Schweine und NH<sub>3</sub> werden in EMEP (2007)-B1090-19 nicht gesondert betrachtet. Es gilt die „normale“ Unsicherheit von 30 %. Für die oxidierten Spezies dürfte die Größenordnung richtig sein.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 14.3 bis 14.5 beschrieben.

#### 5.2.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The NMVOC emissions are calculated relative to the ammonia emissions, cf. Chapter 3.4.4. All pigs are treated with the same emission factors  $EF_{\text{NMVOC}}$  (Table 5.8). Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

Die NMVOC-Emissionen werden proportional zu den NH<sub>3</sub>-Emissionen berechnet, siehe Kapitel 3.4.4. Für alle Schweine werden die gleichen NMVOC-Emissionsfaktoren verwendet (Table 5.8). Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

Table 5.8: Pigs, emission factors relating NMVOC emissions to NH<sub>3</sub> emissions for pigs

Species	$EF_{\text{NMVOC, pigs}}$ in kg kg <sup>-1</sup>
dimethyl sulfide	$2.8 \cdot 10^{-1}$
dimethyl disulfide	0
dimethyl trisulfide	0
acetone	0
acetic acid	$3.0 \cdot 10^{-1}$
propanoic acid	$1.3 \cdot 10^{-2}$
2-methyl propanoic acid	$8.2 \cdot 10^{-3}$
butanoic acid	$1.2 \cdot 10^{-1}$
2-methyl butanoic acid	$1.4 \cdot 10^{-2}$
3-methyl butanoic acid	$1.3 \cdot 10^{-2}$
pentanoic acid	$3.0 \cdot 10^{-3}$
phenol	$3.7 \cdot 10^{-3}$
4-methyl phenol	$9.0 \cdot 10^{-2}$
3-ethyl phenol	$5.6 \cdot 10^{-3}$
indole	$3.7 \cdot 10^{-4}$
3-methyl indole	$3.7 \cdot 10^{-4}$

Source: Hobbs et al. (2004)

The uncertainty (standard error) of NMVOC emissions depends on both the uncertainty of the NH<sub>3</sub> emissions and the emission factor  $EF_{\text{NMVOC}}$ . The former is in the order of magnitude of 20 % (see Chapter 15.5), for the latter 30 to 50 % were assumed in former inventories (see e. g. Haenel et al., 2010). Based

Die Unsicherheit (Standardfehler) der NMVOC-Emissionen hängt von der Unsicherheit der NH<sub>3</sub>-Emissionen und der Emissionsfaktoren  $EF_{\text{NMVOC}}$  ab. Erstere liegt in der Größenordnung von 20 % (s. Kapitel 14.5), für Letztere wurde in früheren Inventaren (s. z. B. Haenel et al., 2010) 30 bis 50 % angenommen.

on these assumptions, the overall uncertainty of NMVOC emissions could be estimated to be about 50 %, interpreted as the interval (in percent of the mean) between the upper threshold of the 95 % confidence interval and the mean (implying an asymmetric distribution).

However, considering the assessment by the expert review team during the In Country Review of the emission calculation method described above (see Chapter 3.4.4), no estimate of the uncertainty of NMVOC emissions can be made.

### 5.3 Sows and sucking piglets / Sauen und Saugferkel

The category “sows” covers all subcategories of sows for breeding irrespective of their age and weight. The calculation of energy and feed requirements considers the number of suckler pigs.

Within UNECE reporting, sows formed a separate subcategory within NFR 4B8.

According to the key source analysis performed for the year 2007 (NIR 2009), pigs do not represent a key source.

CEIP/EEA (2008) classified ammonia as well as NMVOC and PM<sub>10</sub> emissions from pig manure as a key source. A Tier 2 treatment of emissions of nitrogen species presupposes a Tier 2 treatment of energy and carbon flows.

Thus, all pig subcategories (with the exception of stud boars) are treated as if they were key sources.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 5.9.

Unter diesen Voraussetzungen läge die Unsicherheit der NMVOC-Emissionen in der Größenordnung von 50 %, interpretiert als Intervall (in Prozent des Mittelwertes) zwischen oberer Grenze des 95 %- Konfidenzintervalles und Mittelwert, wobei von einer asymmetrischen Verteilung auszugehen wäre.

Berücksichtigt man allerdings die Einschätzung des Berechnungsverfahrens durch die Gutachter beim In-Country-Review im September 2010 (siehe Kapitel 3.4.4), ist keine Schätzung der Unsicherheit der NMVOC-Emissionen möglich.

Die Kategorie „Sauen“ umfasst alle Unterkategorien von Zuchtsauen unabhängig von ihrem Alter und Gewicht. Bei den Berechnungen zum Energie- und Futterbedarf werden die Saugferkel mit berücksichtigt.

Innerhalb der Berichterstattung nach UNECE bildeten Sauen eine eigene Unterkategorie innerhalb von NFR 4B8.

Nach der für 2007 durchgeführten Hauptquellgruppen-Analyse (NIR 2009) zählen Schweine nicht zu den Hauptquellkategorien.

CEIP/EEA (2008) klassifizierte Ammoniak-, NMVOC- und PM<sub>10</sub>-Emissionen aus Schweine-Wirtschaftsdünger als Hauptquellgruppen. Die Behandlung der Emissionen von N-Spezies nach Stufe 2 setzt die Behandlung von Energie- und Kohlenstoff-Flüssen nach Stufe 2 voraus.

Alle Schweine-Unterkategorien (mit Ausnahme der Zuchteber) werden deshalb so behandelt, als wären sie Hauptquellgruppen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.9 zusammengestellten Verfahren.

Table 5.9: Sows, calculation procedures applied to sows

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

#### 5.3.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

##### 5.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4). The overall number of sows used in the inventory is calculated as follows:

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4). Für das Inventar berechnet sich die Anzahl der Sauen gemäß:

$$n_{so} = n_R + n_S + n_T + n_U \quad (5.1)$$

where

$n_{so}$	number of sows considered
$n_R$ etc.	animal numbers of type R (etc.) in the German census (see Table 5.1)

For the number of the piglets raised per sow see Chapter 5.3.2.

A verification of animal numbers for pigs in the way described for cattle does not exist. However, it is logic to assume that the uncertainty does not differ from that given for cattle, i.e., few percents.

The change in marginal conditions of German reporting leads to a bias, which for pigs is in the order of magnitude of less than 5 % (cf. Dämmgen, 2005).

Zur Anzahl der bei einer Sau zu berücksichtigen Saugferkel siehe Kapitel 5.3.2.

Eine Überprüfungsmöglichkeit der Tierzahlen wie bei den Rindern gibt es für Schweine nicht. Es wird jedoch angenommen, dass der Fehler in der gleichen Größenordnung, d.h. bei wenigen Prozent, liegt.

Der durch Änderung der Randbedingungen der Tierzählung entstandene systematische Fehler liegt bei Schweinen unter 5 % (vgl. Dämmgen, 2005).

### 5.3.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

According to GfE (2006), p. 74, the mean weight of sows is between 140 kg an<sup>-1</sup> und 255 kg an<sup>-1</sup> depending on the number of pregnancy. This can be averaged to yield an overall mean of about 200 kg an<sup>-1</sup>. Due to lack of better knowledge, this overall mean weight is used in this inventory as constant for the years from 1990 onwards.

In the inventory, animal weight gains are not considered for sows.

Das mittlere Gewicht von Sauen beträgt nach GfE (2006), S. 74, in Abhängigkeit von der Nummer der Trächtigkeit zwischen 140 kg an<sup>-1</sup> und 255 kg an<sup>-1</sup>, woraus sich ein Mittelwert von rund 200 kg an<sup>-1</sup> ableiten lässt. Mangels besserer Kenntnis wird im Inventar auch für die zurückliegenden Jahre ab 1990 ein Sauengewicht von 200 kg an<sup>-1</sup> verwendet.

Für das Inventar werden Gewichtszunahmen in diesem Lebensabschnitt nicht berücksichtigt.

### 5.3.2 *Energy requirements / Energiebedarf*

For a number of years, the assessment of the inventory was based on energy requirements as described in GfE (1987) and KTBL (2006b) (cf. Dämmgen et al., 2009a). Energy requirements according to the current state of knowledge are provided in GfE (2006). To a large extent, the literature cited herein dates the period that is covered by the inventory. Hence it is assumed that the details provided in GfE (2006) are representative of the timeseries from 1990 onwards and that the methodology based on GfE (2006) can be applied to all years since 1990.

The transformation of the details provided in GfE (2006) for the purpose of this inventory is described in Haenel et al. (2011a).

Table 5.10 represents a summary of the energy requirements during the various phases:

The data in Table 5.10 indicate that the number of births per year is 2.2. This is in agreement with KTBL (2006, pg. 518), where a range of 2.0 to 2.5 (good practice: 2.3) is given.

As data on weaning age or weight are not available, the values underlying Table 5.10 are assumed for this inventory (weaning age: 25 d, weaning weight: 8.5 kg an<sup>-1</sup>).

Die Inventarerstellung stützte sich lange Zeit (vgl. Dämmgen et al., 2009a) auf Energiebedarfsangaben aus GfE (1987), s. auch KTBL (2006 b), S. 519. Aktuelle Energiebedarfsangaben finden sich in GfE (2006), wobei die zugrunde liegende Literatur weitgehend aus demjenigen Zeitbereich stammt, über den im Inventar zu berichten ist. Es wird daher davon ausgegangen, dass die Angaben in GfE (2006) als repräsentativ für die Zeitreihen ab 1990 angesehen werden können, so dass das Verfahren für alle Jahre gleich angewendet werden kann.

Die Bearbeitung der Vorgaben in GfE (2006) für die Verwendung im vorliegenden Inventar wird in Haenel et al. (2011a) beschrieben.

Table 5.10 zeigt zusammenfassend den jeweiligen Energiebedarf für die verschiedenen Phasen:

Die Anzahl der Reproduktionszyklen pro Jahr ergibt sich aus Table 5.10 zu 2,2 und liegt damit im von KTBL (2006, S. 518) angegebenen Bereich von 2,0 bis 2,5 (gute Praxis: 2,3).

Daten über das Absetzalter oder –gewicht sind nicht verfügbar. Es werden daher die der Table 5.10 zugrunde liegenden Daten angenommen (Absetzalter 25 Tage, Absetzgewicht 8,5 kg an<sup>-1</sup>).

Table 5.10: Sows, requirements of metabolisable energy as used in the inventory  
(Mean sow weight 200 kg an<sup>-1</sup>. For further details see text.)

period	duration in d <sup>1</sup>	number of piglets per sow per birth	energy requirements <sup>2</sup> in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME
gravity phase 1	84		$ME_{grav,1} = 31.39$
phase 2	30		$ME_{grav,1} = 38.64$
lactating	25	8	$ME_{lact} = 67.40$
		10	78.40
		12	89.40
weaning to covering	27		$ME_{wlc} = 38.64$
total	166		

<sup>1</sup> Source: GfE (1987)  
<sup>2</sup> Source: GfE (2006)

The number of piglets raised per sow and litter can be derived from the number of piglets raised per sow and year:

$$n_{\text{piglets, birth}} = n_{\text{piglets, year}} \cdot \frac{\tau_{\text{round}}}{\alpha} \quad (5.2)$$

where

$n_{\text{piglets, birth}}$	number of piglets raised per sow and litter (in piglet)
$n_{\text{piglets, year}}$	number of piglets raised per sow and year birth (in piglet)
$\tau_{\text{round}}$	duration of piglet production cycle (see Table 5.10)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )

The number of piglets raised per sow and year varies with time and region. The data available is compiled in Table 5.11.

Die Anzahl der Saugferkel pro Sau und Wurf lässt sich aus der Anzahl der pro Sau und Jahr aufgezogenen Ferkel ableiten:

Die Zahl der pro Sau und Jahr aufgezogenen Ferkel variiert örtlich und zeitlich. Table 5.11 fasst die verfügbaren Informationen zusammen.

Table 5.11: Sows, number of piglets raised per year,  $n_{\text{piglets, year}}$  (primary statistical information)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW								19.20	19.10	18.20	18.67	18.90	17.89			20.00	20.50	21.10	21.10	21.50
BY	18.00	18.00	17.70	17.60	17.80	18.50	17.60	18.40	19.60	19.60	19.60	19.40	19.60	19.60		20.40	19.90	20.10	21.70	
BB								17.80	18.20	18.90	19.50	19.70		20.30	20.80	21.70	22.20	22.50	22.80	23.30
HE	17.00	17.10	16.60	16.90	17.10	17.10	16.90	17.90	18.00	18.60	18.50		19.10	19.00	19.90	21.10	21.60	21.20	21.20	
MV								19.10	19.60	20.80	21.10		21.30					23.29	23.84	24.55
NI	18.90	18.90	18.90	18.70	18.50	18.70	18.40	18.90	19.30	19.50	19.70		19.60	20.30	20.60	21.30	21.40	21.20		
NW	19.00	17.80	18.40	18.90	19.00	18.90	19.10	19.70	20.10	20.20	20.30	20.40	20.30	20.30	21.80	22.10		22.60	23.70	
RP	17.20	17.30	17.20	17.30	17.40	17.50	17.60	17.90	18.00	18.20	18.50		18.40	19.10	19.00					
SL	17.20	17.30	17.20	17.30	17.40	17.50	17.60	17.90	18.00	18.20	18.50		18.40	19.10	19.00					
SN				17.80	18.40	18.70	18.64	19.18	19.88	20.41	20.45	20.56	20.67	21.04	21.40	21.49	22.38	23.40	23.31	24.83
ST								18.50	18.50	19.90	20.00	19.60	20.66	20.52	21.01	21.46	22.00	22.26	22.99	23.13
SH		18.80	18.60	18.40	18.70	19.00	18.80	19.30	19.70	19.80	20.10		20.30	20.70	21.60	22.60	22.90	23.20	24.30	
TH							18.30	19.00	20.10	20.45	21.23	20.43	21.25	20.78	21.66	22.19	22.72	23.28	23.94	23.76
StSt																				
Germ.	18.5	18.5					19.1	19.1				19.8	19.8							

Sources: HMULV (2005, 2006, 2007, 2008), LfL (2004e, 2006b); LKV-ST (2005, 2006, 2007, 2008, 2009); LSZ (2007, 2008b, 2009b); MLUR-BB (2002); MLUV-BB (2005, 2006, 2007, 2008); NMELF, various years; Segger (2005a); SMUL (2000, 2002, 2007, 2008, 2009); ThMLNU (2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009); ZDS, various years

*Numbers of piglets per sow and year – data gap closure*

Within a time series in Table 5.11, data gaps are closed by linear interpolation.

*Anzahl der Saugferkel pro Sau und Jahr – Schließen der Datenlücken*

Innerhalb einer Zeitreihe in Table 5.11 werden Datenlücken durch lineare Interpolation geschlossen.

Missing data at the end of a time series is generated by adopting the latest value reported.

Data gaps at the beginning of a times series are closed as follows:

- New Bundesländer (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen): The number of piglets raised per sow and year in 1990 is assumed to be 17.0. In addition, a linear increase towards the earliest year of reporting is assumed (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).
- Schleswig Holstein: For 1990 the value given for 1991 is used.
- Baden-Württemberg: Going backwards from the first value reported (1998), the absolute annual differences given by the times series of Bavaria are applied.

For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

Fehlende Werte am Ende einer Zahlenreihe werden durch Fortschreiben des letzten jeweils berichteten Wertes erzeugt.

Fehlende Werte zu Beginn einer Zeitreihe werden wie folgt generiert:

- Neue Bundesländer (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen): Die Ferkelzahl pro Sau und Jahr 1990 wird mit 17,0 angenommen. Ein linearer Anstieg von 1990 bis zum jeweils ersten berichteten Jahr ist nach Expertenschätzung realistisch (Expertenschätzung Schnabel, Rönsch, Bodenstein).
- Schleswig Holstein: Für 1990 wird der Wert von 1991 eingesetzt.
- Baden-Württemberg: Vom ersten berichteten Wert an (1998) werden rückwärts schreitend die Beträge der Jahresdifferenzen aus der Zeitreihe von Bayern subtrahiert.

Bei den Stadtstaaten werden für Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

#### *Annual mean of the number of piglets per sow*

In the inventory, the number of sucking piglets raised per sow and year (Table 5.11, including data gap closure) is used only when calculating the energy and feeding requirements of the sow.

In the following another piglet number is defined: the annual mean of the number of sucking piglets living with a sow (Haenel et al., 2011b). This mean sucking piglets population is to be interpreted as the number of sucking piglets countable at a certain day of year. This number is a share of the piglet number counted in the German census and is used within the inventory only to properly derive the number of weaners and fattening pigs from the officially reported animal numbers (see Chapter 5.4.1.1 and 5.5.1.1). The definition is given by:

$$n_{sp}^* = n_{so} \cdot n_{\text{piglets, year}} \cdot \frac{\tau_{sp}}{\alpha} \quad (5.3)$$

where

$n_{sp}^*$	annually averaged population of sucking piglets (in piglet)
$n_{so}$	number of sows (in an), see Chapter 5.3.1.1
$n_{\text{piglets, year}}$	number of piglets raised per sow and year (in piglet sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Table 5.11
$\tau_{sp}$	time span piglets spend with the sow ( $\tau_{sp} = 25$ d, see Table 5.10)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )

For the data provided in Table 5.11, Figure 5.1 displays the mean sucking piglets population ( $n_{sp}^*$ ) in relation to the officially reported piglets number ( $n_M$ ).

#### *Jahresmittel der Anzahl der Saugferkel pro Sau*

Die Zahl der pro Sau pro Jahr aufgezogenen Saugferkel (Table 5.11, incl. Datenlückenschließung) wird im Inventar nur bei der Energie- und Futterbedarfsberechnung der Sau berücksichtigt.

Im Folgenden wird eine andere Saugferkelzahl eingeführt: die Zahl aller im Jahresmittel bei einer Sau anzutreffenden Saugferkel (Haenel et al., 2011b). Diese mittlere Saugferkel-Population wird als diejenige Zahl an Saugferkeln interpretiert, die an einem festgelegten Stichtag ermittelt werden kann und damit in die Ferkelzählung der amtlichen Statistik eingeht. Die mittlere Saugferkel-Population wird im Inventar nur zur Ableitung der Aufzuchtferkel- und der Mast-schweinezahl aus offiziellen Daten benötigt (s. Kapitel 5.4.1.1 und 5.5.1.1). Die Definition lautet wie folgt:

Figure 5.1 zeigt für die in Table 5.11 angegebenen Fälle die mittlere Saugferkelpopulation ( $n_{sp}^*$ ) aufgetragen über der offiziell erhobenen Ferkelzahl ( $n_M$ ).

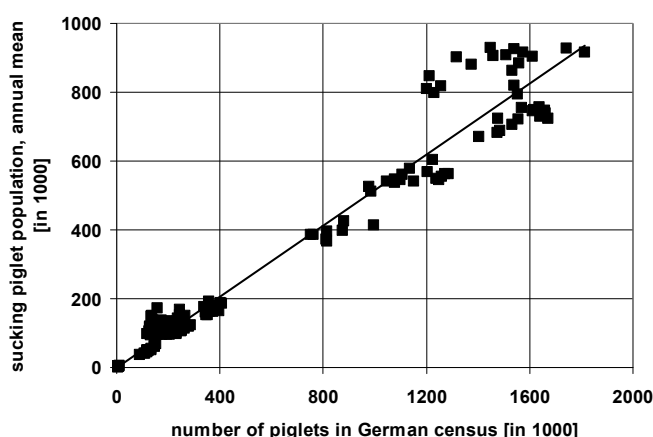


Figure 5.1: Sows, mean population of sucking piglets over piglets number in German census.  
Linear Regression: slope 0.515245,  $R^2 = 0.9564$ .

For the sake of simplicity, the inventory does not directly use  $n_{sp}^*$  to split up the official number of piglets  $n_M$  to derive the numbers of sucking piglets and weaners. Instead, a related entity ( $n_{sp}$ ) is used which is based on the linear regression displayed in Figure 5.1 (Haenel et al., 2011b):

Der Einfachheit halber wird im Inventar die Aufspaltung der offiziellen Ferkelzahl  $n_M$  auf Saugferkel und Aufzuchtferkel nicht direkt mit Hilfe von  $n_{sp}^*$  vorgenommen, sondern mit einer eng verwandten Größe ( $n_{sp}$ ), die auf der in Figure 5.1 dargestellten linearen Regression aufbaut (Haenel et al., 2011b):

$$n_{sp} = c_{sp} \cdot n_M \quad (5.4)$$

where

$n_{sp}$	annual mean of piglets per sow as calculated from $n_M$ (piglet sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$c_{sp}$	constant ( $c_{sp} = 0.515245$ piglet piglet <sup>-1</sup> )
$n_M$	number of piglets in German census, cf. Table 5.1

### 5.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Sows are fed phase-dependent. Typical feed properties are listed in Table 5.12.

The feed composition in the New Länder in the years after the German unification did not differ in principle from that listed in Table 5.12 (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Sauen werden phasenabhängig gefüttert. Table 5.12 zeigt typische Futtereigenschaften.

In den neuen Bundesländern unterschied sich auch unmittelbar nach der Wende das Futter nicht von dem in Table 5.12 angegebenen (Expertenschätzung Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Table 5.12: Sows, diets used in the inventory, and their properties

( $X_{DE}$ : digestibility,  $X_{ME}$ : metabolisability,  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy,  $x_N$ : N content of normal feed,  $x_{N, red}$ : N content of N reduced feed)

Feed type	Phase	Major components	$X_{DE}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}^a$ MJ kg <sup>-1</sup> ME	$x_N^a$ in kg kg <sup>-1</sup>	$x_{N, red}^b$ in kg kg <sup>-1</sup>
sows A	weaning to covering (wtc), lactating (lact)	wheat bran, wheat, barley, triticale, peas, soybean meal	0.8295	0.7962	13.0	0.0283	0.0269
sows B	gravity 1 (grav 1), gravity 2 (grav 2)	wheat bran, wheat, barley, triticale, sunflower meal, soybean meal	0.7854	0.7425	12.0	0.0239	0.0227

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, privat communication; energy and protein/nitrogen contents according to Beyer et al. (2004) and LfL (2004c).

<sup>b</sup>  $x_N$  for N reduced feed: calculated as 95 % from  $x_N$  for normal feed (based on the 95 % relation which can be deduced from the data given in DLG (2005), pg. 41).



The inventory provides the option of protein reduced feeding of sows. The respective data are adopted from the feeding of fattening pigs (see Chapter 5.5.3).

From the data given in Table 5.10 und Table 5.12 the mean daily feed intake can be calculated as follows:

$$m_{\text{feed}} = \frac{\frac{ME_{\text{wtc}} \cdot \tau_{\text{wtc}}}{\eta_{\text{ME, wtc}}} + \frac{ME_{\text{grav, 1}} \cdot \tau_{\text{grav, 1}}}{\eta_{\text{ME, grav, 1}}} + \frac{ME_{\text{grav, 2}} \cdot \tau_{\text{grav, 2}}}{\eta_{\text{ME, grav, 2}}} + \frac{ME_{\text{lact}} \cdot \tau_{\text{lact}}}{\eta_{\text{ME, lact}}}}{\tau_{\text{wtc}} + \tau_{\text{grav, 1}} + \tau_{\text{grav, 2}} + \tau_{\text{lact}}} \quad (5.5)$$

where

$m_{\text{feed}}$	daily feed intake of a sow (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{wtc}}$	daily metabolisable energy requirements between weaning and covering (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{wtc}}$	time between weaning and covering (in d)
$\eta_{\text{ME, wtc}}$	specific metabolisable energy content of feed between weaning and covering (MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$ME_{\text{grav, 1}}$	daily metabolisable energy requirements during gravidity phase 1 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{grav, 1}}$	duration of gravidity phase 1 (in d)
$\eta_{\text{ME, grav, 1}}$	specific metabolisable energy content of feed during gravidity phase 1 (MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$ME_{\text{grav, 2}}$	daily metabolisable energy requirements during gravidity phase 2 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{grav, 2}}$	duration of gravidity phase 2 (in d)
$\eta_{\text{ME, grav, 2}}$	specific metabolisable energy content of feed during gravidity phase 2 (MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$ME_{\text{lact}}$	daily metabolisable energy requirements during lactation (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lact}}$	duration of lactation period (in d)
$\eta_{\text{ME, lact}}$	specific metabolisable energy content of feed during lactation (MJ kg <sup>-1</sup> ME)

The mean digestibility is calculated by analogy.

The amount of nitrogen taken in with feed is obtained by multiplying each term in the numerator of the previous equation with the respective  $x_{\text{N}}$  value given in Table 5.12.

By analogy to the determination of the daily feed intake, the amount of gross energy taken in daily with the feed is given by:

$$GE_{\text{sow}} = \frac{\frac{ME_{\text{wtc}} \cdot \tau_{\text{wtc}}}{X_{\text{ME, wtc}}} + \frac{ME_{\text{grav, 1}} \cdot \tau_{\text{grav, 1}}}{X_{\text{ME, grav, 1}}} + \frac{ME_{\text{grav, 2}} \cdot \tau_{\text{grav, 2}}}{X_{\text{ME, grav, 2}}} + \frac{ME_{\text{lact}} \cdot \tau_{\text{lact}}}{X_{\text{ME, lact}}}}{\tau_{\text{wtc}} + \tau_{\text{grav, 1}} + \tau_{\text{grav, 2}} + \tau_{\text{lact}}} \quad (5.6)$$

where

$GE_{\text{sow}}$	daily gross energy requirements of a sow (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{wtc}}$	daily metabolisable energy requirements between weaning and covering (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{wtc}}$	time between weaning and covering (in d)
$X_{\text{ME, wtc}}$	metabolisability of feed between weaning and covering (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{grav, 1}}$	daily metabolisable energy requirements during gravidity phase 1 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{grav, 1}}$	duration of gravidity phase 1 (in d)
$X_{\text{ME, grav, 1}}$	metabolisability of feed during gravidity phase 1 (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{grav, 2}}$	daily metabolisable energy requirements during gravidity phase 2 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{grav, 2}}$	duration of gravidity phase 2 (in d)
$X_{\text{ME, grav, 2}}$	metabolisability of feed during gravidity phase 2 (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{lact}}$	daily metabolisable energy requirements during lactation (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lact}}$	duration of lactation period (in d)
$X_{\text{ME, lact}}$	metabolisability of feed during lactation (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

Das Inventar berücksichtigt für Sauen die Möglichkeit einer proteinreduzierten Fütterung. Die entsprechenden Daten werden von der Mastschweinefütterung übernommen (s. Kapitel 5.5.3).

Mit den Daten in Table 5.10 und Table 5.12 berechnet sich die durchschnittliche tägliche Futtermenge wie folgt:

Die mittlere Verdaulichkeit  $X_{\text{DE}}$  wird analog berechnet.

Die mit dem Futter aufgenommene Stickstoffmenge erhält man, indem jeder Term im Zähler der vorstehenden Gleichung mit dem entsprechenden  $x_{\text{N}}$ -Wert nach Table 5.12 multipliziert wird.

Analog zur Vorgehensweise zur Futtermengenberechnung ergibt sich die mit dem Futter täglich aufgenommene Gesamtenergie:

### 5.3.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.3.3) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of 0.006 MJ MJ<sup>-1</sup> is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 5.3.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von 0,006 MJ MJ<sup>-1</sup> ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.3.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management (cf. Chapter 3.4.3.3).

The amounts of volatile solids (VS) excreted are calculated according to the information provided in Chapter 3.4.1 taking the number of piglets into account.

For the digestibility  $X_{\text{DE}}$  see Chapter 5.3.3.

As there is no ash content provided by IPCC (2006), the ash content is taken from IPCC (1996)-3-4.23 (0.02 kg kg<sup>-1</sup>).

In German livestock husbandry, slurry storage in lagoons does not occur. Dry lot systems are not used, nor is manure burned for fuel. The share of slurry fermented for bio-gas production is yet unknown.

The frequency distribution of the various storage systems is calculated for each district using RAUMIS (for details see Chapter 15.2).

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  are listed in Table 5.13). (As the inventory assumes pasture/range not to occur, no respective  $MCF$  is given in Table 5.13.)

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, s. Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen ausgeschiedener „volatile solids“ (VS) werden nach den in Kapitel 3.4.1 gemachten grundsätzlichen Angaben unter Berücksichtigung der Anzahl der Ferkel berechnet.

Zur Verdaulichkeit  $X_{\text{DE}}$  siehe Kapitel 5.3.3.

Da IPCC (2006) keinen Aschegehalt angibt, wird der Wert nach IPCC(1996)-3-4.23 verwendet (0,02 kg kg<sup>-1</sup>).

In der Schweinehaltung in Deutschland sind die Lagerungsformen „lagoon“, „dry lot“ und „burned for fuel“ nicht üblich. Der Anteil vergorener Gülle (Biogas-Gülle) ist derzeit noch nicht bekannt.

Die Verteilung der Lagerungsformen wird mit RAUMIS für jeden Landkreis berechnet (zu Einzelheiten siehe Kapitel 15.2).

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  sind in Table 5.13 aufgelistet. (Keine Angabe für „pasture/range“, da das Inventar reine Stallhaltung annimmt.)

Table 5.13: Sows, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

maximum methane producing capacity $B_0$	0.45	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
$MCF$ liquid/slurry without natural crust	temperature dependent, 0.17 to 0.19	kg kg <sup>-1</sup>
$MCF$ solid storage	0.02	kg kg <sup>-1</sup>
$MCF$ deep litter	temperature dependent, 0.17 to 0.19	kg kg <sup>-1</sup>

Source: IPCC(2006)-10.80 f and 10.44 ff

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 15.1.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be about 20 %. German data do

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deut-

not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

sche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

### 5.3.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

NMVOC emissions are calculated according to Chapter 5.2.4.

Die Berechnung erfolgt wie in Kapitel 5.2.4 angegeben.

### 5.3.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lager-typen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 5.3.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

Mass conservation allows the amount of nitrogen excreted to be assessed:

Unter Voraussetzung des Massenerhalts berechnet sich die N-Ausscheidung über:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed, standard}} \cdot (1 - x_{\text{reduced}}) + m_{\text{feed, reduced}} \cdot x_{\text{reduced}} - m_g \quad (5.7)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_{\text{feed, standard}}$	amount of nitrogen taken in with standard feed (in kg $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$x_{\text{reduced}}$	share of population fed with a N/P reduced diet (in $\text{pl} \text{pl}^{-1}$ )
$m_{\text{feed, reduced}}$	amount of nitrogen taken in with N reduced feed (in kg $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_g$	amount of N retained in piglets (in kg $\text{pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )

For the calculation of the amount of N taken in with feed as well as for N reduced feed ( $x_{\text{reduced}}$ ) see Chapter 5.3.3.

Zur Berechnung der N Aufnahme mit dem Futter sowie zur N-reduzierten Fütterung ( $x_{\text{reduced}}$ ) siehe Kapitel 5.3.3.

The amount  $m_g$  of N retained in the piglets raised until weaning is calculated from the piglet weight at weaning and the mean N content in a piglet's body.

Die bis zum Absetzen in den Saugferkeln gebundene N-Menge  $m_g$  wird aus dem Absetzgewicht und dem mittleren N-Gehalt von Saugferkeln berechnet.

$$m_g = n_{\text{sp}} \cdot w_{\text{piglet, w}} \cdot x_{\text{N, piglet}} \quad (5.8)$$

where

$m_g$	amount of N retained in piglets (in kg $\text{sow}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$n_{\text{sp}}$	annual mean of piglets per sow (piglet $\text{sow}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), see Chapter 5.3.2
$w_{\text{piglet, w}}$	weaning weight of a piglet (in kg $\text{piglet}^{-1}$ ), see Chapter 5.3.2
$x_{\text{N, piglet}}$	nitrogen content of a piglet's body ( $x_{\text{N, piglet}} = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ) (LFL, 2004a)

Based on the digestibilities provided in Table 5.12 the calculation of the TAN content of excreta yields 77 % of total N excreted (see Chapter 3.5.2.2.3).

Mit Hilfe der Verdaulichkeiten nach Table 5.12 errechnet sich ein TAN-Gehalt der Ausscheidungen von 77 % der Gesamt-N-Ausscheidung (siehe Kapitel 3.5.2.2.3).

### 5.3.7.2 Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.5.3. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

For sows, KTBL provides amounts of straw between  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  und  $0.7 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  an (e. g. KTBL, 2006a, pg. 469 and pg. 461). Bedding in sow housings with a special piglets' nest („Ferkelnest“) amounts to  $0.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (KTBL, 2006a, pg. 499 and pg. 507). However, as no frequency distributions are available, there is no distinction between various sow housing types. Hence the inventory calculations are based on a straw input of  $0.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  equivalent to  $2.2 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  ( $1.1 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.6. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

KTBL gibt für Sauen Strohmenge zwischen  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  und  $0.7 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  an (z. B. KTBL, 2006a, S. 469 und S. 461). In der Sauenhaltung mit Ferkelnestern wird nach KTBL (2006a), S. 499 und S. 507, von  $0.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  ausgegangen. Da im Inventar verschiedene Haltungsformen mangels Häufigkeitsverteilungen nicht unterschieden werden können, wird generell mit einer Strohmenge von  $0.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  bzw.  $2.2 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (entsprechend  $1.1 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ ) gerechnet.

### 5.3.7.3 Partial emission factors “housing” / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

According to Dämmgen et al. (2010b, Table 1), national partial  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factors are used, which are related to TAN, see Table 5.14.

Es werden nationale  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktoren nach Dämmgen et al. (2010b, Table 1) verwendet, die sich auf TAN beziehen, s. Table 5.14.

Table 5.14: Sows, partial emission factors for  $\text{NH}_3\text{-N}$  from housing (related to TAN)

		$EF_{\text{house}}$ in $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$
slurry based	all systems	0.34
straw based	all systems	0.34

Source: Dämmgen et al. (2010b)

### 5.3.7.4 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

### 5.3.7.5 Partial emission factors “storage” for $\text{NH}_3$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ and $\text{N}_2$ and “spreading” / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ für $\text{NH}_3$ , $\text{N}_2\text{O}$ , $\text{NO}$ und $\text{N}_2$ und „Ausbringung“

These emission factors are the same for all sub-categories. They are listed in Chapter 5.2.2.

Die Emissionsfaktoren sind für alle Unterkategorien gleich, siehe Kapitel 5.2.2.

### 5.3.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The emission factors used are listed in Table 5.15.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 5.15 zusammengestellt.

Table 5.15: Sows, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for $PM_{10}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$	Emission factor for $PM_{2.5}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$
Sows	solid	0.58	0.09
	slurry	0.45	0.07

Source: EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10

### 5.3.9 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 5.16: Sows, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.09	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.09	
		NM VOC	EM1005.41	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.09	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.58	EM1009.60
		NO	EM1009.141	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.09	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.33	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.09	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.09	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.09	
		NM VOC	IEF1005.39	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.08	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.52	IEF1009.54
		NO	IEF1009.106	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.08	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.30	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.01	AI1005PSH.17

## 5.4 Weaners / Aufzuchtferkel

Weaners are young pigs between weaning and the begin of fattening.

According to the key source analysis performed for the year 2007 (NIR 2009), pigs do not represent a key source.

CEIP/EEA (2008) classified ammonia as well as NMVOC and PM<sub>10</sub> emissions from pig manure as a keysource. A Tier 2 treatment of emissions of nitrogen species presupposes a Tier 2 treatment of energy and carbon flows.

Thus, all pig subcategories (with the exception of stud boars) are treated as if they were key sources.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 5.17.

Aufzuchtferkel sind die jungen Schweine nach dem Absetzen von der Sau bis zum Beginn der Mast.

Nach der für 2007 durchgeführten Hauptquellgruppen-Analyse (NIR 2009) zählen Schweine nicht zu den Hauptquellkategorien.

CEIP/EEA (2008) klassifizierte Ammoniak-, NMVOC- und PM<sub>10</sub>-Emissionen aus Schweine-Wirtschaftsdünger als Hauptquellgruppen. Die Behandlung der Emissionen von N-Spezies nach Stufe 2 setzt die Behandlung von Energie- und Kohlenstoff-Flüssen nach Stufe 2 voraus.

Alle Schweine-Unterkategorien (mit Ausnahme der Zuchteber) werden deshalb so behandelt, als wären sie Hauptquellgruppen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.17 zusammengestellten Verfahren.

Table 5.17: Weaners, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time	
				activities	EF	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	federal states	1 a	
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a	
NMVOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a	
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a	
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a	
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a	

### 5.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The piglet numbers  $n_M$  (siehe Table 5.1) provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4) comprise the number of sucking piglets ( $n_{sp}$ , siehe Kapitel 5.3.2) and, officially, the number of weaners up to an animal weight of 20 kg an<sup>-1</sup>, where in practice also heavier animals may be included. As the final weight of weaners is remarkably higher than 20 kg an<sup>-1</sup> (see Table 5.18), the official number of piglets ( $n_M$ ) is generally lower than the animal number relevant for the inventory. Thus, a certain share of the inventory animal category “weaners” must be included in the officially reported number of young pigs ( $n_N$ , see Table 5.1).

The number of weaners is calculated according to Haenel et al. (2011b). In a continuous production process the ratio between the numbers of sucking piglets and weaners equals the ratio of the durations of the respective production phases (duration of lactation, duration of weaner production). This leads to:

Die von den Statistischen Landesämtern (StatLA C III 1 – vj 4) bereitgestellten Ferkelzahlen  $n_M$  (siehe Table 5.1) umfassen die Zahl der Saugferkel ( $n_{sp}$ , siehe Kapitel 5.3.2) und offiziell die Zahl der Aufzuchtferkel bis 20 kg Gewicht, wobei in der Praxis die Einhaltung der Gewichtsgrenze nicht immer gewährleistet ist. Da Aufzuchtferkel deutlich schwerer als 20 kg werden (siehe Table 5.18), ist die amtliche Ferkelzahl  $n_M$  i. d. R. niedriger als die für das Inventar relevante Zahl. Ein Teil der Tiere aus der Inventar-Kategorie „Aufzuchtferkel“ muss daher in der offiziellen Statistik der Jungschweine ( $n_N$ , siehe Table 5.1) enthalten sein.

Die Berechnung der Aufzuchtferkelzahl erfolgt nach Haenel et al. (2011b). Es wird davon Gebrauch gemacht, dass bei einem stetigen Produktionsprozess das Verhältnis von Aufzuchtferkelzahl zu Saugferkelzahl dem Verhältnis von Laktationsdauer zu Aufzuchtdauer entspricht:

$$n_{we} = n_{sp} \cdot \frac{\tau_{we}}{\tau_{sp}} = n_M \cdot c_{sp} \cdot \frac{\tau_{we}}{\tau_{sp}} \quad (5.9)$$

where

$n_{we}$	number of weaners (in pl)
$n_{sp}$	number of sucking piglets, see Chapter 5.3.2
$\tau_{we}$	duration of weaner production cycle (in d ro <sup>-1</sup> , see Chapter 5.4.1.2)
$\tau_{sp}$	time span piglets spend with the sow ( $\tau_{sp} = 25$ d ro <sup>-1</sup> , see Table 5.10)
$n_M$	number of piglets in German census, see Table 5.1
$c_{sp}$	constant, see Chapter 5.3.2

The share of the sum of piglets and weaners, which exceeds the officially reported number of piglets, can then be derived from

Der Anteil  $n_{\text{piglets}+}$  der Summe von Saugferkeln und Aufzuchtferkeln, der die amtliche Ferkelzahl übersteigt, berechnet sich damit wie folgt:

$$n_{\text{piglets}+} = n_{we} + n_{sp} - n_M = n_M \cdot \left[ c_{sp} \cdot \left( 1 + \frac{\tau_{we}}{\tau_{sp}} \right) - 1 \right] \quad (5.10)$$

where

$n_{\text{piglets}+}$	number of piglets exceeding the piglet number in the German census (in pl)
$n_{we}$	number of weaners (in pl)
$n_{sp}$	number of sucking piglets, see Chapter 5.3.2
$n_M$	number of piglets in German census (in pl, see Table 5.1)
$c_{sp}$	constant, see Chapter 5.3.2
$\tau_{we}$	duration of weaner production cycle (in d ro <sup>-1</sup> , see Chapter 5.4.1.2)
$\tau_{sp}$	time span piglets spend with the sow ( $\tau_{sp} = 25$ d, see Table 5.10)

In few cases on district level (especially in city districts),  $n_{\text{piglets}+}$  as calculated from the above given equation may slightly exceed the sum of the animal numbers officially reported for the categories N, O, P and Q (see Table 5.1). This may be interpreted as indication that there is no fattening pig husbandry in the respective districts and that the number of animals counted with a weight of 20 kg and more should be added to the animal number of the weaner category in the respective district. Hence, the above given equations for  $n_{\text{piglets}+}$  and  $n_{we}$  have to be generalised as follows:

Auf Kreisebene kann es in einigen wenigen Fällen (vor allem in Stadtkreisen) vorkommen, dass das so berechnete  $n_{\text{piglets}+}$  die Summe der in die Inventarkategorie „Mastschweine“ eingehenden offiziellen Tierzahlen  $n_N$ ,  $n_O$ ,  $n_P$  und  $n_Q$  (siehe Table 5.1) geringfügig überschreitet. Dies ist ein Indiz dafür, dass in den entsprechenden Kreisen keine Mastschweine-Haltung erfolgt, und alle dort gezählten Tiere mit einem Gewicht von 20 kg und mehr noch der Aufzuchtferkel-Kategorie zuzuordnen sind. Daher sind die obigen Gleichungen für  $n_{\text{piglets}+}$  und  $n_{we}$  wie folgt zu verallgemeinern:

$$n_{\text{piglets}+} = \min \left\{ n_M \cdot \left[ c_{sp} \cdot \left( 1 + \frac{\tau_{we}}{\tau_{sp}} \right) - 1 \right]; (n_N + n_O + n_P + n_Q) \right\} \quad (5.11)$$

where

$n_{\text{piglets}+}$	number of piglets exceeding the piglet number in the German census (in pl)
$n_M$	number of piglets in German census (in pl, see Table 5.1)
$c_{sp}$	constant, see Chapter 5.3.2
$\tau_{we}$	duration of weaner production cycle (in d ro <sup>-1</sup> , see Chapter 5.4.1.2)
$\tau_{sp}$	time span piglets spend with the sow ( $\tau_{sp} = 25$ d, see Table 5.10)
$n_N$ etc.	animal numbers of type N (etc.) in the German census (see Table 5.1)

$$n_{we} = n_M + n_{\text{piglets}+} - n_{sp} \quad (5.12)$$

where

$n_{we}$	number of weaners (in pl)
$n_M$	number of piglets in German census (in pl, see Table 5.1)
$n_{piglets+}$	number of piglets exceeding the piglet number in the German census
$n_{sp}$	number of sucking piglets, see Chapter 5.3.2

The uncertainty in the census based animal numbers is between 4 and 5 %. The additional uncertainty due to the splitting of piglet numbers in order to obtain weaner numbers is assumed to be of the same magnitude.

Die Unsicherheiten der Tierzahlen in der amtlichen Statistik beträgt etwa 4 bis 5 %. Die zusätzliche Unsicherheit durch die Berechnung der Zahl der Aufzuchtferkel dürfte in der gleichen Größenordnung liegen.

#### 5.4.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The initial weaner weight is identical to the weight of a sucking piglet at the end of the lactation period. It is assumed to be 8.5 kg per animal, see Chapter 5.3.2.

The final weaner weight is identical to the initial fattening pig weight. As far as data are available, they are displayed in Table 5.18 (cf. Table 5.25). (The closing of the data gaps in Table 5.18 is described farther below.)

Das Aufzuchtferkel-Anfangsgewicht entspricht dem Saugferkelgewicht zum Zeitpunkt des Absetzens. Es wird laut Kapitel 5.3.2 mit 8,5 kg pro Tier angesetzt. Die zur Ferkelaufzucht verfügbaren Endgewichtdaten sind in Table 5.18 aufgelistet. Sie entsprechen den Anfangsgewichten der Mastschweine (Table 5.25). (Zur Datenlückenschließung siehe weiter unten.)

Table 5.18: Weaners, final weight (in kg an<sup>-1</sup>) (primary statistical data)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
BW	28	28	28	28	29	29	30	29	29.3		29.9		29.5		30	30	30.9	32.3	
BY	27	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29.4	29.6	29.8	28.3			30.4	30	
BB								27	27	27	27	27	27				28	28	
HE	26	27	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29	30				30		
MV								28	27	27	27	27	27				28.8	29	
NI	25.5	26	26	27	28	28.5	28.5	28.5	28.5	29	29	29	28.5	30	30	30	30		
NW	24	24	25	26	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29.1	30	
RP	25	26	26	27	28	28	28	29	28	29	30	31	33	31	32	32.3	33.5		
SL	25	26	26	27	28	28	28	29	28	29	30	31	33	31					
SN				28	27			28	28	28	27	27	27				28.8	29.8	
ST																			
SH	25	25	26	26	27	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	29.5	29.8	30	
TH							28	27	28	28	28	27	27				28.0	28.5	27.5
StSt																			
Germany																			

Sources: LKV (2003); LSZ (2007, 2008a, b); Scholz & Zacharias (2008); SMUL (2008); ThLMNU (2002, 2009); ZDS, various years

The duration of weaner production ( $\tau_{we}$ ) is obtained by dividing the total weight gain by the average daily weight gain rate.

The total weight gain can be calculated from the start weight and the data provided in Table 5.18.

For the City States the respective data as obtained for the neighbouring Federal States are adopted (Brandenburg for Berlin, Niedersachsen for Bremen, and Schleswig-Holstein for Hamburg).

The daily weight gain rate is a function of time and therefore of animal weight. The dependency on animal weight is almost linear as shown exemplarily in Figure 5.2.

Die Aufzuchtdauer  $\tau_{we}$  ergibt sich aus dem Verhältnis von Gesamtzuwachs zu mittlerem täglichen Gewichtszuwachs.

Der Gesamtzuwachs kann mit Hilfe des Startgewichtes und der Daten aus Table 5.18 ermittelt werden. Für die Stadtstaaten wird auf Daten benachbarter Bundesländer zurückgegriffen (Brandenburg für Berlin, Niedersachsen für Bremen und Schleswig-Holstein für Hamburg).

Die Gewichtszunahme ist eine Funktion der Lebenszeit und damit des Tiergewichtes. Die Abhängigkeit vom Tiergewicht ist nahezu linear, wie in Figure 5.2 beispielhaft gezeigt wird.



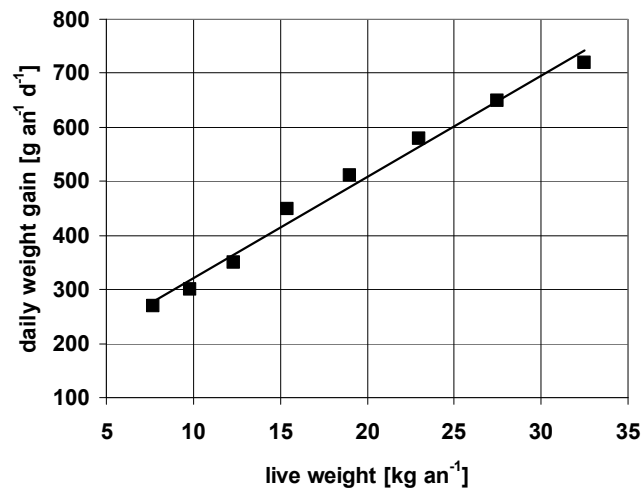


Figure 5.2: Weaners, weight gain as a function of live weight.  
Variable data: LfL (2004c); solid line: linear approximation.

However, no data is available on the spatial and temporal distribution of the daily weight gain. Thus, the daily weight gain has to be estimated. For this purpose, it is assumed that the weight gain rates of weaners and fattening pigs have developed similarly in given areas and years.

Da regional und zeitlich differenzierte Daten des täglichen Gewichtszuwachses nicht verfügbar sind, muss der tägliche Gewichtszuwachs geschätzt werden. Dazu wird angenommen, dass sich die Gewichtszuwächse von Aufzuchtferkeln und Mastschweinen regional und zeitlich ähnlich entwickelt haben:

$$\frac{\Delta w_{we}}{\Delta t} = c_{we} \cdot \frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t} \quad (5.13)$$

where

$\Delta w_{we}/\Delta t$	mean daily weight gain of weaners (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$c_{we}$	constant, see below
$\Delta w_{fp}/\Delta t$	mean daily weight gain of fattening pigs (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), see Chapter 5.5.1.2

The constant of proportionality,  $c_w$ , has been derived as the national mean of the Federal State ratios of total weaner weight gain to the product of fattening pig total weight gain and typical weaner production duration (48 d ro<sup>-1</sup>, KTBL 2004, pg. 466, good practice):  $c_w = 0.6065$ .

As a consequence, the daily weaner weight gain rate varies between  $368 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$  und  $455 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ , depending on Federal State and year (data used: original data without data gap closure). The national mean for 1990 to 2006 is  $410 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ , which is only slightly less than the typical value given by KTBL (KTBL, 2004, pg. 466; KTBL, 2008, pg. 636):  $420 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ .

The calculated weaner production duration  $\tau_{we}$  is between 40 and 59 days (for the original data without data gap closure), which seems to fit reasonably well to the default value of 47 days provided in KTBL (2008), pg. 636. (Note that the range of 41 to 48 days in KTBL, 2008, pg. 636 is contrasted by 45 to 60 days in KTBL, 2004, pg. 466.)

Der Proportionalitätsfaktor  $c_w$  wurde als nationaler Mittelwert aller auf Bundesländerebene berechenbarer Quotienten von Aufzuchtferkel-Gesamtzuwachs zum Produkt aus Mastschweine-Gesamtzuwachs und typischer Ferkel-Aufzuchtdauer (48 d ro<sup>-1</sup>, KTBL 2004, S. 466, gute fachliche Praxis) bestimmt:  $c_w = 0,6065$ .

Damit variiert die tägliche Aufzuchtferkel-Gewichtszunahme je nach Jahr und Bundesland zwischen  $368 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$  und  $455 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$  (Berechnungsgrundlage: Originaldaten ohne Lückenschluss). Der nationale Mittelwert für die Jahre 1990 bis 2006 liegt bei  $410 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$  und damit nur wenig unter dem Richtwert von  $420 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$  (KTBL, 2004, S. 466; KTBL, 2008, S. 636).

Die berechnete Aufzuchtdauer  $\tau_{we}$  liegt (für die Originalinputdaten ohne Datenlückenschluss) zwischen 40 und 59 Tagen und passt damit in vernünftigen Rahmen zu dem in KTBL (2008), S. 636 angegebenen Kalkulationswert von 47 Tagen. (Der Spanne von 41 bis 48 Tagen nach KTBL, 2008, S. 636, stehen 45 bis 60 Tage in KTBL, 2004, S. 466, gegenüber.)

All in all it can be assumed that the above-defined simple approach to parameterise the average daily weight gain of weaners leads to plausible results.

Data gaps in the time series of the final weaner weight are closed as follows:

Within, and at the end of, a time series the latest value reported is used (except for the Bundesland Saarland, where the data from Rheinland-Pfalz are adopted).

For the New Länder and 1990, 35 kg an<sup>-1</sup> is assumed as a standardised final weight (see the respective remarks in Chapter 5.5.1.2).

After 1991, the data sets for Hessen are used to replace missing values in the New Länder, until they published their own data (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Occasional data for Sachsen-Anhalt originate from Iden experimental farm and are not representative of the situation in the whole Federal State. Hence, for the completely missing times series of Sachsen-Anhalt the times series of Thüringen is adopted, as the agreement between carcass weights is best.

For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass der oben eingeführte einfache Ansatz zur Parameterisierung des mittleren täglichen Gewichtszuwachses von Aufzuchtferkeln zu plausiblen Ergebnissen führt.

Die Datenlücken in den Zeitreihen der Endgewichte der Aufzuchtferkel werden wie folgt geschlossen:

Innerhalb und am Ende einer Zeitreihe werden Lücken durch Fortschreibung gefüllt (Ausnahme Saarland: hier werden in üblicher Vorgehensweise die Daten von Rheinland-Pfalz übernommen).

Für die Neuen Länder wird für 1990 einheitlich 35 kg an<sup>-1</sup> als Endgewicht angenommen (siehe dazu die entsprechenden Anmerkungen in Kapitel 5.5.1.2).

Von 1991 an bis zur Verfügbarkeit eigener Werte werden die Daten für Hessen für alle Neuen Bundesländer übernommen (Expertenurteil Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Vereinzelte Daten aus Sachsen-Anhalt stammen aus dem Musterbetrieb Iden und werden als nicht repräsentativ angesehen. Für die insgesamt fehlenden Daten aus Sachsen-Anhalt werden daher die Daten aus Thüringen eingesetzt, da hier die Übereinstimmung der Schlachtkörpergewichte am größten ist.

Bei den Stadtstaaten werden für Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

#### 5.4.2 Energy requirements / Energiebedarf

For weaners, the metabolic energy (ME) requirements comprise the requirements for both maintenance and growth.

According to Figure 5.2 the daily weight gain can be approximated by a mean value. Then the ME amount required for maintenance and growth between animal weights  $w_{we,0}$  and  $w_{we,1}$  is given by the subsequent formula (Haenel et al., 2011a):

$$\Sigma ME_{we}(w_{we,0}, w_{we,1}) = \eta_{ME, m, we} \cdot \frac{w_{unit}^2}{1.75 \cdot (\Delta w / \Delta t)_{we}^*} \cdot \left[ \left( \frac{w_{we,1}}{w_{unit}} \right)^{1.75} - \left( \frac{w_{we,0}}{w_{unit}} \right)^{1.75} \right] + \eta_{ME, g, we}^* \cdot (w_{we,1} - w_{we,0}) \quad (5.14)$$

where

$\Sigma ME(w_0, w_1)$	ME required for the fattening phase between the weights $w_0$ and $w_1$ (in MJ an <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, m, we}$	specific metabolisable energy required for maintenance ( $\eta_{ME, m, we} = 1.25 \cdot 0.44$ MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> , see GfE, 2006, pg. 23)
$w_{unit}$	unit weight ( $w_{unit} = 1$ kg an <sup>-1</sup> )
$w_{we,0}, w_{we,1}$	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_{we,0} < w_{we,1}$ (in kg an <sup>-1</sup> ME)
$(\Delta w / \Delta t)_{we}^*$	mean daily weight gain during the entire fattening period (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

and

$$\eta_{ME, g, we}^* = \frac{\alpha_{p, we}}{k_{p, we}} \cdot P_{we} + \frac{\alpha_{f, we}}{k_{f, we}} \cdot \left( a_{F, we} + b_{F, we} \cdot \frac{w_{we, 0} + w_{we, 1}}{2} \right) \quad (5.15)$$

where

$\eta_{ME, g, we}^*$	effective specific metabolizable energy required for growth, to be used for the entire fattening period (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$\alpha_{p, we}$	energy content of protein ( $\alpha_{p, we} = 23.8$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, see GfE, 2006, pg. 32)
$\alpha_{f, we}$	energy content of fat ( $\alpha_{f, we} = 39.7$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, see GfE, 2006, pg. 33)
$k_{p, we}$	partial efficiency ( $k_{p, we} = 0.7$ MJ MJ <sup>-1</sup> , see GfE, 2006, pg. 33)
$k_{f, we}$	partial efficiency ( $k_{f, we} = 0.7$ MJ MJ <sup>-1</sup> , see GfE, 2000, pg. 33)
$P_{we}$	constant ratio of protein gain to weight gain ( $P_{we} = 0.17$ kg kg <sup>-1</sup> , see GfE, 2000, pg. 29)
$a_{F, we}$	constant ( $a_{F, we} = 0.08$ kg kg <sup>-1</sup> )
$b_{F, we}$	constant ( $b_{F, we} = 0.003$ kg <sup>-1</sup> an)
$w_{we, 0}, w_{we, 1}$	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_{we, 0} < w_{we, 1}$ (in kg an <sup>-1</sup> ME)

### 5.4.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Weaners are fed in two phases. In the inventory, the first phase covers the animal weight range between 8.5 kg an<sup>-1</sup> (weaning weight, see Chapter 5.3.2) and 12 kg an<sup>-1</sup>. The second phase ends at an animal weight of about 28.5 kg an<sup>-1</sup> (see Table 5.18).

Typical properties of the phase feeding are listed in Table 5.19.

The feed composition in the New Länder in the years after the German unification did not differ in principle from that listed in Table 5.19 (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

N reduced feeding of fattening pigs is possible. However, it is of minor relevance (Expert judgement Küster, LWK Niedersachsen) and no reliable data are available. Hence, N reduced feed is not considered in the inventory.

Aufzuchtferkel werden in zwei Phasen gefüttert. Im Inventar reicht die erste Phase von einem Tiergewicht von 8,5 kg an<sup>-1</sup> (Absetzgewicht, s. Kapitel 5.3.2) bis zu 12 kg an<sup>-1</sup>. Die zweite Phase endet bei einem Gewicht von ca. 28,5 kg an<sup>-1</sup> (s. Table 5.18).

Typische Eigenschaften der Phasenfütterung gehen aus Table 5.19 hervor.

In den neuen Bundesländern unterschied sich auch unmittelbar nach der Wende das Futter nicht von dem in Table 5.19 angegebenen (Expertenschätzung Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Eine mögliche N-reduzierte Fütterung von Aufzuchtferkeln wird wegen geringer Bedeutung (Experturteil Küster, LWK Niedersachsen) und entsprechend unsicherer Datenlage im Inventar nicht berücksichtigt.

Table 5.19: Weaners, diets used in the inventory, and their properties

( $X_{DE}$ : digestibility,  $X_{ME}$ : metabolisability,  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy,  $x_N$ : N content of normal feed,  $x_{N, red}$ : N content of N reduced feed)

Feed type	Phase	Major components	$X_{DE}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}^a$ MJ kg <sup>-1</sup> ME	$x_N^a$ in kg kg <sup>-1</sup>	$x_{N, red}$ in kg kg <sup>-1</sup>
weaners A	1	wheat, barley, soybeans and soybean meal, maize	0.8626	0.8524	14.0	0.0290	-
weaners B	2	wheat, barley, soybeans (full fat), maize, soybean oil	0.8498	0.8064	13.8	0.0266	-

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, private communication; energy and protein/nitrogen contents according to Beyer et al. (undated) and LfL (2004c).

The daily intakes of feed, nitrogen, and gross energy ( $GE_{we}$ ) are calculated by analogy to the method described in Chapter 5.3.3. The digestibility  $X_{DE}$  is obtained by analogy.

Die tägliche Aufnahme an Futter, Stickstoff und Gesamtenergie  $GE_{we}$  wird sinngemäß wie in Kapitel 5.3.3 beschrieben berechnet. Entsprechendes gilt auch für die Verdaulichkeit  $X_{DE}$ .

#### 5.4.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.4.3) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of 0.006 MJ MJ<sup>-1</sup> is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 5.4.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von 0,006 MJ MJ<sup>-1</sup> ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{\text{CH}_4, \text{ent}}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 5.4.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management (cf. Chapter 3.4.3.3).

The amounts of volatile solids (VS) excreted are calculated according to Chapter 3.4.1.

For the digestibility  $X_{\text{DE}}$  see Chapter 5.4.3.

As there is no ash content provided by IPCC (2006), the ash content is taken from IPCC (1996)-3-4.23 (0.02 kg kg<sup>-1</sup>).

At present, the frequency distribution of manure management systems for weaners assumed to equal that for fattening pigs. This is calculated by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Methane conversion factors  $MCF$  and methane producing capacity  $B_0$  are listed in Table 5.20. (As the inventory assumes pasture/range not to occur, no respective  $MCF$  is given in Table 5.13.)

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, s. Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen ausgeschiedener „volatile solids“ (VS) werden nach Kapitel 3.4.1 berechnet.

Zur Verdaulichkeit  $X_{\text{DE}}$  siehe Kapitel 5.4.3.

Da IPCC (2006) keinen Aschegehalt angibt, wird der Wert nach IPCC(1996)-3-4.23 verwendet (0,02 kg kg<sup>-1</sup>).

Für Aufzuchtferkel werden die Häufigkeiten der Haltungssysteme vorläufig denen von Mastschweinen gleichgesetzt. Diese werden mit RAUMIS berechnet (siehe Kapitel 15.2).

Die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  und die maximale Methan-Bildungskapazität  $B_0$  sind in Table 5.20 angegeben. (Keine Angabe für „pasture/ range“, da das Inventar reine Stallhaltung annimmt.)

Table 5.20: Weaners, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

maximum methane producing capacity $B_0$	0.45	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
$MCF$ liquid/slurry without natural crust	temperature dependent, 0.17 to 0.19	kg kg <sup>-1</sup>
$MCF$ solid storage	0.02	kg kg <sup>-1</sup>

Source: IPCC(2006)-10.80 f and 10.44 ff

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 15.1.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 5.4.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

NMVOC emissions are calculated according to Chapter 5.2.4.

Die Berechnung erfolgt wie in Kapitel 5.2.4 angegeben.

#### 5.4.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lager-typen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 5.4.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

The amount of N taken in with feed is calculated using typical diet composition and amounts of feed. The amount of N retained is subtracted (N content of weaners' bodies:  $0.0256 \text{ kg kg}^{-1}$ ; LfL, 2004a).

Die mit dem Futter aufgenommene N-Menge wird für typische Futterzusammensetzungen und –mengen leistungsbezogen berechnet. Hiervon wird die im Körper verbleibende N-Menge abgezogen (N-Gehalt des Gesamtkörpers  $0,0256 \text{ kg kg}^{-1}$ ; LfL, 2004a).

$$m_{\text{excr}} = n_{\text{round}} \cdot (m_{\text{feed}} - \Delta w \cdot x_N) \quad (5.16)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )
$n_{\text{round}}$	number of animal rounds (in $\text{cy} = \text{an pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen taken in with feed (in $\text{kg an}^{-1} \text{ N}$ )
$\Delta w$	weight gain (in $\text{kg an}^{-1}$ )
$x_N$	nitrogen content of whole pig ( $x_N = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )

The content of ammoniacal N (TAN) is calculated (see Chapter 3.5.2.2.3). It amounts to about the value given by Döhler et al. (2002), which is 66 % of the N excreted.

Der TAN-Gehalt wird berechnet (siehe Kapitel 3.5.2.2.3). Er liegt im Bereich des von Döhler et al. (2002) angegebenen Wertes von 66 % der ausgeschiedenen N-Menge.

##### 5.4.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 5.21. For the properties of straw see Chapter 3.6.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 5.21 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 5.21: Weaners, N inputs with straw in German weaner houses (straw based systems)

Animal house type		straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
closed insulated stables	deep litter	0.20 <sup>a</sup>	0.17	0.86·10 <sup>-3</sup>	0.43·10 <sup>-3</sup>
	partly slatted floor ("Zweiflächenbucht")	0.15 <sup>b</sup>	0.13	0.65·10 <sup>-3</sup>	0.32·10 <sup>-3</sup>
free ventilated	kennel house	0.15 <sup>c</sup>	0.13	0.65·10 <sup>-3</sup>	0.32·10 <sup>-3</sup>
	deep litter	0.20 <sup>d</sup>	0.17	0.86·10 <sup>-3</sup>	0.43·10 <sup>-3</sup>
	partly slatted floor ("Zweiflächenbucht")	0.15 <sup>e</sup>	0.13	0.65·10 <sup>-3</sup>	0.32·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: assumption that housing system is comparable to "free ventilated, deep litter"  
<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 577; <sup>c</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 581; <sup>d</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 585  
<sup>e</sup> Source: assumption that housing system is comparable to "closed insulated stables, partly slatted floor"

#### 5.4.7.3 Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen

The frequency distribution of housing, storage and application methods is the same as for fattening pigs (see Chapter 5.5.5).

Die Häufigkeit der Haltungsverfahren, der Lagerungsverfahren und der Ausbringungsverfahren entspricht der von Mastschweinen (siehe Kapitel 5.5.5).

#### 5.4.7.4 Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

For the specific housing systems, national NH<sub>3</sub> emission factors are adopted from fattening pig housing systems (see Chapter 5.5.7.4).

Es werden nationale haltungsspezifische NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren aus der Mastschweinehaltung übernommen (siehe Kapitel 5.5.7.4).

#### 5.4.7.5 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und –raten werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

#### 5.4.7.6 Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

The partial emission factors for storage and application (spreading) are the same for all pig sub-categories (see Table 5.2 to Table 5.7).

Die partiellen Emissionsfaktoren für die Lagerung und Ausbringung sind für alle Schweine gleich (vgl. Table 5.2 bis Table 5.7).

#### 5.4.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

EMEP(2009) does not provide PM emission factors for weaners. Hence, the values given in EMEP(2007)-B1100-5 are retained, see Table 5.22.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

EMEP(2009) gibt für Aufzuchtferkel keine PM-Emissionsfaktoren an. Deshalb werden die in EMEP(2007)-B1100-5 vorgeschlagenen Werte weiter verwendet, siehe Table 5.22.

Table 5.22: Weaners, emission factors EF<sub>PM</sub> for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
weaners	solid	n.a.	n.a.
	slurry	0.18	0.029

Source: EMEP(2007)-B1100-5

#### 5.4.9 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 5.23: Weaners, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.10	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.10	
		NM VOC	EM1005.42	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.10	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.61	EM1009.63
		NO	EM1009.142	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.10	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.34	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.11	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.10	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.10	
		NM VOC	IEF1005.40	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.09	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.55	IEF1009.57
		NO	IEF1009.107	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.09	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.31	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.18	AI1005PSH.34

## 5.5 Fattening pigs / Mastschweine

Fattening pigs are all pigs in the final fattening stages, i.e. with weights above about 28 kg an<sup>-1</sup> till slaughtering (ca. 105 bis 120 kg an<sup>-1</sup> live weight).

According to the key source analysis performed for the year 2007 (NIR 2009), pigs do not represent a key source.

CEIP/EEA (2008) classified ammonia as well as NMVOC and PM<sub>10</sub> emissions from pig manure management as a key source. A Tier 2 treatment of emissions of nitrogen species presupposes a Tier 2 treatment of energy and carbon flows.

Thus, all pig subcategories (with the exception of stud boars) are treated as if they were key sources.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 5.24.

Als Mastschweine werden alle Schweine bezeichnet, die von Gewichten ab größenordnungsmäßig 28 kg an<sup>-1</sup> bis zur Schlachtreife (etwa 105 bis 120 kg an<sup>-1</sup>) gehalten werden.

Nach der für 2007 durchgeführten Hauptquellgruppen-Analyse (NIR 2009) zählen Schweine nicht zu den Hauptquellkategorien.

CEIP/EEA (2008) klassifizierte Ammoniak-, NMVOC- und PM<sub>10</sub>-Emissionen aus Schweine-Wirtschaftsdünger als Hauptquellgruppen. Die Behandlung der Emissionen von N-Spezies nach Stufe 2 setzt die Behandlung von Energie- und Kohlenstoff-Flüssen nach Stufe 2 voraus.

Alle Schweine-Unterkategorien (mit Ausnahme der Zuchteber) werden deshalb so behandelt, als wären sie Hauptquellgruppen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.24 zusammengestellten Verfahren.

Table 5.24: Fattening pigs, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	states	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 5.5.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The animal numbers relevant for the inventory can be obtained from the statistical data available (StatLA C III 1 –vj 4) taking into account that the number of piglets of a weight greater than or equal to the officially given value of 20 kg has to be subtracted (Haenel et al, 2011b):

$$n_{fp} = n_N + n_O + n_P + n_Q - n_{\text{piglets}} + \quad (5.17)$$

where

$n_{fp}$	number of fattening pigs considered
$n_N$ etc.	animal numbers of type N (etc.) in the German census (see Table 5.1)
$n_{\text{piglets}} +$	number of piglets exceeding the piglet number in the German census, see Chapter 5.4.1.1

The basic assumption regarding the uncertainty of pig numbers applies also to fattening pigs: the uncertainty is between 4 and 5 %. A normal distribution is assumed.

Die im Inventar zu verwendenden Tierzahlen können aus den statistisch verfügbaren Daten (StatLA C III 1 –vj 4) berechnet werden, wobei allerdings noch die Anzahl der Ferkel mit einem Gewicht größer oder gleich der offiziellen Tiergewichtsgrenze von 20 kg zu subtrahieren ist (Haenel et al, 2011b):

Die grundsätzliche Annahme zur Unsicherheit der Tierzahlen von Schweinen trifft auch für Mastschweine zu: Der Fehler der Tierzählung beträgt zwischen 4 und 5 %. Normalverteilung wird angenommen.



5.5.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

Table 5.25: Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in kg an<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW	28	28	28	28	29	29	30	29	29.3		29.9		29.5		30	30	30.9	32.3	32.3	31.4
BY	27	28	28	28	29	29	29	29	29	29	29.4	29.6	29.8	28.3			30.4	30	30.8	
BB								27	27	27	27	27	27				28	28	28.2	
HE	26	27	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29	30				30	30	31	
MV								28	27	27	27	27	27				28.8	29	29.8	
NI	25.5	26	26	27	28	28.5	28.5	28.5	28.5	29	29	29	28.5	30	30	30	30	30	30.3	
NW	24	24	25	26	27	27	27	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29.1	30	29.2	
RP	25	26	26	27	28	28	28	29	28	29	30	31	33	31	32	32.3	33.5	33.5	32.9	
SL	25	26	26	27	28	28	28	29	28	29	30	31	33	31						
SN				28	27			28	28	28	27	27	27				28.8	29.8	28.5	
ST																		27.5	28.6	
SH	25	25	26	26	27	28	28	28	28	28	28	28	28	29	29	29.5	29.8	30	30.7	
TH							28	27	28	28	28	27	27				28.0	28.5	27.5	
StSt																				
Germ.																				

Sources: ZDS, various years: LKV, (2003); LSZ (2007, 2008a, 2009a); SMUL (2008, 2009) ThLMNU (2002, 2009), Scholz & Zacharias (2008)

Table 5.26: Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in kg an<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW	106	106	106	109	110	110	112	112	113	114	113	114	116	117	118		119	119	119	119.4
BY	105	106	106	108	109	111	111	113	114	115	114.4	114.9	116.0	116.3			118	118	117.6	
BB								115	113	114	113	115	114				115	115	115.6	115.7
HE	107	106	109	112	111	114	114	113	116	116	116	117	119				121		121	
MV								113	113	115	115	116	117				117	117	116.2	116.8
NI	109.5	110	110.5	112.5	116	116.5	117	117	118	117	116	116.5	117.5	118	118.5	118.6	119.7		119	
NW	109	111	112	114	115	117	118	119	119	118	118	119	120	120	119.8	119.8	120	120	120	
RP	106	107	107	107	109	110	111	113	114	115	114	114	117	117	118	118	119.1	119	116.4	
SL	106	107	107	107	109	110	111	113	114	115	114	114	117	117						
SN				116	109		111.3	113.4	114.4	113.9	114.6	114.5	115.0	116.2	115.7	115.7	116.4	116.8	116.6	116.8
ST																			117.5	
SH	106	109	110	112	114	117	117	117	117	117	116	117	117	118	118	118.4	119	119	118.3	
TH							113	112	119	113	113	116	115				117	118	116	117.1
StSt																				
Germ.																				

Sources: ZDS, various years: LKV (2003); LSZ (2007, 2008a, 2009a); LKV-ST (2009); MLUR-BB (2002); Segger (2005b); SLL (2004); SMUL (2002, 2008, 2009); ThMLNU (2002, 2009), Scholz & Zacharias (2008)

Table 5.27: Fattening pigs, weight gain during fattening (in g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW	627	627	623	634	638	632	641	643	660	670	671	681	684		688	679	688	701	701	708
BY	653	656	651	649	653	656	658	664	672	685	684	695	699	697			705	705	709	
BB							620	647	647	652	654	671	675			689	704	709	718	734
HE	651	650	641	647	665	657	661	645	665	675	683	695	695		702	704	715	721	719	
MV								656	656	677	676	683	689				749	749	752	771
NI	647	645	648	656	651	653	671	672	685	693	704	711	702	696	700	717	724		730	
NW	638	637	641	650	658	664	671	687	704	716	722	728	716	720	721	729	728	724	732	
RP	643	648	643	627	645	646	647	656	665	688	707	707	683	693	707	694	721	721	708	
SL	643	648	643	627	645	646	647	656	665	688	707	707	683							
SN				607	621		627	647	668	680	699	697	709	716	711	729	749	766	744	777
ST								676	684	686	681	687	671	687	704	724	721	735	734	782
SH	634	641	647	651	666	675	688	697	708	726	732	738	740	735	731	735	750	750	760	
TH							653	646	657	658	671	675	691				737	752	773	768
StSt																				
Germ.		644	644				674	674				703	703							

Sources: ZDS, various years; HMULV (2005, 2006, 2007, 2008); LKV (2003), LKV-ST (2005, 2007, 2008, 2009); LSZ (2007, 2008a, 2009a); MLUR-BB (2002), MLUV-BB (2007, 2008); Segger (2005b); SLL (2004); SMUL (2002, 2008, 2009); ThMLNU (2002, 2009), Scholz & Zacharias (2008)

German statistics offer carcass weights for each year and each German federal state. Weights of weaners and fattening pigs at the beginning and the end the fattening period can be obtained from pig producers' associations and from the various federal states (Table 5.25 to Table 5.27).

#### *Data gap closure*

The data concerning pig production collated in Table 5.25 to Table 5.27 exhibits a considerable number of gaps, in particular in the New Länder. These data sets cannot be closed using data sets derived from other sources, i.e. from slaughter statistics: it is not appropriate to use a constant conversion factor of  $0.77 \text{ kg kg}^{-1}$ . This is illustrated by Figure 5.3 where the data calculated according to Chapter 2.1.4.5 with  $0.77 \text{ kg kg}^{-1}$  are displayed over those recorded by the producers.

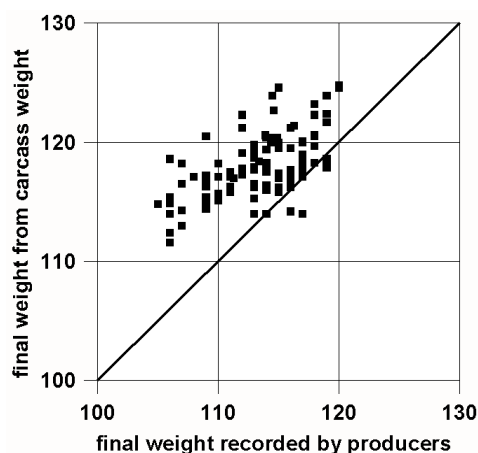


Figure 5.3: Fattening pigs, comparison of final live weights (calculation vs. producer data) (weights in  $\text{kg a}^{-1}$ ; for details see text)

In this inventory, the data provided by the producers' associations are used, as the data sets of weights and weight gains are consistent and unified. There is no need for subsequent conversions. If these data were not available, corresponding data provided by the federal states in their annual agricultural reports were used.

Missing data at the end of a time series were replaced by the latest available data, respectively.

In the federal states of Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen and Thüringen, conditions for pig production changed drastically in 1990. In 1990, slaughter weight of pigs in these new Länder exceeded those in the Old Länder by far; weight gains were considerably smaller. Since 1991, conditions can be compared to those typical for the Old Länder.

Die deutsche Schlachtstatistik gibt lediglich die Gewichte nach Schlachtung für jedes Bundesland und jedes Jahr. Gewichte für den Beginn und das Ende der Mastperiode für Mastschweine können von den Schweineproduzenten und den verschiedenen Bundesländern erhalten werden (Table 5.25 bis Table 5.27).

#### *Schließen von Datenlücken*

Die in Table 5.25 bis Table 5.27 zusammengestellten Daten zur Schweineproduktion enthalten erhebliche Lücken insbesondere bei den Neuen Bundesländern. Diese Datensätze lassen sich nicht mit Gewichten aus der Schlachtstatistik kombinieren, da hier offenbar andere Tiere betrachtet wurden oder der konstante Umrechnungsfaktor ( $0,77 \text{ kg kg}^{-1}$ ) unangemessen ist. Figure 5.3 illustriert dies durch Vergleich der nach Kapitel 2.1.4.5 mit  $0,77 \text{ kg kg}^{-1}$  berechneten Werte mit den Angaben der Produzenten.

In diesem Inventar wurden die Angaben der Züchterverbände verwendet, denn sie stellen aufeinander bezogen die Gewichte und die Gewichtszunahmen in einem einheitlichen Datensatz dar, der ohne Umrechnungen auskommt. Wenn diese Daten fehlten, wurden Daten aus Agrarberichten der Bundesländer genutzt.

Fehlende Daten am Ende der Datenreihe werden vorläufig durch Fortschreiben der jeweils letzten verfügbaren Werte ersetzt.

Die Schweinemast in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen änderte sich nach 1990 erheblich. Im Jahre 1990 waren die Tiergewichte in diesen Ländern deutlich höher als in den Alten Bundesländern, die Gewichtszunahmen deutlich geringer. Seit 1991 gelten jedoch Werte, wie sie für die Alten Bundesländer typisch sind.

For the New Länder and 1990, 35 kg an<sup>-1</sup> was assumed as a standardised weight at the beginning of fattening, 115 kg an<sup>-1</sup> for the end. Typical weight gains were about 550 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

After 1991, the data sets for Hessen are used to replace missing values in the New Länder, until they published their own data (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).

Missing data for Sachsen-Anhalt are replaced by those of Thüringen, as the agreement between carcass weights is best. The occasional data for Sachsen-Anhalt originate from Iden experimental farm and are not representative of the situation in the whole federal state.

Für die Neuen Länder und 1990 wurden einheitlich 35 kg an<sup>-1</sup> für den Anfang der Mast und 115 kg an<sup>-1</sup> für das Ende der Mast angenommen. Die Gewichtszunahme lag bei 550 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Von 1991 an bis zur Verfügbarkeit eigener Werte werden die Daten für Hessen für alle Neuen Bundesländer übernommen. (Expertenurteil Schnabel, Rönsch, Bodenstein)

Fehlende Daten für Sachsen-Anhalt werden durch Daten aus Thüringen ersetzt, da hier die Übereinstimmung der Schlachtkörpergewichte am größten ist. Vereinzelt Daten aus Sachsen-Anhalt stammen aus dem Musterbetrieb Iden und werden als nicht repräsentativ angesehen.

### 5.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

The energy requirements of fattening pigs are calculated according to the recommendations in GfE (2006), cf. Haenel et al. (2011a). These recommendations refer to animal weights from 30 kg an<sup>-1</sup> to 100 kg an<sup>-1</sup>, but are used in the inventory for all fattening pigs ( $\leq 30$  kg an<sup>-1</sup> bis  $\geq 100$  kg an<sup>-1</sup>).

Metabolic energy (ME) requirements comprise the requirements for both maintenance and growth:

Der Energiebedarf von Mastschweinen wird nach den Empfehlungen in GfE (2006) berechnet, vgl. Haenel et al. (2011a). Die Angaben in GfE (2006) gelten für Tiergewichte von 30 kg an<sup>-1</sup> bis 100 kg an<sup>-1</sup> werden im Inventar aber für alle Mastschweine verwendet ( $\leq 30$  kg an<sup>-1</sup> bis  $\geq 100$  kg an<sup>-1</sup>).

Der Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) umfasst den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs:

$$\Sigma ME = \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{m,j} + \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{g,j} \quad (5.18)$$

where

$\Sigma ME$	total metabolizable energy for the fattening-period (in MJ an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ME)
$\tau_{day}$	unit time period ( $\tau_{day} = 1$ d ro <sup>-1</sup> )
$ME_j$	total metabolizable energy requirements for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
j	index of day
$k_{fin}$	number of final day of fattening period
$\Sigma \tau_{day} \cdot ME_{m,j}$	fattening-period total of $ME_{m,j}$ (in MJ an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ME)
$ME_{m,j}$	metabolizable energy required for maintenance for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\Sigma \tau_{day} \cdot ME_{g,j}$	fattening-period total of $ME_{g,j}$ (in MJ an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> ME)
$ME_{g,j}$	metabolizable energy required for growth for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)

The maintenance energy is given by:

Für die Erhaltungsenergie gilt:

$$ME_{m,j} = \eta_{ME,m} \cdot w_{unit} \cdot \left( \frac{w_j}{w_{unit}} \right)^{0.75} \quad (5.19)$$

where

$ME_{m,j}$	metabolisable energy required for maintenance for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME,m}$	specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> , see below)
$w_j$	live weight on day j (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{unit}$	unit weight ( $w_{unit} = 1$ kg an <sup>-1</sup> )

According to GfE (2006), pg. 23, the specific energy for maintenance is given by:

Die spezifische Erhaltungsenergie ist nach GfE (2006), S. 23, gegeben durch:

$$\eta_{ME, m} = \eta_{ME, m, n} \cdot \left( a_m - b_m \cdot \frac{w_j - w_n}{w_x - w_n} \right) \quad (5.20)$$

where

$\eta_{ME, m}$	specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, m, n}$	reference value of specific metabolisable energy for maintenance ( $\eta_{ME, m, n} = 0.44$ MJ kg <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> , GfE, 2006, pg. 23))
$a_m$	constant ( $a_m = 1.25$ MJ MJ <sup>-1</sup> )
$b_m$	constant ( $b_m = 0.25$ MJ MJ <sup>-1</sup> )
$w_j$	live weight on day j (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_n$	lower threshold of animal weight (in kg an <sup>-1</sup> , see below)
$w_x$	upper threshold of animal weight (in kg an <sup>-1</sup> , see below)

GfE (2006) uses  $w_n = 30$  kg an<sup>-1</sup> and  $w_x = 100$  kg an<sup>-1</sup>. For animal weights lower than  $w_n$  the term in brackets is set equal to  $a_m$ , while for weights greater than  $w_x$  it equals  $a_m - b_m$ .

The energy required for growth is calculated according to:

GfE (2006) setzt  $w_n = 30$  kg an<sup>-1</sup> und  $w_x = 100$  kg an<sup>-1</sup>, wobei für Tiergewichte kleiner als  $w_n$  der Wert der Klammer gleich  $a_m$  und für Tiergewichte größer als  $w_x$  gleich  $a_m - b_m$  gesetzt wird.

Die für Zuwachs benötigte Energie wird wie folgt berechnet:

$$ME_{g, j} = \eta_{ME, g, j} \cdot \left( \frac{\Delta w}{\Delta t} \right)_j \quad (5.21)$$

where

$ME_{g, j}$	metabolizable energy required for daily growth on day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
j	index of day
$\eta_{ME, g, j}$	specific metabolizable energy required for growth on day j (in MJ kg <sup>-1</sup> ME, see below)
$(\Delta w / \Delta t)_j$	daily weight gain per animal and day j (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

The specific energy requirements for growth,  $\eta_{ME, g, i}$ , is a function of protein and fat gain, which means it is a function of life time:

Der spezifische Energiebedarf für Zuwachs,  $\eta_{ME, g, i}$ , ist von Protein- und Fettzunahme und damit von der Lebenszeit abhängig:

$$\eta_{ME, g, j} = \frac{\alpha_p}{k_p} \cdot P_j + \frac{\alpha_f}{k_f} \cdot F_j \quad (5.22)$$

where

$\eta_{ME, g, j}$	day-dependent specific metabolizable energy required for growth (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
j	index of day
$\alpha_p$	energy content of protein ( $\alpha_p = 23.8$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, see GfE, 2006, pg. 32)
$\alpha_f$	energy content of fat ( $\alpha_f = 39.7$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, see GfE, 2006, pg. 33)
$k_p$	partial efficiency ( $k_p = 0.56$ MJ MJ <sup>-1</sup> , see GfE, 2006, pg. 33)
$k_f$	partial efficiency ( $k_f = 0.74$ MJ MJ <sup>-1</sup> , see GfE, 2006, pg. 33)
$P_j$	day-dependent ratio of protein gain to weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> , see below)
$F_j$	day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> , see below)

The relative protein gain  $P$  can be obtained by differentiation of Equation 8 in GfE (2006), pg. 30, with respect to animal weight.

Die relative Proteinzunahme  $P$  erhält man durch Differenzieren von Gleichung 8 in GfE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht:

$$P_j = a_p - b_p \cdot w_j \quad (5.23)$$

where

$P_j$	day-dependent ratio of protein gain to weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> , see below)
j	index of day
$a_p$	constant ( $a_p = 0.168$ kg kg <sup>-1</sup> )
$b_p$	constant ( $b_p = 2 \cdot 0.0000914$ kg <sup>-1</sup> an)
$w_j$	live weight on day j (in kg an <sup>-1</sup> )

Differentiation of Equation 9 in GfE (2006), pg. 30 with respect to animal weight and the introduction of a reduction factor  $0.94 \text{ kg kg}^{-1}$  (GfE, 2006, pp. 28 and 31) yields the relative fat gain  $F$ :

$$F_j = a_F \cdot (b_F + c_F \cdot w_j) \quad (5.24)$$

where

$F_j$	day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$j$	index of day
$a_F$	constant ( $a_F = 0.94 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$b_F$	constant ( $b_F = 0.1162 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$c_F$	constant ( $c_F = 2 \cdot 0.001389 \text{ kg}^{-1} \text{ an}$ )
$w_j$	live weight on day $j$ (in $\text{kg an}^{-1}$ )

By analogy to the procedure used for weaners (see Chapter 5.4.2) the summation formula given above is transformed into an equation, which allows to calculation of the cumulative metabolisable energy from two limiting animal weights, either the start weight and the live end weight, or the weights limiting a specific feeding phase.

For this purpose the summation formula is transformed into an integral equation as described by Haenel et al. (2011a). In order to account for the fact that the specific metabolisable energy  $\eta_{\text{ME}, m}$  is defined separately for the animal weight intervals „lower than  $30 \text{ kg an}^{-1}$ “, „30 to  $100 \text{ kg an}^{-1}$ “ und „greater than  $100 \text{ kg an}^{-1}$ “, the integration has to be performed separately for these three intervals.

Like for the weaners (Chapter 5.4.2), the integration is performed under the assumption of a constant (i. e. mean) weight gain rate, cf. also Dämmgen et al. (2009a), pg. 178.

Integration then leads to a formula for the ME amount required for the growth between animal weights  $w_0$  and  $w_1$ , see Haenel et al (2011a). Application of this equation requires  $w_0 < w_B$  und  $w_1 > w_A$ :

Die Differenzierung von Gleichung 9 in GfE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht sowie die Berücksichtigung eines Reduktionsfaktors von  $0,94 \text{ kg kg}^{-1}$  (GfE, 2006, S. 28 und 31) ergibt die relative Fettzunahme  $F$ :

Wie bei den Aufzuchtferkeln (siehe Kapitel 5.4.2) wird die obige Summenformel in eine Gleichung umgewandelt, mit deren Hilfe der kumulative Energiebedarf zwischen zwei Tiergewichten berechnet werden kann, die entweder Anfangs- und Endgewicht der Mastphase darstellen oder aber auch nur eine Fütterungsphase begrenzen können.

Zu diesem Zweck erfolgt wie Haenel et al. (2011a) beschrieben eine Transformation der Summengleichung in eine Integralgleichung. Zur Berücksichtigung der stückweise linear definierten spezifischen metabolisierbaren Energie  $\eta_{\text{ME}, m}$  (siehe oben) ist die Integration allerdings getrennt für die Tiergewichtsbereiche „kleiner als  $30 \text{ kg an}^{-1}$ “, „30 bis  $100 \text{ kg an}^{-1}$ “ und „größer als  $100 \text{ kg an}^{-1}$ “ durchzuführen.

Wie bei den Aufzuchtferkeln (Kapitel 5.4.2) erfolgt die Integration unter der Annahme einer konstanten (d. h. mittleren) täglichen Wachstumsrate, vgl. auch Dämmgen et al. (2009a), S. 178.

Damit ergibt sich (s. Haenel et al, 2011a) eine Formel für den Bedarf an ME, der benötigt wird, um von einem Gewicht  $w_0$  zu einem Gewicht  $w_1$  zu gelangen (Voraussetzung:  $w_0 < w_B$  und  $w_1 > w_A$ ):

$$\Sigma ME_{\text{fp}}(w_0, w_1) = \eta_{\text{ME}, m, n} \cdot \left[ \frac{\varphi_1(w_0, w_1, w_A) + \varphi_2(w_0, w_1, w_A, w_B) + \varphi_3(w_0, w_1, w_B)}{(\Delta w / \Delta t)^*} \right] + \eta_{\text{ME}, g}^* \cdot (w_1 - w_0) \quad (5.25)$$

where

$\Sigma ME_{\text{fp}}(w_0, w_1)$	ME required for the fattening phase between the weights $w_0$ and $w_1$ (in $\text{MJ an}^{-1} \text{ ME}$ )
$\eta_{\text{ME}, m, n}$	reference value of specific metabolisable energy for maintenance ( $\eta_{\text{ME}, m, n} = 0.44 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)
$w_0, w_1$	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_0 < w_1$ (in $\text{kg an}^{-1} \text{ ME}$ )
$w_A$	reference weight according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_A = 30 \text{ kg an}^{-1}$ )
$w_B$	reference weight according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_B = 100 \text{ kg an}^{-1}$ )
$(\Delta w / \Delta t)^*$	mean weight gain during the entire fattening period (in $\text{kg an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )

and

$$\varphi_1 = \frac{a_m \cdot w_{\text{unit}}^2}{1.75} \cdot \left[ \left( \frac{\min(w_1, w_A)}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\min(w_0, w_A)}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} \right] \quad (5.26)$$

$$\varphi_2 = \left\{ \frac{w_{\text{unit}}^2}{1.75} \cdot \left( a_m + \frac{b_m \cdot w_A}{w_B - w_A} \right) \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_A, \min(w_1, w_B))}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} \right] - \frac{b_m \cdot w_{\text{unit}}^3}{2.75 \cdot (w_B - w_A)} \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_A, \min(w_1, w_B))}{w_{\text{unit}}} \right)^{2.75} - \left( \frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{\text{unit}}} \right)^{2.75} \right] \right\} \quad (5.27)$$

$$\varphi_3 = \frac{w_{\text{unit}}^2}{1.75} \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_1, w_B)}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\max(w_0, w_B)}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} \right] \quad (5.28)$$

$$\eta_{\text{ME, g}}^* = \frac{\alpha_p}{k_p} \cdot \left( a_p - b_p \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) + \frac{\alpha_f}{k_f} \cdot a_F \cdot \left( b_F + c_F \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) \quad (5.29)$$

where

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$	functions of $w_0, w_1, w_A$ , and $w_B$ (in $\text{kg}^2 \text{an}^{-2}$ )
$w_0, w_1$	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_0 < w_1$ (in $\text{kg an}^{-1} \text{ME}$ )
$w_A$	reference animal according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_A = 30 \text{ kg an}^{-1}$ )
$w_B$	reference animal according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_B = 100 \text{ kg an}^{-1}$ )
$w_{\text{unit}}$	unit weight ( $w_{\text{unit}} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )
$a_m$	constant ( $a_m = 1.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)
$b_m$	constant ( $b_m = 0.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23)
$\eta_{\text{ME, g}}^*$	effective specific metabolizable energy required for growth, see below (in $\text{MJ kg}^{-1} \text{ME}$ )
$\alpha_p$	coefficient ( $\alpha_p = 23.8 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ME}$ , see GfE, 2006, pg. 32)
$k_p$	coefficient ( $k_p = 0.56 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$a_p$	constant ( $a_p = 0.168 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above)
$b_p$	constant ( $b_p = 2 \cdot 0.0000914 \text{ kg}^{-1} \text{an}$ , see above)
$\alpha_f$	coefficient ( $\alpha_f = 39.7 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ME}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$k_f$	coefficient ( $k_f = 0.74 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2000, pg. 33)
$a_F$	constant ( $a_F = 0.94 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above)
$b_F$	constant ( $b_F = 0.1162 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above)
$c_F$	constant ( $c_F = 2 \cdot 0.001389 \text{ kg}^{-1} \text{an}$ , see above)

### 5.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Fattening pigs may receive a feed reduced in protein (N reduced). The fraction of pigs fed with N-reduced feed is considered for some regions:

The use of N reduced feed is based on contracts between the feed producers and the pig producers which limits them to upper limits of XP contents in the feed. Such contracts have been agreed upon since 1990 in the following districts: Delmenhorst, Oldenburg, Osnabrück, Ammerland, Aurich, Cloppenburg,

Mastschweine können proteinreduziert gefüttert werden (N-reduziert). Der Anteil dieser Schweine, wird regional berücksichtigt:

Die Verwendung von N-reduziertem Futter beruht auf Verträgen zwischen Schweine-Produzenten und Futterherstellern und legt Obergrenzen von Rohprotein-Gehalten im Futter fest. Die Verträge wurden seit 1990 in den Kreisen Delmenhorst, Oldenburg, Osnabrück, Ammerland, Aurich, Cloppenburg, Emsland,

Emsland, Friesland, Grafschaft Bentheim, Oldenburg, Osnabrück and Vechta.

Until 2004, the number of farms involved has been increasing steadily. Based on an expert judgement provided by the Chamber of Agriculture Lower Saxony (Dr. Bohnenkemper, Oldenburg), the inventory makes use of N reduced feeding frequencies as shown in Table 5.28. From 2004 on a constant frequency of 70 % is assumed.

Friesland, Grafschaft Bentheim, Oldenburg, Osnabrück und Vechta wirksam.

Dabei nahm die Zahl der beteiligten Betriebe zum Jahre 2004 stetig zu. Basierend auf der Expertenschätzung der Landwirtschaftskammer Niedersachsen (Dr. Bohnenkemper, Oldenburg) werden die Table 5.28 angegebenen Häufigkeiten des Einsatzes von N-reduziertem Futter angesetzt, wobei ab 2004 konstant 70 % angeneommen werden.

Table 5.28: Fattening pigs, percentage of animals fed N reduced in the districts in Lower Saxony

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0.0	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	25.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0

Source: private communication Bohnenkemper (LWK Niedersachsen)

Typical diet composition data are listed in Table 5.29.

The daily intake of feed and gross energy ( $GE_{fp}$ ) is calculated by analogy to the method described in Chapter 5.3.3. The digestibility  $X_{DE}$  is obtained by analogy.

Typische Futterzusammensetzungen sind in Table 5.29 wiedergegeben.

Die tägliche Futtermenge sowie die damit aufgenommene tägliche Gesamtenergie  $GE_{fp}$  wird sinngemäß wie in Kapitel 5.3.3 beschrieben berechnet. Entsprechendes gilt auch für die Verdaulichkeit  $X_{DE}$ .

Table 5.29: Fattening pigs, diets used, related energies, and nitrogen contents.

( $X_{DE}$ : digestibility,  $X_{ME}$ : metabolisability,  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy,  $x_N$ : N content feed)

Feed type	Weight range in kg an <sup>-1</sup>	Major components	$X_{DE}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}^a$ in MJ MJ <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}^a$ MJ kg <sup>-1</sup> ME	$x_N$ in kg kg <sup>-1</sup>
fatteners A	30 to 60	wheat, rye, wheat gluten meal,	0.8307	0.8170	13.4	0.0280 <sup>a</sup>
fatteners B	60 to 120	soybean meal, triticale, rapeseed meal	0.8119	0.7907	13.0	0.0275 <sup>a</sup>
fatteners A, N reduced	30 to 60	wheat, rye, triticale, wheat gluten meal, peas, soybean meal,	0.8307	0.8170	13.4	0.0272 <sup>b</sup>
fatteners B, N reduced	60 to 120	rapeseed meal	0.8119	0.7907	13.0	0.0227 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, privat communication; energy and protein/nitrogen contents according to Beyer et al. (2004) and LfL (2004c).

<sup>b</sup>  $x_N$  for N reduced feed: calculated as 97.2 % from  $x_N$  for normal feed (based on the 97.2 % relation which can be deduced from the data given in DLG (2005), pg. 41).

<sup>c</sup>  $x_N$  for N reduced feed: calculated as 82.4 % from  $x_N$  for normal feed (based on the 82.4 % relation which can be deduced from the data given in DLG (2005), pg. 41).

#### 5.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This methods needs the gross energy intake (see Chapter 5.5.3) and the methane conversion factor  $x_{CH_4, GE}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of 0.006 MJ MJ<sup>-1</sup> is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Vefahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 5.5.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von 0,006 MJ MJ<sup>-1</sup> ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von

uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

A Tier-2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management of dairy cows (cf. Chapter 3.4.3.3).

The amounts of volatile solids (VS) excreted are calculated according to Chapter 3.4.1.

For the digestibility  $X_{DE}$  see Chapter 5.5.3.

As there is no ash content provided by IPCC (2006), the ash content is taken from IPCC (1996)-3-4.23 (0.02 kg kg<sup>-1</sup>).

The frequency distribution of manure management systems is calculated by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Methane conversion factors  $MCF$  and maximum methane producing capacity  $B_o$  are listed in Table 5.30. (As the inventory assumes pasture/range not to occur, no respective  $MCF$  is given in Table 5.13.)

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, s. Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen ausgeschiedener „volatile solids“ (VS) werden nach Kapitel 3.4.1 berechnet.

Zur Verdaulichkeit  $X_{DE}$  siehe Kapitel 5.5.3.

Da IPCC (2006) keinen Aschegehalt angibt, wird der Wert nach IPCC(1996)-3-4.23 verwendet (0,02 kg kg<sup>-1</sup>).

Für Mastschweine werden die Haltungsverfahren mit RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) berechnet.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität ( $B_o$ ) und die Methan-Umwandlungsfaktoren ( $MCF$ ) gehen aus Table 5.30 hervor. (Keine Angabe für „pasture/range“, da das Inventar reine Stallhaltung annimmt.

Table 5.30: Fattening pigs, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

maximum methane producing capacity $B_o$	0.45	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
$MCF$ liquid/slurry without natural crust	temperature dependent, 0.17 to 0.19	kg kg <sup>-1</sup>
$MCF$ solid storage	0.02	kg kg <sup>-1</sup>

Source: IPCC(2006)-10.80 f and 10.44 ff

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 15.1.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.5.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

NMVOC emissions are calculated according to Chapter 5.2.4.

Die Berechnung erfolgt wie in Kapitel 5.2.4 angegeben.

### 5.5.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lager-typen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.



### 5.5.7.1 *N excretion / N-Ausscheidung*

The amount of N taken in with feeds is calculated for typical diet composition and rations in accordance with performance data. The amount of N retained is subtracted; the N content of the pigs' body is 0.0256 kg kg<sup>-1</sup> (LfL, 2004a).

Normal diet and N reduced diet are differentiated.

Die mit dem Futter aufgenommene N-Menge wird für typische Futterzusammensetzungen und -mengen leistungsbezogen berechnet. Hiervon wird die im Körper verbleibende N-Menge abgezogen (N-Gehalt des Gesamtkörpers 0,0256 kg kg<sup>-1</sup>; LfL, 2004a).

Es wird zwischen normaler und N-reduzierter Fütterung unterschieden.

$$m_{\text{excr}} = \left\{ \left[ (m_{\text{feed } 11} \cdot x_{\text{feed } 11} + m_{\text{feed } 21} \cdot x_{\text{feed } 21}) \cdot (1 - x_{\text{red}}) + (m_{\text{feed } 12} \cdot x_{\text{feed } 12} + m_{\text{feed } 22} \cdot x_{\text{feed } 22}) \cdot x_{\text{red}} \right] - \Delta w \cdot x_N \right\} \cdot n_{\text{round}} \quad (5.30)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed } 11}$	amount of feed 11 taken in (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{feed } 11}$	nitrogen content of feed 11 (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{red}}$	share of pigs fed with N reduced diet (in pl pl <sup>-1</sup> )
$\Delta w$	total weight gain during fattening (in kg an <sup>-1</sup> )
$x_N$	nitrogen content of whole pig ( $x_N = 0.0256$ kg kg <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{round}}$	number of animal rounds (in cy = an pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
feed 11	feed in phase 1, normal diet
feed 21	feed in phase 2, normal diet
feed 12	feed in phase 1, N reduced diet
feed 22	feed in phase 2, N reduced diet

Typical N excretions are between 16.0 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N and 16.5 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N for normal feed and between 13 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N and 13.5 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N for protein reduced feed.

The TAN content varies with the feed composition. More than 70 % of the N excreted is ammoniacal N (TAN), which is somewhat higher than the value of 66 % given by Döhler et al. (2002).

Typische N-Ausscheidungen bewegen sich zwischen 16 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N und 16,5 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N für normale Fütterung und zwischen 13 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N und 13 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N bei N-reduzierter Fütterung.

Die TAN-Gehalte der Ausscheidungen sind in Abhängigkeit von der Futter-Zusammensetzung variabel. Sie liegen über 70 % und damit höher als der von Döhler et al. (2002) angegebene Wert von 66 %.

### 5.5.7.2 *Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh*

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. The N amounts are given in Table 5.31. For the properties of straw see Chapter 3.6.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 5.31 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Table 5.31: Fattening pigs, N inputs with straw in German fattening pig houses (straw based systems)

		straw input kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
closed insulated stables	deep litter	1.0 <sup>a</sup>	0.86	4.30·10 <sup>-3</sup>	2.15·10 <sup>-3</sup>
	plane floor with bedding	0.3 <sup>b</sup>	0.26	1.29·10 <sup>-3</sup>	0.65·10 <sup>-3</sup>
free ventilated	kennel house	0.3 <sup>a</sup>	0.26	1.29·10 <sup>-3</sup>	0.65·10 <sup>-3</sup>
	deep litter	1.0 <sup>c</sup>	0.86	4.30·10 <sup>-3</sup>	2.15·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: value fixed by KTBL working group „Emission factors for animal husbandry“ (communicated by B. Eurich-Menden/KTBL)

<sup>b</sup> Source: expert judgment B. Eurich-Menden/KTBL on the basis of housing system MS0007 in KTBL (2006a)

<sup>c</sup> Source: housing system MS0006 in KTBL (2006a)

### 5.5.7.3 Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen

The frequency distribution of manure management systems is calculated by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Für Mastschweine werden die Haltungsverfahren mit RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) berechnet.

### 5.5.7.4 Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“

The emission factors used for housing (see Table 5.32) relate to TAN. They are derived from national data (Dämmgen et al., 2010b).

Es werden nationale Werte für die partiellen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren verwendet, die sich auf TAN beziehen (Dämmgen et al., 2010b), siehe Table 5.32.

Table 5.32: Fattening pigs, partial emission factors for  $\text{NH}_3$ -N from housing (related to TAN)

			$EF_{\text{house}}$ (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ )
slurry based	insulated stables	fully slatted floor	0.3
		partly slatted floor	0.3
	free ventilated	kennel house	0.2
straw based	closed insulated stables	non slatted plane floor	0.4
		partly slatted floor	0.4
	free ventilated	kennel house	0.2
		deep litter	0.35

Source: Dämmgen et al. (2010b)

### 5.5.7.5 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und –raten werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

### 5.5.7.6 Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“

The frequency distributions of housing systems, storage systems for slurry, solid manure and leachate („Jauche“) were considered as well as the application techniques and times before incorporation.

The partial emission factors for storage and application (spreading) are the same for all pig sub-categories (see Table 5.4 to Table 5.7).

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  is also valid for fattening pigs.

As for dairy cattle,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Die Häufigkeitsverteilungen der Stallsysteme und der Lagersysteme (Gülle, Festmist und Jauche) wurden ebenso berücksichtigt wie die Ausbringungstechniken und die Zeiten bis zur Einarbeitung.

Die partiellen Emissionsfaktoren für die Lagerung und Ausbringung sind für alle Schweine gleich (vgl. Table 5.2 bis Table 5.7).

Auch für Mastschweine gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für  $\text{NH}_3$  die Größenordnung von 30 % hat.

Für  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  wird wie bei Milchkühen eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

### 5.5.8 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The emission factors used are listed in Table 5.33.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 5.33 zusammengestellt.

Table 5.33: Fattening pigs, emission factors  $EF_{PM}$  for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for $PM_{10}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$	Emission factor for $PM_{2.5}$ $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$
Fatteners	solid	0.50	0.08
	slurry	0.42	0.07

Source: EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10

### 5.5.9 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 5.34: Fattening pigs, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.11	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.11	
		NMVOC	EM1005.43	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.11	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.64	EM1009.66
		NO	EM1009.143	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.11	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.35	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.12	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.11	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.11	
		NMVOC	IEF1005.41	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.10	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.58	IEF1009.60
		NO	IEF1009.108	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.10	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.32	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.35	AI1005PSH.52

## 5.6 Stud boars (mature males) / Eber

Stud boars (mature males) form an own subcategory in the German census.

According to the key source analysis performed for the year 2007 (NIR 2009), pigs do not represent a key source.

CEIP/EEA (2008) classified ammonia as well as NMVOC and PM<sub>10</sub> emissions from pig manure as a key source. A Tier 2 treatment of emissions of nitrogen species presupposes a Tier 2 treatment of energy and carbon flows.

Thus, all pig subcategories (with the exception of stud boars) are treated as if they were key sources.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 5.35.

Zuchteber sind alle als solche in der Statistik bezeichneten männlichen Schweine.

Nach der für 2007 durchgeführten Hauptquellgruppen-Analyse (NIR 2009) zählen Schweine nicht zu den Hauptquellkategorien.

CEIP/EEA (2008) klassifizierte Ammoniak-, NMVOC- und PM<sub>10</sub>-Emissionen aus Schweine-Wirtschaftsdünger als Hauptquellgruppen. Die Behandlung der Emissionen von N-Spezies nach Stufe 2 setzt die Behandlung von Energie- und Kohlenstoff-Flüssen nach Stufe 2 voraus.

Alle Schweine-Unterkategorien (mit Ausnahme der Zuchteber) werden deshalb so behandelt, als wären sie Hauptquellgruppen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.35 zusammengestellten Verfahren.

Table 5.35: Boars, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 5.6.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4). They can be used without any further transformation.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4) und sind ohne Umrechnung verwendbar.

$$n_{bo} = n_V \quad (5.31)$$

where

$n_{bo}$             number of boars  
 $n_V$             animal numbers of type V in the German census (see Table 5.1)

According to Dämmgen (2005), an uncertainty of 4 to 5 % is assumed for statistical data.

Die statistischen Daten haben eine Unsicherheit von 4 bis 5 % (Dämmgen, 2005).

#### 5.6.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

GfE (1987), pg. 68, assumes animal weights at the beginning of the use of breeding of 120 kg an<sup>-1</sup> and of 220 kg an<sup>-1</sup> (optimal upper weight limit) at the end of the boars' useful life. In contrast, GfE (2006) quotes a range from 140 kg a<sup>-1</sup> to 180 kg an<sup>-1</sup>.

Das Tiergewicht wird in GfE (1987), S. 68, mit 120 kg an<sup>-1</sup> (Beginn der Zuchtnutzung) bis 220 kg an<sup>-1</sup> (optimal einzuhaltende obere Gewichtsgrenze) angegeben. GfE (2006) nennt für das Aufstallungsgewicht einen Bereich von 140 kg an<sup>-1</sup> bis 180 kg an<sup>-1</sup>.

For the reporting of emissions a mean weight of 180 kg an<sup>-1</sup> is assumed, which is considered appropriate for the timespan from 1990 onwards. The mean animal weight is not used for the calculation of energy requirements. It is used only for the calculation of the mean weight of all pigs.

### 5.6.2 Energy requirements / Energiebedarf

GfE (1987), pg 68, provides an estimate of mean requirements of metabolizable energy (ME) of 30 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME. GfE (2006) recommends energy requirements of 30 – 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME. Corresponding to the animal weight of 180 kg an<sup>-1</sup> assumed in Chapter 5.6.1.2, the emission calculations are based on 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME as daily requirements of metabolizable energy.

### 5.6.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Neither GfE (1987) nor GfE (2006) recommend specific feeds for boars. Thus, this inventory makes use of the feed fed to sows during Phase A. For the feed properties see Chapter 5.3.3, Table 5.12.

The daily intake of feed and gross energy is calculated by analogy to the method described in Chapter 5.3.3. The daily feed intake is 2.7 kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, the daily gross energy intake amounts to  $GE_{bo} = 44 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

### 5.6.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.6.3) and the methane conversion factor  $x_{CH_4, GE}$  as input.

The methane conversion rate for pigs in developed countries of 0.006 MJ MJ<sup>-1</sup> is given in IPCC(1996)-3-4.35. (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

The uncertainty of the emission factor for methane from enteric fermentation ( $EF_{CH_4, ent}$ ) is discussed in IPCC(2006)-10.33. Accordingly, an emission factor uncertainty of 20 % applies. The uncertainty is interpreted as standard error. Normal distribution is assumed.

### 5.6.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

A Tier-2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management of dairy cows (cf. Chapter 3.4.3.3).

Für die Emissionsberichterstattung wird von einem mittleren Tiergewicht von 180 kg an<sup>-1</sup> ausgegangen, das als repräsentativ für den Zeitbereich ab 1990 angesehen wird. Das Tiergewicht geht nicht in die Energiebedarfsrechnung, sondern nur in die Berechnung des mittleren Schweinegewichts ein.

GfE (1987, S. 68) gibt einen mittleren Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) von 30 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME an. GfE (2006) empfiehlt 30 – 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME. Entsprechend dem in Kapitel 5.6.1.2 angenommenen Tiergewicht von 180 kg an<sup>-1</sup> (siehe Kapitel 5.6.1.2), das der Obergrenze nach GfE (2006), wird für die Emissionsberechnung ein Tagesbedarf von 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME angenommen.

Weder GfE (1987) noch GfE (2006) geben spezielle Ernährungsempfehlungen für Eber an. Das Inventar geht deshalb von Futterzusammensetzung für Sauen in der Phase A aus. Zu den Futtereigenschaften siehe Kapitel 5.3.3, Table 5.12.

Die tägliche Futtermenge sowie die damit aufgenommene tägliche Gesamtenergie  $GE_{bo}$  wird sinngemäß wie in Kapitel 5.3.3 beschrieben berechnet. Die tägliche Futteraufnahme liegt bei 2,7 kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, die tägliche GE-Aufnahme  $GE_{bo}$  bei 44 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (s. Kapitel 5.6.3) mit Hilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor von 0,006 MJ MJ<sup>-1</sup> ist IPCC(1996)-3-4.35 (Schweine, entwickelte Staaten) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung ( $EF_{CH_4, ent}$ ) wird in IPCC(2006)-10.33 diskutiert. Demnach wird eine Unsicherheit von 20 % angesetzt. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, s. Kapitel 3.4.3.3.

For the digestibility  $X_{DE}$  see Chapter 5.6.3.

The amounts of volatile solids (VS) excreted are calculated according to Chapter 3.4.1. As there is no ash content provided by IPCC (2006), the ash content is taken from IPCC (1996)-3-4.23 (0.02 kg kg<sup>-1</sup>). The VS excretions amount to 145.3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

For boars the distributions of housing and manure management systems are assumed to be the same as for sows. They are calculated by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Methane conversion factors  $MCF$  and maximum methane producing capacity  $B_0$  are listed in Table 5.36. (As the inventory assumes pasture/range not to occur, no respective  $MCF$  is given in Table 5.13.)

Zur Verdaulichkeit  $X_{DE}$  siehe Kapitel 5.6.3.

Die Mengen ausgeschiedener „volatile solids“ (VS) werden nach Kapitel 3.4.1 berechnet. Da IPCC (2006) keinen Aschegehalt angibt, wird der Wert nach IPCC(1996)-3-4.23 verwendet (0,02 kg kg<sup>-1</sup>). Die VS-Ausscheidungen belaufen sich auf 145,3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Für Eber werden die gleichen Haltungsverfahren wie für Sauen angenommen. Diese werden mit RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) berechnet.

Die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  und die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  sind in Table 5.36 gegeben. (Keine Angabe für „pasture/range“, da das Inventar reine Stallhaltung annimmt.)

Table 5.36: Boars, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

maximum methane producing capacity $B_0$	0.45	m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
$MCF$ liquid/slurry without natural crust	temperature dependent, 0.17 to 0.19	kg kg <sup>-1</sup>
$MCF$ solid storage	0.02	kg kg <sup>-1</sup>
$MCF$ deep litter	temperature dependent, 0.17 to 0.19	kg kg <sup>-1</sup>

Source: IPCC(2006)-10.80 f and 10.44 ff

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 15.1.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be about 20 %. The data base for boars is less detailed than for other pigs. However, due to the small animal numbers, the overall uncertainty is not affected. German data do not exist yet.

The inventory assumes an uncertainty of 20 % interpreted as standard error. A normal distribution is assumed.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit eines Stufe-2-Verfahrens auf 20 %. Die Datenbasis für Eber ist schlechter als die für die anderen Schweine; die Unsicherheiten sind insgesamt jedoch wegen der geringen Tierzahlen unbedeutend.

Das Inventar geht von einer Unsicherheit von 20 % aus und interpretiert diese als Standardfehler. Es wird eine normalverteilung angenommen.

### 5.6.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

NMVOC emissions are calculated according to Chapter 5.2.4.

Die Berechnung erfolgt wie in Kapitel 5.2.4 angegeben.

### 5.6.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lager-typen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 5.6.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

The excretion calculation yields a N excretion of 27.8 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. TAN is calculated as well and amounts to ca. 83 %.

Die Berechnungen ergeben eine N-Ausscheidung von 27,8 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. Der TAN-Gehalt wird ebenfalls berechnet und beläuft sich auf ca. 83 %.

The assumption of EMEP (2007)-B1090-19 giving an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  is also valid for boars.

$\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are assumed to have uncertainties of 30 % and 50 %, respectively.

Auch für Eber gilt nach EMEP (2007)-B1090-19, dass die Unsicherheit für  $\text{NH}_3$  die Größenordnung von 30 % hat.

Für  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  wird eine Unsicherheit von 30 % bzw. 50 % angenommen.

#### 5.6.7.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.5.3. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $0.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  or  $2.2 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  ( $1.1 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.6. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Einstreumenge ist  $0,5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh bzw.  $2,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$  und  $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ TAN}$ .

#### 5.6.7.3 *Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen*

For boars the distributions of housing and manure management systems are assumed to be the same as for sows. They are calculated by RAUMIS (see Chapter 15.2).

Für Eber werden die gleichen Haltungsverfahren wie für Sauen angenommen. Diese werden mit RAUMIS (siehe Kapitel 15.2) berechnet.

#### 5.6.7.4 *Partial emission factors „housing“ / Partielle Emissionsfaktoren „Stall“*

It is assumed that sows and boars are housed in similar houses (see Chapter 5.6.7.3). Hence, the partial emission factors for  $\text{NH}_3\text{-N}$  used for sow houses (see Chapter 5.3.7.3, Table 5.14) are also applied to describe boar houses.

Wegen der Annahme vergleichbarer Haltungsverfahren für Sauen und Eber (s. Kapitel 5.6.7.3) werden die partiellen Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3\text{-N}$  aus dem Stall von der Sauen-Haltung übernommen, siehe Kapitel 5.3.7.3 (Table 5.14).

#### 5.6.7.5 *Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung*

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und -raten werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

#### 5.6.7.6 *Partial emission factors „storage“ and „spreading“ / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“*

The partial emission factors for storage and application (spreading) are the same for all pig sub-categories (see Table 5.4 to Table 5.7).

Die partiellen Emissionsfaktoren für die Lagerung und Ausbringung sind für alle Schweine gleich (vgl. Table 5.2 bis Table 5.7).

#### 5.6.8 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

For boars, no specific emission factors have been reported. As it is assumed that boars and sows are housed in similar houses, the emission factors for sows are used instead (see Chapter 5.3.8).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Eigene Emissionsfaktoren für Eber existieren nicht. Wegen der angenommenen Vergleichbarkeit der Haltungsverfahren werden die Emissionsfaktoren für Sauen übernommen (siehe Kapitel 5.3.8).

### 5.6.9 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 5.37: Boars, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.12	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.12	
		NM VOC	EM1005.44	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.12	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.67	EM1009.69
		NO	EM1009.144	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.12	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.36	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.13	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.12	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.12	
		NM VOC	IEF1005.42	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.11	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.61	IEF1009.63
		NO	IEF1009.109	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.11	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.33	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.53	AI1005PSH.68



## 5.7 Pigs – collective description / Schweine – zusammenfassende Daten

For greenhouse gases, emissions have to be reported for pigs as a single category.

IPCC does not provide methods for the aggregation of data calculated for the animal subcategories.

In the German inventory, the aggregation of emissions and emission explaining data has to take into account that sucking piglets do not represent a separate animal subcategory, but are integrated into the calculations for sows (cf. Chapters 5.1 and 5.3).

Hence, with exception of mean animal weight and pregnancy, the data aggregation is to be based on the data of the four separate animal subcategories sows, weaners, fateening pigs and boars.

Total emissions as well as amounts of bedding material are calculated by addition. The aggregation of emission explaining data is described in Chapter 5.7.2.

It is combined with the definition of an inventory-specific total number of pigs, which deviates from the total number of pigs reported by the German census, see Chapter 5.7.1.

Averaging procedures in former German inventories (cf. e. g. Haenel et al, 2010) were inconsistent with respect to the needs formulated above. In general, the values of the means were considerably underestimated, because the number of sucking piglets was used only in the denominators of the weighting equations but not in the nominators.

Hence, after consultation with the persons in charge at the German Federal Environmental Agency, the aggregation methods have been revised as is described in the following.

Hinsichtlich der Treibhausgase sind Schweine zusammengefasst als eine Kategorie zu berichten.

IPCC gibt keine Verfahren zur Aggregierung der Daten aus den einzelnen Tierkategorien an.

Die Aggregierung von Emissionen und emissions-erklärenden Daten im deutschen Inventar muss berücksichtigen, dass die Saugferkel nicht als separate Kategorie geführt werden, sondern bei den Sauen mitgerechnet werden (siehe dazu Kapitel 5.1 und 5.3).

Daher ist, mit Ausnahme des mittleren Tiergewichtes und der Trächtigkeit, die Aggregierung allein auf die Daten der vier Berichtskategorien Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine und Eber zu stützen.

Gesamtemissionen und Einstreumengen werden dabei durch jeweilige Addition berechnet. Auf die Aggregierung von emissionserklärenden Daten geht Kapitel 5.7.2 ein.

Damit verbunden ist eine Definition der im Inventar zu berichtenden Schweinegesamtzahl, die von der offiziellen Schweinegesamtzahl abweicht, siehe Kapitel 5.7.1.

Die im deutschen Inventar (s. z. B. Haenel et al., 2010) bislang verwendeten Mittelungsansätze wiesen im Hinblick auf die o. g. Anforderungen Inkonsistenzen auf. Die tatsächlichen Mittelwerte wurden in der regel beträchtlich unterschätzt, da die Saugferkelzahl nur im Nenner der Mittelungsvorschrift und nicht im Zähler auftrat.

Nach Rücksprache mit den Verantwortlichen beim deutschen Umweltbundesamt wurden die Methoden - wie im Folgenden beschrieben - für das vorliegende Inventar überarbeitet.

### 5.7.1 Animal numbers /Tierzahlen

The total number of all pigs reported from the German census is given by:

$$n_{\text{pigs, official}} = n_M + n_N + n_O + n_P + n_Q + n_R + n_S + n_T + n_U + n_V \quad (5.32)$$

where

$n_M$  etc. number of animals in census subcategory M, etc. (see Table 5.1)

Die Summe aller Schweine aus der amtlichen Statistik ist wie folgt gegeben:

In the German inventory, part of the piglets counted in the official category M is not represented explicitly, but is integrated into the calculations for sows. Hence, the total number of pigs in the German inventory is lower than the total number counted in the German census:

Da im deutschen Inventar ein Teil der in der offiziellen Kategorie M gezählten Ferkel als Saugferkel in der Inventarkategorie Sauen berücksichtigt werden, ist die im Inventar verwendete Gesamtzahl aller Schweine kleiner als die Gesamtzahl nach der amtlichen Tierzählung:

$$n_{\text{pigs, inventory}} \left\{ \begin{array}{l} = (n_M - n_{\text{sp}}) + n_N + n_O + n_P + n_Q + n_R + n_S + n_T + n_U + n_V \\ = n_{\text{so}} + n_{\text{we}} + n_{\text{fp}} + n_{\text{bo}} \end{array} \right. \quad (5.33)$$

where

$n_M$ etc.	number of animals in census subcategory M, etc. (see Table 5.1)
$n_{sp}$	annually averaged population of sucking piglets (in piglet), see Chapter 5.3.2
$n_{so}$	number of sows used in this inventory, see Chapter 5.3.1
$n_{we}$	number of weaners used in this inventory, see Chapter 5.4.1
$n_{fp}$	number of fattening pigs used in this inventory, see Chapter 5.5.1
$n_{bo}$	number of boars used in this inventory, see Chapter 5.6.1

For the uncertainties of the animal numbers see the respective animal subchapters.

Zur Unsicherheiten der Tierzahlen wird auf die Angaben in den Tier-Unterkapiteln verwiesen.

## 5.7.2 Aggregation of emission explaining data / Aggregierung emissionserklärender Daten

### 5.7.2.1 General approach / Allgemeiner Ansatz

From the present inventory on the emission explaining data for the comprehensive category of pigs are averaged according to the following general approach (exceptions: animal weight and pregnancy):

Die emissionserklärenden Daten für die Gesamtkategorie Schweine werden ab dem vorliegenden Inventar nach dem folgenden allgemeinen Ansatz gemittelt (Ausnahmen: Tiergewicht und Trächtigkeit):

$$\varphi_{\text{mean, pigs, inventory}} = \frac{n \cdot \varphi_{so} + n_{we} \cdot \varphi_{we} + n_{fp} \cdot \varphi_{fp} + n_{bo} \cdot \varphi_{bo}}{n_{so} + n_{we} + n_{fp} + n_{bo}} \quad (5.34)$$

where

$\varphi_{\text{mean, pigs, inventory}}$	emission explaining variable reported for the aggregated category of pigs
$n_{so}$	total number of sows (in pl), see Chapter 5.7.1
$\varphi_{so}$	emission explaining variable for sows
etc.	

This equation is used for the following emission explaining entities:

- shares of housing types
- shares of manure management types
- digestibility of feed ( $X_{DE}$ )
- intake of gross energy (GE)
- methane conversion factors ( $MCF$ )
- methane production capacity ( $B_o$ )
- VS excretions
- N and TAN excretions
- implied emission factors (IEF)

Diese Gleichung wird bei folgenden emissionserklärenden Größen angewendet:

- relative Haltungsformen-Anteile
- relative Wirtschaftsdüngersysteme-Anteile
- Verdaulichkeit des Futters ( $X_{DE}$ )
- Aufnahme von Futter-Gesamtenergie (GE)
- Methan-Umwandlungsfaktoren ( $MCF$ )
- Methanbildungskapazität ( $B_o$ )
- VS-Ausscheidung
- N- und TAN-Ausscheidung
- Platzbezogene Emissionsfaktoren (IEF)

### 5.7.2.2 Animal weight / Tiergewicht

Correct averaging of animal weights has to explicitly take into account the weight of the sucking piglets as the latter is not integrated into the weight of the sows. However, with respect to the low weight of sucking piglets as well as the fact that a sucking piglet place is occupied only for about three and a half weeks a year, the German inventory simply calculates the mean pig weight according to the general equation given in Chapter 5.7.2.1, i. e. without taking into account the contribution by sucking piglets.

Die Mittelung des Tiergewichtes müsste das mittlere Gewicht der Saugferkel explizit mit berücksichtigen, da letzteres nicht im Gewicht der Sauen enthalten ist. In Anbetracht des niedrigen mittleren Saugferkelgewichtes von ca. 5 kg an<sup>-1</sup> und des Umstandes, dass ein Saugferkel-Platz nur rund dreieinhalb Wochen im Jahr besetzt ist, berechnet das deutsche Inventar das mittlere Schweinegewicht vereinfachend unter Vernachlässigung der Saugferkel nach der in Kapitel 5.7.2.1 angegebenen allgemeinen Formel.

The mean animal weights of the various pig categories are estimated as follows:

- The mean weight of sows is the mean animal weight assumed constant for the inventory calculations (cf. Chapter 5.3.1.2).
- The mean weight of weaners or fattening pigs is half the the sum of initial and final weight in the respective lifespan (cf. Chapters 5.4.1.2 und 5.5.1.2).

For the mean weight of boars see Chapter 5.6.1.2.

Die mittleren Gewichte der einzelnen Schweinekat-  
egorien werden wie folgt angesetzt:

- Das mittlere Gewicht von Sauen entspricht dem für das Inventar angenommenen konstanten Ge-  
gewichtswert (siehe Kapitel 5.3.1.2).
- Das mittlere Gewicht von Aufzuchtferkeln und  
Mastschweinen ist das arithmetische Mittel der je-  
weiligen Anfangs- und Endgewichte (siehe Kapitel  
5.4.1.2 und 5.5.1.2).
- Zum mittleren Gewicht von Ebern siehe Kapitel  
5.6.1.2).

### 5.7.2.3 Mean pregnancy rates of sows / Mittlere Trächtigkeiten der Sauen

The number of pregnant sows is obtained from the  
German census.

Die Zahl der trächtigen Sauen wird der deutschen  
Tierzählungsstatistik entnommen.

### 5.7.3 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich effektiver Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

In Table 5.38 a comparison is made of implied  
emission factors (*IEF*) and emission explaining vari-  
ables between countries whose agricultural practice  
may be compared to German conditions (latest pub-  
lished results) and German data in this inventory.

Table 5.38 vergleicht deutsche effektive Emissi-  
onsfaktoren (*IEF*) und emissionserklärende Variablen  
mit denen benachbarter bzw. landwirtschaftlich ver-  
gleichbarer Länder, wozu deren zuletzt veröffentlich-  
ten Daten herangezogen werden.

Table 5.38: Pigs, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors  
(Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	pregnancy % of sows	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF				
					CH <sub>4</sub> <sub>ent</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CH <sub>4</sub> <sub>MM</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NO kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	82.00		0.36	12.71	1.50	1.15	3.7		
Belgium	59.02		0.49	10.03	1.50	9.69	3.5		
Czech Republic				20.00	1.50	3.00	6.5		
Denmark	83.90		0.22	7.85	1.13	2.02	2.1		
Germany	71.34	71.8	0.28	12.14	1.17	4.63	5.3	0.05	0.007
France			0.50	16.43	1.13	20.88	7.9		
Netherlands				9.05	1.50	4.43	2.6		
Poland	82.00		0.50	13.56	1.50	6.54	4.6		
Switzerland			0.50	9.28	1.32	5.43	5.4		
United Kingdom				10.79	1.50	7.06	4.2		
IPCC (2006)-10.28, 10.38, 10.59, 10.80, 10.81, Western Europe, cool region			0.30 /0.46	9.31 / 30.35 <sup>1</sup>	1.50	6 to 8/ 9 to 12			
IPCC (2000)-B1090-9				14 / 36			6.39 / 16.43		
IPCC (1996)-3-4.10, 4.13, 4.46, 4.99, Western Europe, cool region	82.00		0.50	20.00	1.50	3.00			
EMEP (2009)-4.B-26, 62, 63				12.1/ 34.5			6.5 to 18.2		0.001 to 0.132

Sources: UNFCCC 2010, Tables 4.A, 4B; EMEP (2010)

<sup>1</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

The mean animal weights are among the lowest  
provided by other countries.

For VS excretions and CH<sub>4</sub> emissions from enteric

Die mittleren Tiergewichte sind niedriger als in  
den meisten anderen Staaten.

Die deutschen VS- Ausscheidungen und die CH<sub>4</sub>-

fermentation, most countries obviously use default data (VS: IPCC 1996, 4.42; CH<sub>4</sub>: IPCC(2006)-10.28). In this case the data obtained for Germany are significantly lower. Compared with countries with calculated values the German value is in the middle of the range defined by the values of the other countries.

N excretions and CH<sub>4</sub> emissions from manure management are within the range of the neighbouring countries, so are the NH<sub>3</sub> emissions (neglecting default values).

The German emission factors for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> are within the range of the neighbouring countries, see Table 5.39

Emissionen aus der Verdauung sind gegenüber den Nachbarstaaten, die default-Werte (VS: IPCC 1996, 4.42; CH<sub>4</sub>: IPCC(2006)-10.28) angeben, deutlich niedriger. Im Vergleich zu den Staaten, die berechnete Werte angeben, bewegen sie sich im Mittelfeld.

Die N-Ausscheidungen und die CH<sub>4</sub>- und NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Mmanagement liegen im mittleren Bereich der Werte der Nachbarländer (ohne Berücksichtigung der default-Werte).

Die deutschen Emissionsfaktoren für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> liegen im Bereich der Nachbarländer, siehe Table 5.39

Table 5.39: Pigs, intercomparison of PM implied emission factors  
(Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	$IEF_{PM_{10}, pigs}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub>	$IEF_{PM_{2.5}, pigs}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub>	$IEF_{TSP, pigs}$ kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>1</sup>
Austria			
Belgium	0.05	0.205	0.47
Czech Republic	0.32	0.007	0.70
Denmark	0.33	0.054	0.74
Germany	0.36	0.058	0.36
France	0.35	0.077	0.78
Netherlands	0.21	0.042	0.21
Poland	0.27	0.006	0.60
Switzerland	0.70	0.105	0.70
United Kingdom	0.25	0.045	0.00
EMEP (2009)-4.B-62, 63	0.5 / 0.58	0.08 / 0.09	

Source: EMEP (2010), calculated from original data supplied

<sup>1</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in *d* (EMEP(2007)-B1010-9).

### 5.7.3.1 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 5.40: Pigs, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.13	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.13	
		NMVOC	EM1005.45	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.13	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.70	EM1009.72
		NO	EM1009.145	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.13	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.37	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.14	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.13	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.13	
		NMVOC	IEF1005.43	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.12	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.64	IEF1009.66
		NO	IEF1009.110	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.12	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.34	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.69	AI1005PSH.88
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.37	EXCR.39

## 6 Small ruminants / Kleine Wiederkäuer

### 6.1 Small ruminants, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei kleinen Wiederkäuern

Sheep and goats are combined in the category „small ruminants“. The inventory reports about both species separately. However, calculation procedures are similar.

Sheep and goats do not form a key source for any of the greenhouse gases reported. However, sheep are a key source for ammonia.

The inventory goes along with the recommendation of IPCC(2006)-10.08 to form subcategories, wherever possible and useful. Thus, sheep are subdivided into lambs and sheep without lambs, which reflects different excretion rates and housing. This is of importance for the derivation of emissions of nitrogen species in particular. However, methane emissions are calculated for sheep as a whole.

For goats, the data availability in Germany allows for the calculation of national total emissions based on estimated goat numbers.

Schafe und Ziegen bilden im Inventar die Gruppe der kleinen Wiederkäuer. In den Inventaren wird über beide Arten getrennt berichtet; die Rechenverfahren sind jedoch ähnlich.

Weder Schafe noch Ziegen sind Hauptquellgruppen für eines der zu berichtenden Treibhausgase. Schafe sind jedoch eine Hauptquellgruppe für Ammoniak.

Das Inventar folgt der Empfehlung, Subkategorien einzuführen, wenn dies möglich und dienlich ist (IPCC(2006)-10.08). Schafe werden deshalb wegen der unterschiedlichen Ausscheidungen und Haltungsvorgängen bei der Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies nach Lämmern und anderen Schafen unterteilt. Die Berechnung der Methanemissionen erfolgt nur für Schafe insgesamt.

Die Datenlage bei Ziegen ist so, dass nur deutsche Gesamtemissionen für geschätzte Tierzahlen berechnet werden können.

### 6.2 Sheep – all subcategories / Schafe insgesamt

For the assessment of methane emissions from sheep no subcategories are formed due to lack of information on emission explaining variables.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 6.1.

Für die Berechnung der Methanemissionen werden Schafe aus Mangel an der Verfügbarkeit emissionserklärender Variablen nicht in Unterkategorien unterteilt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.1 zusammengestellten Verfahren.

Table 6.1: Sheep, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
NM VOC	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management		see Chapters 6.3 and 6.4			
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management		see Chapters 6.3 and 6.4			
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

#### 6.2.1 Animal numbers and correction procedure / Tierzahlen und Korrekturverfahren

The German census differentiates between

- sheep younger than 1 year (including lambs)
- female sheep for reproduction (including yearlings)
- rams for reproduction
- wethers and other sheep

Animal numbers on district level are provided by the statistical offices of the Federal States (StatLA C

Die deutsche Tierzählung unterscheidet

- Schafe unter 1 Jahr (einschließlich Lämmern)
- weibliche Schafe zur Zucht (einschließlich Jährlinge)
- Schafböcke zur Zucht
- Hammel und übrige Schafe

Tierzahlen auf Landkreisebene werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C

III 1 – vj 4). Animal numbers on federal state level are provided by Statistisches Bundesamt (StatBA FS3 R4.1).

Prior to 1999, animals were counted in December. For sheep, this number is not representative of the animals in the production process. The animal numbers of the districts have to be corrected and adjusted to the practice after 1999 in order to establish a consistent set of activity data.

Since 1999, censuses have been performed in May and include the lambs. The information provided by the official statistics has been used since.

This inventory uses animal numbers of sheep, lambs and of all other sheep as corrected according to Dämmgen (2005).

Correction of activity data prior to 1999:

$$n_{sh} = n_{ew} \cdot f_{sh} \quad (6.1)$$

$$n_{la} = n_{ew} \cdot f_{la} \quad (6.2)$$

$$n_{os} = n_{sh} - n_{la} = n_{ew} \cdot (f_{sh} - f_{la}) \quad (6.3)$$

Where

$n_{sh}$	total number of sheep
$n_{la}$	number of lambs
$n_{os}$	number of sheep other than lambs
$n_{ew}$	number of ewes
$f_{la}$	factor to derive number of lambs (see Table 6.2)
$f_{sh}$	factor to derive total number of sheep (see Table 6.2)

The correction is performed only for the districts of each federal state, but not for the federal state itself. The respective correction factors are listed in Table 6.2.

III 1 – vj 4), Tierzahlen auf Länderebene vom Statistischen Bundesamt (StatBA FS3 R4.1).

Bis 1999 fanden Tierzählungen im Dezember statt. Sie ergaben für Schafe Tierzahlen, die für die gesamte Produktion nicht repräsentativ waren. Diese Tierzahlen mussten für die Landkreise so korrigiert werden, dass sie dem Zählverfahren nach 1999 entsprachen und so die Erstellung konsistenter Zeitreihen ermöglichten.

Seit 1999 findet die Tierzählung im Mai statt. Die Anzahl der Lämmer geht seitdem aus der Statistik hervor.

Verwendet werden die nach Dämmgen (2005) korrigierten Tierzahlen für Schafe insgesamt, Lämmer und alle übrigen Schafe (other sheep).

Die Korrektur wird nur für die Landkreise eines jeden Bundeslandes, nicht aber für das Bundesland selbst durchgeführt. Die Korrekturfaktoren sind in Table 6.2 zusammengestellt.

Table 6.2: Sheep and lambs, correction of animal numbers  
Conversion factors  $f_{sh}$  and  $f_{la}$  for numbers of sheep and lambs to be applied before 1999

	Sheep $f_{sh}$	Lambs $f_{la}$
Baden-Württemberg	1.51	0.46
Bayern	1.62	0.57
Brandenburg	1.46	0.44
Hessen	1.58	0.55
Mecklenburg-Vorpommern	1.58	0.54
Niedersachsen	1.75	0.68
Nordrhein-Westfalen	1.75	0.67
Rheinland-Pfalz	1.54	0.51
Saarland	1.58	0.51
Sachsen	1.55	0.52
Sachsen-Anhalt	1.48	0.45
Schleswig-Holstein	2.13	1.10
Thüringen	1.37	0.35
City States	1.78	0.74

On federal state level, data from June until 1998 is existent (StatBA FS3 R4.1), so that in this case the

Für die Bundesländer selbst stehen Daten aus dem Juni der Jahre bis 1998 zur Verfügung (StatBA FS3

correction is not required. Exceptions are, for the year 1990, the federal states Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt and Thüringen, and for all years the city state Berlin. In these cases the correction is performed also on federal state level.

The numbers of sheep before 1999 are biased on district level. On German level this bias disappears by using unbiased data on federal state level.

The statistical uncertainty is probably in the order of magnitude of the uncertainty given for pigs (< 5 %).

For this inventory, an uncertainty (standard error) of 5 % is assumed. The distribution is likely to be normal.

R4.1), so dass auf dieser Ebene keine Korrektur erforderlich ist. Ausnahmen sind für 1990 die Länder Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen und Berlin (alle Jahre). In diesen Fällen wird die Korrektur auch auf Länderebene durchgeführt.

Die Anzahl der Schafe weist vor 1999 einen systematischen Fehler auf Landkreisebene auf, der auf Bundesebene durch die Verwendung der Länderdaten verschwindet.

Die statistische Unsicherheit liegt wahrscheinlich in der Größenordnung der Unsicherheit der Schweinezahlen (< 5 %).

Für dieses Inventar wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von 5 % bei normaler Verteilung angenommen.

## 6.2.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2.1). The emission factor is  $EF_{CH_4, \text{ent, sh}} = 8 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30 \%$  and may be uncertain to  $\pm 50 \%$ .

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Es handelt sich um ein Stufe-1-Verfahren, s. Kapitel 3.3.2.1). Zur Berechnung wird der default-Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, \text{ent, sh}} = 8 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  verwendet (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

## 6.2.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.4.3.3.

The calculation procedure is based on default VS excretion:  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  according to IPCC(1996)-3-4.47 und IPCC(2006)-10.82. The data concerning the feed requirement for the sheep breeds kept in Germany (KTBL, 2004, pg. 423) lead to the assumption that the amount of VS in sheep excreta is likely to be underestimated by the IPCC default VS excretion. At present, it is impossible to assess the overall uncertainty.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  for the relevant husbandry systems (see Chapters 6.3.1.2 and 6.4.1.2) are listed in Table 6.3.

(The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) equals that of IPCC (1996).

The methane conversion factor for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996), the MCF for pasture equals that of IPCC (1996).)

Zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.4.3.3.

Das Rechenverfahren verwendet default-VS-Ausscheidungen:  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  nach IPCC(1996)-3-4.47 und IPCC(2006)-10.82. Die Angaben über den Futterbedarf in Deutschland gehaltener Schafrassen (KTBL, 2004, S. 423) lassen erkennen, dass die Menge der Ausscheidungen im VS-default-Wert wahrscheinlich unterschätzt wird. Das Ausmaß der Unsicherheit insgesamt kann noch nicht angegeben werden.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  für die relevanten Haltungssysteme (siehe Kapitel 6.3.1.2 und 6.4.1.2) sind in Table 6.3 aufgelistet.

(Die maximalen Methan-Freisetzungskapazitäten in IPCC (2006) und IPCC (1996) sind gleich. Der Methan-Umwandlungsfaktor für Festmist in IPCC (2006) ist größer als der in IPCC (1996) angegebene, der Faktor für Weidegang ist in IPCC (1996) und IPCC (2006) gleich groß.)

Table 6.3: Sheep, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

maximum methane producing capacity $B_0$	0.19	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$
$MCF$ solid storage	0.02	$\text{kg kg}^{-1} \text{C}$
$MCF$ pasture/range	0.01	$\text{kg kg}^{-1} \text{C}$

Source: IPCC(2006)-10.82 f and 10.44 ff

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent MCF see Chapter 15.1.

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen MCF benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 6.2.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The NMVOC emission factors are related to  $\text{NH}_3$  emissions using the emission factors in Table 6.4. The calculation method is described in Chapter 3.4.4. Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

Die NMVOC-Emissionen werden aus den  $\text{NH}_3$ -Emissionen unter Verwendung der in Table 6.4 beschriebenen Emissionsfaktoren abgeleitet. Zum Berechnungsverfahren siehe Kapitel 3.4.4. Unter Hinzuziehung der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

Table 6.4: Sheep, emission factors relating NMVOC emissions to  $\text{NH}_3$  emissions

Species	$EF_{\text{NMVOC}}$ in $\text{kg kg}^{-1}$
dimethyl sulfide	$2.2 \cdot 10^{-1}$
dimethyl disulfide	0
dimethyl trisulfide	0
acetone	$9.2 \cdot 10^{-2}$
acetic acid	$3.0 \cdot 10^{-1}$
propanoic acid	$7.9 \cdot 10^{-3}$
2-methyl propanoic acid	$4.0 \cdot 10^{-3}$
butanoic acid	$2.8 \cdot 10^{-3}$
2-methyl butanoic acid	$1.1 \cdot 10^{-2}$
3-methyl butanoic acid	$7.3 \cdot 10^{-3}$
pentanoic acid	$2.8 \cdot 10^{-4}$
phenol	$5.6 \cdot 10^{-4}$
4-methyl phenol	$1.5 \cdot 10^{-1}$
3-ethyl phenol	$1.5 \cdot 10^{-3}$
indole	$5.6 \cdot 10^{-5}$
3-methyl indole	$5.6 \cdot 10^{-5}$

Source: Hobbs et al. (2004)

The uncertainty (standard error) of NMVOC emissions depends on both the uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emissions and the emission factor  $EF_{\text{NMVOC}}$ . The former is in the order of magnitude of 20 % (see Chapter 15.5), for the latter 75 % were assumed in former inventories (see e. g. Haenel et al., 2010). Based on these assumptions, the overall uncertainty of NMVOC emissions could be estimated to be about 50 %, interpreted as the interval (in percent of the mean) between

Die Unsicherheit (Standardfehler) der NMVOC-Emissionen hängt von der Unsicherheit der  $\text{NH}_3$ -Emissionen und der Emissionsfaktoren  $EF_{\text{NMVOC}}$  ab. Erstere liegt in der Größenordnung von 20 % (s. Kapitel 14.5), für Letztere wurde in früheren Inventaren (s. z. B. Haenel et al., 2010) 75 % angenommen. Unter diesen Voraussetzungen läge die Unsicherheit der NMVOC-Emissionen in der Größenordnung von 50 %, interpretiert als Intervall (in Prozent des Mittelwer-



the upper threshold of the 95 % confidence interval and the mean (implying an asymmetric distribution).

However, considering the assessment by the expert review team during the In Country Review of the emission calculation method described above (see Chapter 3.4.4), no estimate of the uncertainty of NMVOC emissions can be made.

### 6.2.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The assessment is carried out separately for lambs and all sheep except lambs (see Chapters 6.3 and 6.4). The emission factors are:

*Housing and storage:* The  $\text{NH}_3$  emission factors are  $0.22 \text{ kg kg}^{-1}$  (housing) and  $0.28 \text{ kg kg}^{-1}$  (storage), related to TAN (EMEP (2009)-4.B-26). The  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for housing and storage is  $0.005 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC(2006)-10.62). According to Chapter 3.5.2.2.3, the emission factors for NO and  $\text{N}_2$  are calculated as  $0.0005$  and  $0.015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , respectively. The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  in the storage are described in Chapter 3.5.2.2.4.

*Spreading:* The  $\text{NH}_3$  emission factor is  $0.9 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

*Grazing:* The  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing is  $0.09 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN excreted (EMEP (2009)-4.B-26). The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are given in Chapter 11.2.2.2.

Irrespective of any animal category, EMEP (2007)-B1090-19 assumes an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  emission factors. Distribution normal.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$  and NO are likely to be in the correct order of magnitude. IPCC(2006)-10.66 give a range of uncertainty of -50 bis +100 %.

For  $\text{N}_2\text{O}$ , we assume an uncertainty of 30 %, for NO and  $\text{N}_2$  50 % seem adequate. The distribution is likely to be normal.

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO, and  $\text{N}_2$  from manure management are described in Chapters 14.3 to 14.5.

### 6.2.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

tes) zwischen oberer Grenze des 95 %- Konfidenzintervalles und Mittelwert, wobei von einer asymmetrischen Verteilung auszugehen wäre.

Berücksichtigt man allerdings die Einschätzung des Berechnungsverfahrens durch die Gutachter beim In-Country-Review im September 2010 (siehe Kapitel 3.4.4), ist keine Schätzung der Unsicherheit der NMVOC-Emissionen möglich.

Die Berechnungen erfolgen für Lämmer und Schafe ohne Lämmer getrennt (siehe den Kapitel 6.3 und 6.4). Die Emissionsfaktoren sind:

*Stall und Lager:* Die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren betragen  $0,22 \text{ kg kg}^{-1}$  (Stall) bzw.  $0,28 \text{ kg kg}^{-1}$  (Lager), bezogen auf TAN (EMEP (2009)-4.B-26). Der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor für Stall und Lager beträgt  $0,005 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC(2006)-10.62). Nach Kapitel 3.5.2.2.3 berechnen sich die Emissionsfaktoren für NO und  $\text{N}_2$  zu  $0,0005$  bzw.  $0,015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

*Ausbringung:* Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren beträgt  $0,9 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

*Weide:* Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor beträgt  $0,09 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf TAN (EMEP (2009)-4.B-26). Für die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  wird auf Kapitel 11.2.2.2 verwiesen.

Unabhängig von der Tierkategorie nimmt EMEP (2007)-B1090-19 30 % Unsicherheit für die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren an. Verteilung normal.

Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$  und NO sind wahrscheinlich größenordnungsmäßig richtig. IPCC(2006)-10.66 gibt einen Fehlerbereich von -50 bis +100 % an.

Wir nehmen für  $\text{N}_2\text{O}$  eine Unsicherheit von 30 % und für NO und  $\text{N}_2$  eine solche von 50 % an, Verteilung normal.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 14.3 bis 14.5 beschrieben.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

### 6.3 Lambs / Lämmer

All sheep younger than 1 a are considered to be lambs.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 6.5.

Lämmer sind dabei alle die Schafe, die jünger als 1 a sind.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.5 zusammengestellten Verfahren.

Table 6.5: Lambs, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		see Chapter 6.2			
CH <sub>4</sub>	manure management		see Chapter 6.2			
NMVO	manure management		see Chapter 6.2			
NH <sub>3</sub>	manure management	2		district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2		district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

#### 6.3.1 Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails

##### 6.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The number of lambs per ewe varies with races. At present, it seems impossible to construct a time series.

This inventory uses on district level animal numbers of lambs as corrected according to Dämmgen (2005) (see Chapter 6.2.1 for details).

Die Anzahl der pro Mutterschaf geborenen Lämmer variiert mit den Rassen. Die Formulierung von Zeitreihen erscheint derzeit unmöglich.

Auf Landkreisebene werden die nach Dämmgen (2005) korrigierten Tierzahlen für Lämmer verwendet (zu Einzelheiten vgl. Kapitel 6.2.1).

##### 6.3.1.2 Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten

In Germany, 71 % of the lambs produced for slaughter are fattened in the house all the time, 24 % for the final phase of fattening, and 5 % are fattened on pastures. (LKV, 2003; Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof). The German inventory calculations are based on 90 % "house" and 10 % "pasture".

In the house sheep are kept on bedding. Leachate is not formed.

In Deutschland stammen 71 % der Schlachtlämmer aus Stallmast, 24 % aus Stallendmast und 5 % aus Weidemast (LKV, 2003; Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof). Das deutsche Inventar rechnet mit 90 % Stallhaltung und 10 % Weidehaltung.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden. Jauchebildung findet nicht statt.

#### 6.3.2 Methane emissions / Methanemissionen

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation and manure management see Chapter 6.2.2 and 6.2.3.

Zur Berechnung der Methanemissionen aus der Verdauung und aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2 und 6.2.3.

#### 6.3.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

Lambs fattened in the house excrete 3.0 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (KTBL, 2004, pg. 227), 50 % of which are assumed to be TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

The fact that grazing lambs excrete 5 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N is neglected due to the low frequency of this procedure.

N input with bedding (straw) is taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.6. All

Lämmer in Intensivmast scheiden 3,0 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N aus (KTBL, 2004, S. 427). 50 % hiervon sind TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

Lämmer mit Weidemast scheiden 5 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N aus. Wegen der geringen Häufigkeit dieses Haltungsvorgangs bleibt dieser Beitrag unberücksichtigt.

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel

straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

For lambs, an amount of straw of 0.16 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> is used (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof).

For the emission factors see Chapter 6.2.5.

3.6. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Einstreu wird für Lämmer mit 0,16 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh angesetzt (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof).

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 6.2.5.

#### 6.3.4 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 6.6: Lambs, related tables provided with the data CD

		from	To
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation CH <sub>4</sub> manure management NMVOC NH <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O NO PM <sub>10</sub> PM <sub>2.5</sub>	EM1005.47 EM1009.15 EM1009.76 EM1009.147 EM1009.78
Activity data	Aktivitäten	AC1005.18	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation CH <sub>4</sub> manure management NMVOC NH <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O NO PM <sub>10</sub> PM <sub>2.5</sub>	
Additional information	zusätzliche Informationen	AI1005PSH.99	AI1005PSH.119

### 6.4 Adult sheep / Erwachsene Schafe

All sheep elder than 1 a are considered to be adult sheep.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 6.7.

Als erwachsene Schafe gelten die Tiere, die älter als 1 a sind.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.7 zusammengestellten Verfahren.

Table 6.7: Adult sheep, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space activities	Resolution in time EF	Resolution in time EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		see Chapter 6.2			
CH <sub>4</sub>	manure management		see Chapter 6.2			
NMVOC	manure management		see Chapter 6.2			
NH <sub>3</sub>	manure management	2		district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2		district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

#### 6.4.1 Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails

##### 6.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

This inventory uses on district level animal numbers of sheep without lambs as corrected according to

Auf Landkreisebene werden die nach Dämmgen (2005) korrigierten Tierzahlen für Schafe ohne Läm-

Dämmgen (2005) (see Chapter 6.2.1 for details).

mer verwendet (zu Einzelheiten vgl. Kapitel 6.2.1).

#### 6.4.1.2 *Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten*

Adult sheep spend 10 months per year on pastures (all day).

In the house sheep are kept on bedding. Leachate is not formed.

Erwachsene Tiere sind 10 Monate pro Jahr ganztägig auf der Weide.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden. Jauchebildung findet nicht statt.

#### 6.4.2 *Methane emissions / Methanemissionen*

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation and manure management see Chapter 6.2.2 and und 6.2.3.

Zur Berechnung der Methanemissionen aus der Verdauung und aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2 und 6.2.3.

#### 6.4.3 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

In Germany, an N excretion of 10 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is assumed for a ewe without lambs (KTBL, 2004, pg. 427). This value is also used for the other adult sheep.

A fraction of 50 % of the nitrogen excreted is assumed to be TAN (EMEP (2009)-4.B-26).

N input with bedding (straw) is taken into account. For adult sheep, the amount of straw is assumed to be 0.4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage. (The properties of straw are given in Chapter 3.6.)

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> in the storage are described in Chapter 3.5.2.2.4.

For the emission factors see Chapter 6.2.5.

Für ein Mutterschaf ohne Lämmer wird in Deutschland eine N-Ausscheidung von 10 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> angesetzt (KTBL, 2004, S. 427). Dieser Wert wird auch für alle anderen erwachsenen Schafe verwendet.

Der TAN-Gehalt beträgt 50 % (EMEP (2009)-4.B-26).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt: 0,4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh für erwachsene Schafe. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren. (Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.6.)

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 6.2.5.

#### 6.4.4 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 6.8: Sheep without lambs, related tables provided with the data CD

			from	To
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management		
		NMVOC	EM1005.46	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.14	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.73	EM1009.75
		NO	EM1009.146	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2,5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.17	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management		
		NMVOC		
		NH <sub>3</sub>		
		N <sub>2</sub> O		
		NO		
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2,5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.92	AI1005PSH.118

## 6.5 Sheep – collective description / Schafe - zusammenfassende Daten

### 6.5.1 Mean animal weight / Mittleres Tiergewicht

IPCC (2006) give contradictory values for sheep live weights. Whereas IPCC (2006)-10.28 mentions 65 kg an<sup>-1</sup>, IPCC (2006)-10.82 states 48.5 kg an<sup>-1</sup>.

For the purpose of this inventory, the mean weight of sheep in Germany could be estimated as follows:

The weight given in IPCC (2006)-10.28 of 65 kg an<sup>-1</sup> is regarded applicable to the German situation (cf. KTBL, 2004, pp. 423 and 425). The final weight of lambs (after fattening) is estimated to 45 kg an<sup>-1</sup> (Jilg, 2009). If one assumes 50 % of this value to be the annual mean weight on each lamb rearing place counted by official census (i. e. 22.5 kg an<sup>-1</sup>) and takes into account a ratio of 2 to 1 between the numbers of adult sheep and lambs, then one gets to a mean sheep weight of ca. 50 kg an<sup>-1</sup>.

As Germany uses a Tier 1 approach at present, these data are not used for emission reporting.

IPCC (2006)- gibt für Schafe unterschiedliche Gewichte an: 65 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.28, 48,5 kg in IPCC (2006)-10.82.

Für dieses Inventar wird das mittlere Schafgewicht in Deutschland wie folgt geschätzt:

Das von IPCC(2006)-10.28 für entwickelte Länder angegebene Gewicht von 65 kg an<sup>-1</sup> wird für Deutschland als zutreffend für erwachsene Schafe angesehen (vgl. KTBL, 2004, S. 423 und S. 425). Mastlämmer können mit einem Endgewicht von 45 kg an<sup>-1</sup> angesetzt werden (Jilg, 2009). Nimmt man davon 50 % als Anhaltspunkt für das mittlere Jahresgewicht je gezählten Lämmerplatz (d. h. 22,5 kg an<sup>-1</sup>), so ergibt sich unter Berücksichtigung eines Tierzahl-Verhältnisses von ca. 2:1 von erwachsenen Tieren zu Lämmern ein mittleres Tiergewicht von ca. 50 kg an<sup>-1</sup>.

Diese Daten gehen wegen der derzeit verwendeten einfachen Methodik aber nicht in die Emissionsberechnung ein.

### 6.5.2 Mean N excretion rate / Mittlere N-Ausscheidungen

The total of N excretions of lambs and sheep without lambs is divided by the total number of sheep:

Die Summe der N-Ausscheidungen von Lämmern und Schafen ohne Lämmer wird durch die Gesamtzahl der Schafe dividiert:

$$m_{\text{excr, mean, sh}} = \frac{n_{\text{la}} \cdot m_{\text{excr, mean, la}} + n_{\text{ew}} \cdot m_{\text{excr, mean, ew}}}{n_{\text{la}} + n_{\text{ew}}} \quad (6.4)$$

where

$m_{\text{excr, mean, sh}}$	mean amount of N excreted by sheep (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{la}}$	number of lambs (in pl)
$m_{\text{excr, mean, la}}$	mean amount of N excreted by lambs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{ew}}$	number of ewes and other adult sheep (in pl)

### 6.5.3 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten

In Table 6.9 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions (latest published results) and German data in this inventory.

In Table 6.9 erfolgt eine Gegenüberstellung effektiver Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist. Die Daten des vorliegenden Inventars werden den zuletzt veröffentlichten der anderen Länder gegenüber gestellt.

Table 6.9: Sheep, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors  
(Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF				
				CH <sub>4</sub> , <sub>ent</sub>	CH <sub>4</sub> , <sub>MM</sub>	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO
				kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	43.00	0.40	13.10	8.00	0.19	0.45		
Belgium	50.00	0.46	7.54	8.00	0.63	0.44		
Czech Republic			20.00	8.00	0.19	0.87		
Denmark	70.00	1.12	16.95	16.26	0.48	0.92		
Germany	50.00	0.40	7.43	8.00	0.22	0.86	0.02	0.002
France		0.40	18.33	9.84	0.28	0.89		
Netherlands			6.93	8.00	0.18		included in other cattle	
Poland	63.00	0.37	6.77	8.16	0.17	1.45		
Switzerland		0.40	8.22	9.95	0.51	1.77		
United Kingdom			5.28	4.68	0.11	0.32		
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries	65 (Tier1) 48,5 (Tier2)	0.40	20.17 <sup>1</sup>	8.00	0.19			
IPCC (2000)-B1090-9			20.00			1.34		
IPCC (1996)-3-4.10, 4.12, 4.47, 4.99, Western Europe, cool region, developed countries	43.00	0.40	20.00	8.00	0.19			
EMEP (2009)-4.B-26, 61			15.5			1.4		0.005

Sources: UNFCCC 2010, Table 4.A, 4.B; EMEP (2010)

<sup>1</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

Germany uses default VS excretions, as most other countries do.

N excretions of sheep in Europe are compiled in Table 6.9. They show a very wide variation which cannot be explained. Only the Czech Republic uses the IPCC default N excretion of 20 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (IPCC(1996)-3-4.99).

The CH<sub>4</sub> emission factor used for enteric fermentation is the default value. It is obvious from Table 6.9 that this value may underestimate emissions in developed countries in Western Europe.

For CH<sub>4</sub> from manure management, the emission factor derived is somewhat larger than the default value, but considerably smaller than that used in Denmark and Switzerland.

For NH<sub>3</sub>, the implied emission factor is in the middle of the range of the neighbouring countries.

Deutschland nutzt wie die meisten anderen Staaten den default-Wert für VS-Ausscheidungen.

Der Vergleich der N-Ausscheidungen von Schafen in Europa in Table 6.9 zeigt deutliche und kaum erklärbare Unterschiede. Nur die Tschechische Republik verwendet den IPCC-default-Wert von 20 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (IPCC(1996)-3-4.99).

Der für die Rechnungen verwendete CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor für Emissionen aus der Verdauung ist in den meisten Fällen der default-Faktor (Table 6.9) für entwickelte Staaten in Westeuropa.

Für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management wurde ein Emissionsfaktor ermittelt, der etwas über dem default-Wert liegt, aber deutlich kleiner als der von Dänemark und der Schweiz ist.

Bei den NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren bewegt sich der deutsche Wert im Mittelfeld der Nachbarländer.

#### 6.5.4 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 6.10: Sheep, collective description, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.14	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.14	
		NM VOC	EM1005.48	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.16	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.79	EM1009.81
		NO	EM1009.148	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.19	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.14	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.14	
		NM VOC	IEF1005.44	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.13	
		N <sub>2</sub> O	IEF.1009.67	IEF.1009.69
		NO	IEF1009.111	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.90	AI1005PSH.125

## 6.6 Goats / Ziegen

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 6.11.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.11 zusammengestellten Verfahren.

Table 6.11: Goats, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				Activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC	national	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	1	IPCC	national	national	1 a
NMVO	manure management					
NH <sub>3</sub>	manure management	1	EMEP	national	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	1	IPCC	national	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

### 6.6.1 Animal number and animal performances / Tierzahlen und Leistungsdaten

#### 6.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers for goats are not included in the German agricultural statistics.

Official estimates of these numbers are provided by the Federal Ministry of Consumer Protection, Nutrition and Agriculture, since 2005 by Statistisches Bundesamt Deutschland (German national statistics).

Until further notice, the numbers estimated for 2006 will be extrapolated without change (agreement with German national statistics).

The animal numbers are reported as ten thousands of animals, which in itself contains an uncertainty of about 7 %. For this inventory, an uncertainty (standard error) of 10 % is assumed, distribution normal.

Tierzahlen für Ziegen werden in der deutschen Agrarstatistik nicht erfasst.

Stattdessen wird die offizielle Schätzung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, seit 2005 die des Statistischen Bundesamtes verwendet.

In Abstimmung mit dem Statistischen Bundesamt werden die für 2006 geschätzten Zahlen bis auf Weiteres unverändert fortgeschrieben.

Die Angaben erfolgen in zehntausenden Tieren. Hierin begründet sich bereits eine Unsicherheit von etwa 7 %. Angenommen wird für dieses Inventar eine Unsicherheit (Standardfehler) von 10 % bei normaler Verteilung.

#### 6.6.1.2 Production details and animal performance / Tierhaltung und Leistungsdaten

No performance data is available.

IPCC (2006) reports contradictory weights for goats, 40 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.28 and 38.5 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.82. The weight of 40 kg appears to be applicable to the German situation. However, due to the use of a Tier 1 approach, the animal weight is not used to perform emission calculations at present.

In the house sheep are kept on bedding. Leachate is not formed.

Leistungsdaten sind nicht verfügbar.

IPCC (2006) gibt für Ziegen unterschiedliche Gewichte an: 40 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.28, 38,5 kg an<sup>-1</sup> in IPCC (2006)-10.82. Für deutsche Verhältnisse erscheinen 40 kg pro Tier angemessen. Das Ziegen-gewicht geht aber derzeit nicht in die deutschen Emissionsberechnungen ein, da ein Stufe-1-Verfahren verwendet wird.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden. Jauchebildung findet nicht statt.

### 6.6.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2.1). The emission factor is  $EF_{CH_4, \text{ent, go}} = 5 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Es handelt sich um ein Stufe-1-Verfahren, s. Kapitel 3.3.2.1). Zur Berechnung wird der default-Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, \text{ent, go}} = 5 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  herangezogen (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).



According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30\%$  and may be uncertain to  $\pm 50\%$ .

The inventory assumes an uncertainty of  $30\%$  which is interpreted as the standard error.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als  $30\%$ , wobei auch Werte bis  $50\%$  für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von  $30\%$  ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 6.6.3 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.4.3.3.

The calculation procedure is based on default VS excretion. IPCC (1996), Table B-7, recommends a default VS excretion rate of  $0.28 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , while according to Table 10A-9 in IPCC (2006) the default VS excretion is  $0.30 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

IPCC 2006, Table 10.15, gives a default emission factor of  $0.13 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ , which reflects all-year-round grazing as can be recalculated from the data set provided in Table 10A-9. Doing so, one also realizes that the IPCC 1996 default emission factor is incorrect ( $0.12 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ).

This inventory makes use of the default VS excretion rate and default  $B_0$  listed in IPCC 2006, Table 10A-9 and combines them with German manure management system frequency distributions.

Methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factors  $MCF$  for the relevant husbandry systems (see Chapter 6.6.5) are listed in Table 6.12.

Zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.4.3.3.

Das Rechenverfahren verwendet default-VS-Ausscheidungen. IPCC (1996), Table B-7, empfiehlt eine Standard-VS-Ausscheidungsrate von  $0.28 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ; IPCC (2006), Table 10A-9 gibt  $0.30 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  an.

IPCC 2006 gibt in Tabelle 10.15 einen Standard-Emissionsfaktor von  $0.13 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ . Bei Vergleich mit den in Tabelle 10A-9 angegebenen Daten ist zu erkennen, dass dabei ganzjähriger Weidegang vorausgesetzt wird. Die Rückrechnung ergibt, dass der Standard-Emissionsfaktor in IPCC 1996 ( $0.12 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ) nicht nachvollziehbar ist.

Dieses Inventar benutzt daher die Standard-VS-Ausscheidung und das Standard- $B_0$  wie in IPCC 2006, Tabelle 10A-9, und kombiniert sie mit nationalen Daten für das Wirtschaftsdünger-Management.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  für die relevanten Haltungsverfahren (siehe Kapitel 6.6.5) sind in Table 6.12 aufgelistet.

Table 6.12: Goats, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions

maximum methane producing capacity $B_0$	0.18	$\text{m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$
$MCF$ solid storage	0.02	$\text{kg kg}^{-1} \text{ C}$
$MCF$ deep litter	temperature dependent, 0.010 to 0.011	$\text{kg kg}^{-1} \text{ C}$
$MCF$ pasture/range	0.01	$\text{kg kg}^{-1} \text{ C}$

Source: IPCC(2006)-10.82 f and 10.44 ff

For the temperatures needed to calculate of temperature-dependent  $MCF$  see Chapter 15.1.

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of  $30\%$ . It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Auf die zur Berechnung der temperaturabhängigen  $MCF$  benötigten Temperaturen geht Kapitel 15.1 ein.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von  $30\%$  an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 6.6.4 *NMVOC emissions / NMVOC-Emissions*

No procedure to assess NMVOC emissions from goats is available.

Für die Berechnung der NMVOC-Emissionen aus der Ziegenhaltung ist kein Verfahren verfügbar.

#### 6.6.5 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

The data on N excretion available for Germany is  $11 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  for all goats (LfL, 2004a). All calculations are based on this figure. A fraction of 50 % of the nitrogen excreted is assumed to be TAN (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

It is assumed that 50 % of the animals are housed permanently, whereas 50 % are grazing all day (grazing period:  $250 \text{ d a}^{-1}$ ). (Source: Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof).

N input with bedding (straw) is taken into account. Like for adult sheep, the amount of straw is assumed to be  $0.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage. (The properties of straw are given in Chapter 3.6.)

The manure is stored in a heap. The inventory assumes that there is no incorporation after application.

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  in the storage are described in Chapter 3.5.2.2.4.

According to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, the  $\text{NH}_3$  emission factors of sheep are adopted, see Chapter 6.2.5. For emission factors of  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  see also Chapter 6.2.5.

Offiziell verfügbare deutsche Zahlen (LfL, 2004a) sehen für alle Ziegen eine einheitliche Ausscheidung von  $11 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  vor. Dieser Wert wird in den Rechnungen verwendet. Der TAN-Gehalt wird mit 50 % angesetzt (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Es wird angenommen, dass 50 % der Ziegen nur im Stall sind, 50 % ganztägig auf der Weide. Die Weideperiode beträgt  $250 \text{ d a}^{-1}$ . (Quelle: Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt:  $0,4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh wie für erwachsene Schafe. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren. (Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.6.)

Der Mist wird im Haufen gelagert. Das Inventar geht davon aus, dass keine Einarbeitung nach der Ausbringung erfolgt.

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

Entsprechend EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, werden die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren von Schafen übernommen, siehe Kapitel 6.2.5. Für die Emissionsfaktoren von  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe ebenfalls Kapitel 6.2.5.

#### 6.6.6 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

#### 6.6.7 *Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten*

In Table 6.13 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions (latest published results) and German data in this inventory.

Almost without exception, the calculation of emissions rely on the use of default values.

In Table 6.13 erfolgt eine Gegenüberstellung effektiver Emissionsfaktoren (IEF) und emissions erklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist. Die Daten des vorliegenden Inventars werden den zuletzt veröffentlichten der anderen Länder gegenüber gestellt.

Die Berechnungen der Emissionen beruhen fast ausschließlich auf default-Werten.

Table 6.13: Goats, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors  
(Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF				
				CH <sub>4</sub> , ent	CH <sub>4</sub> , MM	NH <sub>3</sub>	N <sub>2</sub> O	NO
				kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	30.00	0.28	12.30	5.00	0.12	0.46		
Belgium	50.00	0.55	8.41	5.00	0.73	1.11		
Czech Republic			25.00	5.00	0.12	0.59		
Denmark	60.00	1.07	16.32	13.05	0.44	1.05		
Germany	40.00	0.30	11.00	5.00	0.22	2.09	0.04	0.0054
France		0.28	25.00	11.82	0.18	0.86		
Netherlands			9.37	5.00	0.34	included in other cattle		
Poland	30.00	0.28	6.70	5.00	0.12	included in other livestock		
Switzerland		0.28	10.49	9.90	0.43	2.28		
United Kingdom			20.60	5.00	0.12			
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries	40 (Tier 1) 38.50 (Tier 2)	0.30	18.69 <sup>1</sup>	5.00	0.13			
IPCC (2000)-B1090-9			20.00			1.34		
IPCC (1996)-3-4.10, 4.12, 4.47, Western Europe, cool region, developed countries	30.00	0.28		5.00	0.12			
EMEP (2009)-4.B-26			15.5					

Sources: UNFCCC 2010, Table 4.A, 4.B; EMEP (2010)

<sup>1</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight

#### 6.6.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 6.14: Goats, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.15	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.15	
		NMVOC		
		NH <sub>3</sub>	EM1009.17	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.82	EM1009.84
		NO	EM1009.149	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.20	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.15	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.15	
		NMVOC		
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.14	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.70	IEF1009.72
		NO	IEF1009.112	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005GBU.01	AI1005GBU.04

## 7 Horses, mules and asses / Pferde, Maultiere und Esel

### 7.1 Horses, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei Pferden

Horses, mules and asses are not a key source for any of the greenhouse gases to be reported.

However, horses are a key source for ammonia (CEIP/EEA, 2008).

Thus, the inventory goes along with the recommendation of IPCC(2006)-10.08 to form subcategories, wherever possible and useful.

The horses kept in Germany can be subdivided into heavy horses (see Chapter 7.2) and light horses (see Chapter 7.3). The latter subcategory includes ponies.

Pferde, Maultiere und Esel sind keine Hauptquellgruppe für eines der zu berichtenden Treibhausgase.

Pferde sind nach CEIP/EEA (2008) eine Hauptquellgruppe für Ammoniak.

Das Inventar folgt deshalb der Empfehlung, Subkategorien einzuführen, wenn dies möglich und dienlich ist (IPCC(2006)-10.08).

Die in Deutschland gehaltenen Pferde lassen sich sinnvoll in Großpferde einerseits (siehe Kapitel 7.2) und Kleinpferde und Ponys andererseits (siehe Kapitel 7.3) unterteilen.

#### 7.1.1 Activity data and animal behaviour / Aktivitätsdaten und Tierverhalten

##### 7.1.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Only those horses which are reported in the agricultural census are considered (see Chapter 7.2.1.1 and 7.3.1.1). The agricultural census only records animals that are kept on registered farms.

In general, data gaps are closed by adopting the last value reported by official statistics.

For all Federal States, the 2005 census reported only the total number of ponies and heavy horses. Separate numbers of ponies and heavy horses were derived using the ratio of heavy to light horses given for 2003.

The uncertainty of the animal numbers is assumed to be 5 % (standard error), with normal distribution.

Erfasst werden lediglich diejenigen Pferde, die in den landwirtschaftlichen Statistiken ausgewiesen werden (s. Kapitel 7.2.1.1 und 7.3.1.1). Die landwirtschaftliche Statistik erfasst nur Pferde in landwirtschaftlichen Betrieben.

In der Regel werden Datenlücken durch Fortschreiben des letzten berichteten Wertes geschlossen.

2005 wurde für alle Bundesländer nur die Gesamtzahl von Ponys und Kleinpferden berichtet. Diese Zahl wurde aufgeteilt, indem das Verhältnis von Pony- zu Großpferdezahl von 2003 zugrunde gelegt wurde.

Die Unsicherheit der Tierzahlen wird mit 5 % (Standardfehler) bei normaler Verteilung geschätzt.

##### 7.1.1.2 Animal behaviour and grazing data / Tierverhalten und Weidehaltungsdaten

For all horses the duration of the grazing period is assumed to be 180 d a<sup>-1</sup>, with a daily grazing time of 10 h d<sup>-1</sup>.

Für alle Pferde wird von einer Weideperiode von 180 d a<sup>-1</sup> mit einer täglichen Weidedauer von 10 h d<sup>-1</sup> ausgegangen.

#### 7.1.2 Methane from manure management – characteristic values / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management - charakteristische Größen

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 equation, see Chapter 3.4.3.3.

For the input data used for the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the  $MCF$  see the subsequent table. For the VS excretion used see the respective subchapters for heavy horses and light horses/Ponies.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird die Gleichung des Stufe-2-Verfahrens verwendet, s. Kapitel 3.4.3.3.

Zu den verwendeten Daten für die maximale Methan-Produktionskapazität  $B_0$  und den  $MCF$  siehe nachfolgende Tabelle. Zur VS-Ausscheidung siehe entsprechendes Unterkapitel bei den Großpferden sowie bei den Kleinpferden und Ponys.

Table 7.1: Horses, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (MCF)

maximum methane producing capacity $B_0$	0.3	$\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{CH}_4$
MCF solid storage	0.02	$\text{kg kg}^{-1} \text{C}$
MCF pasture/range	0.01	$\text{kg kg}^{-1} \text{C}$
Source: IPCC(2006)-10.82 f and 10.44 ff		

### 7.1.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The emission factors of N species do not depend on which horse category is considered.

The  $\text{NH}_3$  emission factors for grazing ( $0.35 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ) and housing ( $0.22 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ) are taken from EMEP(2009)-4B-26. They relate to TAN.

For storage, the data given for cattle (cf. Table 4.2)  $0.6 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (solid manure/heap) bzw.  $0.014 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (leachate/solid cover) are adopted. They relate to TAN.

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  in the storage are described in Chapter 3.5.2.2.4.

For spreading it is assumed that both solid manure and leachate are applied to bare arable land without incorporation. It is assumed that the emission factors used for cattle can be adopted. This leads, according to Table 4.8 and Table 4.9, to  $\text{NH}_3$  emission factors of  $0.9 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (solid manure) and  $0.20 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (leachate), both related to TAN.

The  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is provided by IPCC(2006)-10.62ff:  $0.005 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ . For NO and  $\text{N}_2$  the emission factors are derived from the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors, see Chapter 3.5.2.2.3. The derived emission factors for NO and  $\text{N}_2$  are  $0.0005$  and  $0.015 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ , respectively. The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

Irrespective of any animal category, EMEP (2007)-B1090-19 assumes an uncertainty of 30 % for  $\text{NH}_3$  emission factors.

If one considers N fluxes as in Chapter 14.3.1, a Gaussian error propagation calculation leads to an uncertainty of 16.5 %. A normal distribution is assumed.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$  and NO are likely to be in the correct order of magnitude. IPCC(2006)-10.66 give a range of uncertainty of -50 bis +100 %.

Again, if one considers N fluxes as in Chapter 14.3.1, a Gaussian error propagation calculation leads to an uncertainty of 53 %. A normal distribution is assumed.

Bei den Emissionsfaktoren von N-Spezies wird nicht nach Groß- und Kleinpferden unterschieden.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Weide ( $0,35 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ) und Stall ( $0,22 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ), jeweils bezogen auf TAN, werden EMEP(2009)-4B-26 entnommen.

Für das Lager werden wie bei den Rindern (vergl. Table 4.2)  $0,6 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (Misthaufen) bzw.  $0,014 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (abgedeckter Jauchehälter), bezogen auf TAN, angenommen.

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

Für die Ausbringung wird angenommen, dass sowohl Mist als auch Jauche ohne Einarbeitung auf unbedeckte Ackerflächen ausgebracht werden, und dass die Emissionsfaktoren von den Rindern übernommen werden können (Table 4.8 und Table 4.9). Daraus ergeben sich für die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren nach  $0,9 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (Mist) und  $0,20 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  (Jauche), jeweils bezogen auf TAN.

Der Emissionsfaktor für  $\text{N}_2\text{O}$  sind IPCC(2006)-10.62ff entnommen ( $0,005 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ ), für NO und  $\text{N}_2$  wird er aus dem  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor abgeleitet, siehe Kapitel 3.5.2.2.3. Entsprechend betragen die Emissionsfaktoren für NO und  $\text{N}_2$   $0,0005$  bzw.  $0,015 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ . Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Unabhängig von der Tierkategorie nimmt EMEP (2007)-B1090-19 30 % Unsicherheit für die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren an.

Unter Berücksichtigung des N-Fluss-Schemas (s. Kapitel 14.3.1) erhält man mit der Gaußschen Fehlerrechnung eine Unsicherheit von 16,5 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$  und NO sind wahrscheinlich größenordnungsmäßig richtig. IPCC(2006)-10.66 gibt einen Fehlerbereich von -50 bis +100 % an.

Unter Berücksichtigung des N-Fluss-Schemas (s. Kapitel 14.3.1) lässt sich für  $\text{N}_2\text{O}$  eine Unsicherheit von 53 % annehmen (Normalverteilung).

#### 7.1.4 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

For light horses and ponies, no specific emission factors are reported.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2009)-4B-17).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Es existieren keine separaten Emissionsfaktoren für Kleinpferde und Ponys.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt (EMEP(2009)-4B-17).

Table 7.2: Horses and mules/asses, emission factors for particle emissions from housing

Animal category	Housing type	Emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	Emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Horses, mules, asses	solid	0.18	0.12

Source: EMEP(2009)-4B-17, Table 3-4

#### 7.1.5 *Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management / Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management are described in Chapters 14.3 to 14.5.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 14.3 bis 14.5 beschrieben.

## 7.2 Heavy horses / Großpferde

All horses whose size as measured from the top of the withers to the ground exceeds 14 hands or 148 cm are called heavy horses.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 7.3.

Großpferde sind alle Pferde mit einem Stockmaß von 148 cm und mehr.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.3 zusammengestellten Verfahren.

Table 7.3: Heavy horses, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
NM VOC	manure management					
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

### 7.2.1 Activity and performance data, energy requirements / Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf

#### 7.2.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the Statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4). For uncertainty of animal numbers see Chapter 7.1.1.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4). Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 7.1.1.

#### 7.2.1.2 Animal performance and energy requirements / Leistungsdaten und Energiebedarf

The mean weight is assumed to be 550 kg an<sup>-1</sup>. This assumption is, due to the simple calculation methods used, without influence on the emission results.

“Occasional work“ is typical for heavy horses. Such horses have a gross energy intake of 110 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (Blum, 2002) and an intake of metabolisable energy of 89 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (DLG, 2005, pg. 54).

Als mittleres Gewicht wird ein Wert von 550 kg an<sup>-1</sup> angesetzt. Diese Annahme ist wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden aber ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

Typisch für Großpferde ist “leichte Arbeit”. Solche Pferde haben eine Gesamtenergieaufnahme von 110 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (Blum, 2002) und eine Aufnahme von umsetzbarer Energie von 89 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (DLG, 2005, S. 54).

### 7.2.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

According to IPCC(1996)-4.10 and IPCC(2006)-10.28, the default emission factor for enteric fermentation of horses is 18 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>, and is given for a mean weight of 550 kg an<sup>-1</sup>.

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than ± 30 % and may be uncertain to ± 50 %.

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Nach IPCC(1996)-4.10 und IPCC(2006)-10.28 beträgt der Default-Wert für die Emission aus der Verdauung 18 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> für Pferde, für die ein mittleres Gewicht von 550 kg an<sup>-1</sup> unterstellt wird

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 7.2.3 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.4.3.3.

The calculation procedure is based on default VS excretion: 2.13 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> according to IPCC(2006)-10.82.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  are listed in Table 7.1 (Chapter 7.1.2).

A Tier 2 approach is used linking emissions to VS excretion rates. Solid manure is treated in the same way as for other herbivores.

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) falls slightly below that of IPCC 1996. The methane conversion factor for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996), the  $MCF$  for pasture equals that of IPCC (1996). The resulting German CH<sub>4</sub> emission exceeds that obtained from the application of IPCC 1996 parameters.

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.4.3.3) angewandt.

Das Rechenverfahren verwendet default-VS-Ausscheidungen: 2,13 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> nach IPCC(2006)-10.82.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  sind in Table 7.1 (Kapitel 7.1.2) aufgelistet.

Ein Stufe-2-Ansatz verbindet die Emissionen mit VS-Ausscheidungen. Festmist wird dabei so behandelt wie bei den übrigen Pflanzenfressern.

Die in IPCC (2006) angegebenen maximale Methan-Freisetzungskapazität ist ein wenig geringer als die in IPCC (1996) vorgeschlagene. Der in IPCC (2006) angegebene Methan-Umwandlungsfaktor für Festmist ist größer als der in IPCC (1996); für Weidegang geben beide Richtlinien den gleichen Wert. Die resultierenden deutschen CH<sub>4</sub>-Emissionen sind größer als die bei Anwendung von IPCC (1996) berechneten..

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

### 7.2.4 *NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen*

No procedure to assess NMVOC emissions from horses is available.

Für die Berechnung der NMVOC-Emissionen aus der Pferdehaltung ist kein Verfahren verfügbar.

### 7.2.5 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

According to DLG (2005), pg 55, saddle-horses with a weight of 500 to 600 kg an<sup>-1</sup> with mixed stabling and grazing and occasional work excrete 53.6 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. A fraction of 0.6 kg kg<sup>-1</sup> is assumed to be TAN (EMEP(2009)- 4B-26).

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.6. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

In the Inventory, the amount of straw is 8 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (KTBL, 2006b, pg. 640) or 34.4·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (17.2·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN, respectively).

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> in the storage are described in Chapter 3.5.2.2.4.

For the emission factors see Chapter 7.1.3.

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitpferden bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht 500 bis 600 kg an<sup>-1</sup>) und leichter Arbeit 53,6 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N ausgeschieden. Der TAN-Anteil beträgt 0,6 kg kg<sup>-1</sup> (EMEP(2009)- 4B-26).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.6. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu beträgt im Inventar 8 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh (KTBL, 2006b, S. 640) bzw. 34,4·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (entsprechend 17,2·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN).

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.1.3.



### 7.2.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2007) B1100).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt.

### 7.2.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 7.4: Heavy horses, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.16	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.16	
		NMVOC		
		NH <sub>3</sub>	EM1009.18	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.85	EM1009.87
		NO	EM1009.150	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.21	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.16	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.16	
		NMVOC		
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.15	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.73	IEF1009.75
		NO	IEF1009.113	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.126	AI1005PSH.134

### 7.3 Light horses and ponies / Kleinferde und Ponys

All horses whose size as measured from the top of the withers to the ground falls below 14 hands or 148 cm are called light horses.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 7.5.

Kleinferde und Ponys sind dabei alle Pferde mit einem Stockmaß von weniger als 148 cm.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.5 zusammengestellten Verfahren.

Table 7.5: Light horses and ponies, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	district	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
NM VOC	manure management					
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

#### 7.3.1 Activity and performance data, energy requirements / Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf

##### 7.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are provided by the Statistical offices of the Länder (StatLA C III 1 – vj 4). For uncertainty of animal numbers see Chapter 7.1.1.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4). Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 7.1.1.

##### 7.3.1.2 Animal performance and energy requirements / Leistungsdaten und Energiebedarf

IPCC 1996 and 2006 fail to provide an adequate default emission factor for light horses and ponies.

The definition of horses given in IPCC 1996 and 2006 applies to heavy horses (size, weight, energy requirements). This inventory differentiates light horses and ponies with respect to their different properties. In order to derive emission factors the ratio between GE intakes and emission factors is assumed to be constant (see above).

The mean weight of light horses is assumed to be 300 kg an<sup>-1</sup>. However, this assumption is, due to the simple calculation methods used, without influence on emission results.

“Occasional work“ is typical for light horses. Such horses have metabolisable energy requirements of 57.5 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (DLG, 2005, pg. 54).

Weder IPCC 1996 noch IPCC 2006 erlauben eine adequate Beschreibung von Kleinpferden und Ponys.

Die in IPCC 1996 und 2006 verwendeten Definitionen (Größe, Gewicht, Energiebedarf) beziehen sich ausschließlich auf Großpferde. Dieses Inventar differenziert zwischen Groß- und Kleinpferden angesichts der Unterschiede in diesen Eigenschaften. Dabei wird ein proportionaler Zusammenhang zwischen GE-Aufnahme und Emissionsfaktor angenommen.

Als mittleres Gewicht für Kleinpferde wird ein Wert von 300 kg an<sup>-1</sup> angesetzt. Diese Annahme ist wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden aber ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

Typisch für Kleinpferde ist “leichte Arbeit”. Solche Pferde haben einen Bedarf an umsetzbarer Energie von 57,5 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (DLG, 2005, S. 54).

#### 7.3.2 Methane from enteric fermentation / Methane aus der Verdauung

According to the ratio of digestible energy requirements for light horses and ponies (see Chapter 7.3.1.2), a reduced energy intake (two thirds of heavy horses) is assumed and a reduced emission factor of

Entsprechend dem Verhältnis im Bedarf an verdaulicher Energie (siehe Kapitel 7.3.1.2) wird für Kleinpferde und Ponys eine gegenüber Großpferden um ein Drittel geringere Energieaufnahme und ent-

12 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> is used.

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30\%$  and may be uncertain to  $\pm 50\%$ .

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

### 7.3.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.4.3.3.

The VS excretion rate is derived from that of heavy horses (see Chapter 7.2.3) according to the reduction of the energy input (see Chapter 7.3.1.2) and amounts to 1.38 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> VS.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  are listed in Table 7.1 (Chapter 7.1.2).

The maximum methane producing capacity provided by IPCC (2006) falls slightly below that of IPCC 1996. The methane conversion factor for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996), the  $MCF$  for pasture equals that of IPCC (1996). The resulting German CH<sub>4</sub> emission exceeds that obtained from the application of IPCC 1996 parameters.

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

### 7.3.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

No procedure to assess NMVOC emissions from horses is available.

### 7.3.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

According to DLG (2005), pg 55, light horses with a weight of 300 kg an<sup>-1</sup> with mixed stabling and grazing and occasional work excrete 33.4 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. 0.40 kg kg<sup>-1</sup> are assumed to be TAN. A fraction of 0.6 kg kg<sup>-1</sup> is assumed to be TAN (EMEP(2009)- 4B-26).

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.6. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

sprechend ein Emissionsfaktor von 12 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> angenommen.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.4.3.3) angewandt.

Die VS-Ausscheidungen werden analog zur Reduktion des Energiebedarfs (siehe Kapitel 7.3.1.2) aus den VS-Ausscheidungen der Großpferde (siehe Kapitel 7.2.3) abgeleitet und betragen 1,38 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> VS.

Die maximale Methan-Freisetzungs Kapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  sind in Table 7.1 (Kapitel 7.1.2) aufgelistet.

Die in IPCC (2006) angegebenen maximale Methan-Freisetzungs Kapazität ist ein wenig geringer als die in IPCC (1996) vorgeschlagene. Der in IPCC (2006) angegebene Methan-Umwandlungsfaktor für Festmist ist größer als der in IPCC (1996); für Weidegang geben beide Richtlinien den gleichen Wert. Die resultierenden deutschen CH<sub>4</sub>-Emissionen sind größer als die bei Anwendung von IPCC (1996) berechneten..

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

Für die Berechnung der NMVOC-Emissionen aus der Pferdehaltung ist kein Verfahren verfügbar.

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitponys bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht 300 kg an<sup>-1</sup>) und leichter Arbeit 33,4 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N ausgeschieden. Der TAN-Anteil beträgt 0,6 kg kg<sup>-1</sup> (EMEP (2009)- 4B-26).

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.6. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des La-

Due to lack of data, assumptions have to be made for the amount of bedding material. In relation to the amount used with heavy horses (8 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> straw), 5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> straw containing 21.5·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N or 10.8·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN are used.

Immobilisation of TAN and mineralisation of N<sub>org</sub> in the storage are described in Chapter 3.5.2.2.4.

For the emission factors see Chapter 7.1.3.

gers zu TAN mineralisieren.

In Ermangelung von Daten wird für die Menge der Einstreu (in Relation zu 8 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> bei Großpferden) 5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Stroh bzw. 21,5·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N angenommen (entsprechend 10,8·10<sup>-3</sup> kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> TAN).

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.1.3.

### 7.3.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2007) B1100).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt.

### 7.3.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 7.6: Light horses and ponies, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.17	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.17	
		NMVOC		
		NH <sub>3</sub>	EM1009.19	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.88	EM1009.90
		NO	EM1009.151	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.22	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.17	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.17	
		NMVOC		
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.16	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.76	IEF1009.78
		NO	IEF1009.114	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.135	AI1005PSH.143

## 7.4 Horses – collective description / Pferde - zusammenfassende Daten

### 7.4.1.1 Animal weight / Tiergewicht

The mean weight of all horses is derived from the weights of heavy horses and light horses weighed with the respective animal numbers. The mean weight varies only very slightly with time. Averaging over the years from 1990 to 2009 yields 490 kg a<sup>-1</sup>. This value is, due to the simple calculation methods used, without influence on the emission results.

Das mittlere Gewicht aller Pferde ergibt sich aus der mit den Tierzahlen gewichteten Mittelung der Gewichte von Großpferden sowie Kleinpferden und Ponys. Die zeitliche Variation des mittleren Gewichtes ist sehr gering. Der Mittelwert über die Jahre 1990 bis 2009 beträgt 490 kg a<sup>-1</sup>. Dieser Wert ist wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

### 7.4.1.2 Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen

The total of VS and N excretions is divided by the total number of horses:

Die Summe aller VS- und N-Ausscheidungen wird durch die Gesamtzahl der Pferde dividiert:

$$VS_{\text{mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot VS_{\text{mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot VS_{\text{mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad (7.1)$$

$$m_{\text{excr, mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot m_{\text{excr, mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot m_{\text{excr, mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad (7.2)$$

where

$VS_{\text{mean, horses}}$	mean amount of VS excreted by horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> VS)
$n_{\text{ho}}$	number of heavy horses (in pl)
$VS_{\text{mean, ho}}$	mean amount of V excreted by heavy horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$VS_{\text{mean, po}}$	mean amount of V excreted by light horses and ponies (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{po}}$	number of light horses and ponies (in pl)
$m_{\text{excr, mean, horses}}$	mean amount of N excreted by horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr, mean, ho}}$	mean amount of N excreted by heavy horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr, mean, po}}$	mean amount of N excreted by light horses and ponies (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

### 7.4.1.3 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) mit denen benachbarter Staaten

In Table 7.7 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions (latest published results) and German data in this inventory.

In Table 7.7 erfolgt eine Gegenüberstellung effektiver Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärender Variablen für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist. Die Daten des vorliegenden Inventars werden den zuletzt veröffentlichten der anderen Länder gegenüber gestellt.

Germany calculates a VS excretion which is marginally lower than the IPCC default value and comparable to that reported by other countries (except for the Danish and Belgian values which cannot be explained).

Die deutsche VS-Ausscheidung liegt im üblichen Rahmen (abgesehen von den an dieser Stelle nicht nachvollziehbaren dänischen und belgischen Werten) und dabei etwas niedriger als der default-Wert von IPCC.

For N excretions some states use the default N excretion value of 50 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (EMEP(2007)-B1090-9, Table 4.1) or obviously half the default N excretion value. In comparison to calculated N excretions of neighbouring countries the German value is in the middle of the N excretions reported.

Einige Staaten verwenden für die N-Ausscheidungen den default-Wert von 50 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (EMEP(2007)-B1090-9, Table 4.1) oder offensichtlich die Hälfte des default-Wertes. Im Vergleich zu den Staaten, die die N-Ausscheidungen berechnen, liegt Deutschland im mittleren Bereich.

The comparison of the implied emission factors

Die resultierenden Emissionsfaktoren für CH<sub>4</sub> aus

for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation with those of neighbouring countries reveals that German data fall below all other data. This results from the fact that a considerable number of German horses is rated as light horses or ponies, while the data underlying the respective emission factor default value definitely applies to heavy horses only.

CH<sub>4</sub> emission factors from manure management and NH<sub>3</sub> emission factors differ considerably between the various states.

der Verdauung sind in Deutschland geringer als in benachbarten Länder. Dies ergibt sich daraus, dass in Deutschland eine erheblicher Anteil der Pferde aus Kleinpferden und Ponys besteht, während die den default-Werten zu Grunde liegenden Leistungsdaten nur für Großpferde zutreffen.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren für Wirtschaftsdünger-Management und die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren der einzelnen Staaten unterscheiden sich erheblich.

Table 7.7: Horses, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors (Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF				
				CH <sub>4,ent</sub> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	CH <sub>4,MM</sub> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	NO kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
Austria	238	1.72	47.90	18.00	1.24	5.1		
Belgium	500	5.00	58.84	18.00	3.46	3.3		
Czech Republic			25.00	18.00	1.39	8.1		
Denmark	600	3.65	39.56	21.81	2.95	4.7		
Germany	490	1.96	49.01	16.64	2.58	17.7	0.40	0.054
France		1.72	25.00	21.80	2.09	7.2		
Netherlands			49.17	18.00	2.85	32.0		
Poland	238	1.72	28.03	18.00	1.39	9.7		
Switzerland		1.72	43.67	22.62	1.39	13.1		
United Kingdom			50.00	18.00	1.40	12.7		
IPCC (2006)-10.28, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed	550 (Tier 1) 377 (Tier 2)	2.13	52.20 <sup>1</sup>	18.00	1.56			
IPCC (2000)-B1090-9			50.00			8.0		
IPCC (1996)-3-4.10, 4.12, 4.47, Western Europe, cool region, developed countries	238	1.72		18.00	1.39			
EMEP (2009)-4.B.-26, 62			47.5			14.8		0.131
Sources: UNFCCC 2010, Table 4.A, 4.B; EMEP (2010)								
<sup>1</sup> calculated according to IPCC (2006) using the IPCC default animal weight								

#### 7.4.2 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 7.8: Horses, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.18	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.18	
		NM VOC		
		NH <sub>3</sub>	EM1009.20	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.91	EM1009.93
		NO	EM1009.152	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.14	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.38	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.23	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.18	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.18	
		NM VOC		
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.17	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.79	IEF1009.81
		NO	IEF1009.115	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.13	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.35	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.144	AI1005PSH.161

## 7.5 Mules and asses / Maultiere und Esel

Due to their small populations and the lack of importance, mules and asses are not registered in the German official statistics. National animal numbers have to be obtained from the “Interessengemeinschaft Esel und Maultiere” (IGEM) <sup>14</sup>.

Information on management systems and animal performance data are not available also.

This inventory follows the recommendations of the Expert Review Team (Centralized Review 2008; UNFCCC, 2009b) to treat mules and asses in the same way as light horses and ponys.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 7.5.

Maultiere und Esel werden wegen ihrer geringen Verbreitung und Bedeutung in Deutschland nicht durch die offiziellen Statistiken erfasst, so dass auf die nationalen Tierzahlen der Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere (IGEM) <sup>14</sup> zurückgegriffen werden muss.

Beschreibungen von Haltungsformen und Leistungsdaten sind ebenfalls nicht verfügbar.

Dem Vorschlag des Expert Review Teams im Centralized Review 2008 (UNFCCC, 2009b) folgend werden Maultiere und Esel im Inventar wie Kleinpferde behandelt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.5 zusammengestellten Verfahren.

Table 7.9: Mules and asses, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national	national	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	national	national	1 a
NM VOC	manure management					
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	national	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	national	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

### 7.5.1 Activity and performance data, energy requirements /Aktivitäts- und Leistungsdaten, Energiebedarf

#### 7.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Due to lack of official data, it is not possible to establish a times series of animal numbers. According to the “Interessengemeinschaft Esel und Maultiere” (IGEM) as communicated by Deutsches Eselstammbuch (private communication, 2003) the number of asses were 6000 to 8000 and the number of mules about 500. More recent data (IGEM, B. Schmutz, private communication, September 2009) suggest remarkably lower animal numbers which, however, are highly uncertain. Hence, this inventory is based on the assumption of 8500 mules and asses. This number is assumed to be constant within the period of reporting due to lack of information.

The uncertainty of the animal numbers used is unknown.

This inventory presupposes a lognormal distribution of animal numbers. The application of a factor of 2 to define the upper limit of the 95 % confidence interval means that the difference between upper limit and the animal number applied is 100 %. The difference between the lower limit and the animal number

Tierzahlen für Esel und Maultiere werden in der deutschen Agrarstatistik nicht erfasst. Daher ist keine Zeitreihe verfügbar. Nach Angaben der Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere (IGEM) beläuft sich für 2003 die Zahl der in Deutschland gehaltenen Tiere auf etwa 6000 bis 8000 Esel und ca. 500 Maultiere und Maulesel (Deutsches Eselstammbuch, 2003, persönliche Mitteilung). Neuere Zahlen aus dem Deutschen Eselstammbuch liegen deutlich niedriger, weisen aber große Unsicherheiten auf (IGEM, B. Schmutz, persönliche Mitteilung, September 2009). Daher wird vorerst zeitlich konstant die Anzahl der Esel und Maultiere mit 8500 angenommen.

Die Unsicherheit der verwendeten Tierzahl ist nicht bekannt. Für das Inventar wird von einer lognormalen Verteilung der Tierzahlen ausgegangen, mit der oberen Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles beim Zweifachen und der unteren Grenze bei der Hälfte der verwendeten Tierzahl. Somit liegt die Differenz zwischen oberer Grenze und verwendeter Tierzahl bei 100 % der verwendeten Tierzahl, die Diffe-

<sup>14</sup> Asses and Mules Society

applied is taken to be 50 %.

According to the recommendation in IPCC (2000)-6.14 for the calculation of the overall uncertainties for greenhouse gas and ammonia inventories based on Tier 1 approaches (see Chapters 15.6 and 15.7) the larger number is used to characterize the uncertainty. Hence, 100 % is used in this case.

renz zwischen verwendeter Tierzahl und unterer Grenze bei 50 % der verwendeten Tierzahl.

Entsprechend der Empfehlung in IPCC (2000)-6.14, wird im Zusammenhang mit dem Stufe-1-Verfahren zur Berechnung der Gesamtunsicherheit der Treibhausgas- und Ammoniakinventare (s. Kapitel 14.6 und 14.7) die größere Prozentzahl zur Charakterisierung der Unsicherheit verwendet, d. h. 100 %.

### 7.5.1.2 *Animal performance and energy requirements / Leistungsdaten und Energiebedarf*

In Germany, no official data are available for the live weight of mules and asses.

IPCC (1996) does not provide relevant information. In IPCC (2006) two weights are mentioned: 245 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.28) und 130 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.82). The larger is assumed to be applicable to the German situation. However, for the time being, animal weights are not considered in emission calculations.

IPCC (1996)-4.35 quotes daily GE requirements of 60 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. This value is also not used in emission calculations (see Chapter 7.5.2).

As no descriptions of animal performance and manure management and their variation in time and space are available, the data describing horses are used instead:

Animals are grazed 180 days per year and 10 hours per day.

With excretion habits, the behaviour of horses is used.

With respect to the share of pregnant animals, no information is available (NE).

Für das mittlere Gewicht von Maultieren und Eseln in Deutschland gibt es keine offizielle Angabe.

IPCC(1996) macht dazu ebenfalls keine Angabe. In IPCC(2006) finden sich zwei verschiedene Werte: 245 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.28) und 130 kg an<sup>-1</sup> (IPCC, 2006-10.82). Der höhere dieser beiden Werte wird als der plausible eingeschätzt. Eine genauere Bestimmung erübrigt sich zurzeit, da das Gewicht nicht in die Emissionsberechnung eingeht.

IPCC (1996)-4.35 gibt für den täglichen GE-Bedarf 60 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> an. Mit diesem Wert wird ebenfalls nicht gerechnet, s. Kapitel 7.5.2.

Da keine Beschreibungen von Haltungsformen und Leistungsdaten sowie deren räumliche und zeitliche Verteilung verfügbar sind, werden die Daten für Pferde übernommen:

Es werden 180 Tage Weidegang im Jahr mit 10 Stunden pro Tag angenommen.

Das Ausscheidungsverhalten wird wie bei den Pferden angenommen.

Angaben zum Anteil trächtiger Tiere liegen nicht vor (NE).

### 7.5.2 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

A Tier 1 approach is used as described in Chapter 3.3.2.1. IPCC (1996) fails to give an emission factor. IPCC (2006)-10.28 recommends an emission factor of 10 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>. This factor is used in the inventory.

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than ± 30 % and may be uncertain to ± 50 %.

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Es wird mit einem Stufe-1-Verfahren gerechnet, s. Kapitel 3.3.2.1. IPCC (1996) macht keine Angabe zum Emissionsfaktor. Daher wird nach IPCC (2006)-10.28 ein Emissionsfaktor von 10 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> angenommen.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 7.5.3 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.4.3.3. The input data set is described in the following.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.4.3.3) angewandt. Die Eingangsgrößen werden nachstehend beschrieben.



The calculation procedure is based on default VS excretion:  $0.94 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  according to IPCC(2006)-10.82.

The amounts of daily excreted volatile solids (VS) are taken from IPCC (2006)-10.82:  $B_o = 0.33 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ .

In agreement with the treatment of other herbivores, a methane conversion factor (*MCF*) of  $0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ C}$  is assumed. For grazing, the value of  $0.01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ C}$  for grazing as proposed in IPCC (2006)-10.82 is used.

The calculations yield a German emission factor that exceeds that given by IPCC.

As the calculation procedure for  $\text{CH}_4$  emissions relies on default VS excretion, it is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error.

#### 7.5.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

No procedure to assess NMVOC emissions from mules and asses is available.

Das Rechenverfahren verwendet default-VS-Ausscheidungen:  $0,94 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  nach IPCC(2006)-10.82.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität ( $B_o$ ) wird aus IPCC(2006)-10.82 entnommen:  $B_o = 0,33 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ .

Konsistent mit den anderen Pflanzenfressern wird für Festmistsysteme ein Methan-Umwandlungsfaktor von  $MCF = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ C}$  angenommen. Der in IPCC (2006)-10.82 angegebene Wert von  $0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ C}$  wird für Weidegang verwendet.

Der damit für Deutschland berechnete Emissionsfaktor ist größer als der von IPCC angegebene.

Das Rechenverfahren für  $\text{CH}_4$ -Emissionen verwendet default-VS-Ausscheidungen. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Hierfür gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert.

#### 7.5.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

For mules and asses, no data is available for N excretion rates. Hence, the data used for light horses and ponys are used instead (see Chapter 7.3.5): N excretion is  $33.4 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , the share of TAN is  $0.6 \text{ kg kg}^{-1}$ .

The N intake with bedding (straw) is taken into account. For the properties of straw see Chapter 3.6. Straw N is considered as organic N, 50 % of which can be mineralized during storage.

The amount of straw is the same as for light horses and ponys (see Chapter 7.3.5), i.e.  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  straw with  $21.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  or  $10.8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ .

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $\text{N}_{\text{org}}$  in the storage are described in Chapter 3.5.2.2.4.

The emission factors are adopted from horses, see Chapter 7.1.3.

Für die Berechnung der NMVOC-Emissionen aus der Maultier- und Eselhaltung ist kein Verfahren verfügbar.

Für Maultiere und Esel sind keine Angaben zur N-Ausscheidung verfügbar. Daher werden die für Kleinpferde und Ponys angesetzten Werte (Kapitel 7.3.5) übernommen: N-Ausscheidung  $33,4 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ , TAN-Anteil  $0,6 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.6. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu wird wie für Kleinpferde und Ponys (s. Kapitel 7.3.5) mit  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh bzw.  $21,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  angenommen (entsprechend  $10,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ ).

Die Umwandlungsprozesse und -raten im Lager werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

Die Emissionsfaktoren werden von den Pferden übernommen, siehe Kapitel 7.1.3.

#### 7.5.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The emission factors used are listed in Table 7.2 (EMEP(2007) B1100).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 7.2 zusammengestellt.

### 7.5.7 *Compilation of emission results, activity data, and implied emission factors / Zusammenstellung von Emissionsergebnissen, Aktivität und effektiven Emissionsfaktoren,*

Due to lack of information on the variation in time and space, emissions can only be calculated on the national scale. Emission factors are assumed to be constant with time. Table 7.10 compiles the data used in this inventory, i.e. emissions, activities and implied emission factors (IEF).

In Ermangelung von räumlich und zeitlich aufgelösten Eingabedaten können jährliche Emissionsergebnisse nur auf nationaler Ebene und konstant für den gesamten Berichtszeitraum berechnet werden. Table 7.10 zeigt die Zusammenstellung von Emissionsergebnissen, Aktivität und effektiven Emissionsfaktoren (Implied Emission Factors, IEF).

Table 7.10: Mules and asses, compilation of input data and national emission results (constant in time)

Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	0.085	Gg a <sup>-1</sup>
		CH <sub>4</sub> manure management	0.012	Gg a <sup>-1</sup>
		NMVOC	NE	
		NH <sub>3</sub>	0.080	Gg a <sup>-1</sup>
		N <sub>2</sub> O	0.0021	Gg a <sup>-1</sup>
		NO	0.00028	Gg a <sup>-1</sup>
		PM <sub>10</sub>	0.0012	Gg a <sup>-1</sup>
		PM <sub>2.5</sub>	0.00081	Gg a <sup>-1</sup>
Activity data	Aktivitäten		8500	heads
Implied Emission factors	Effektive Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	10	kg a <sup>-1</sup>
		CH <sub>4</sub> manure management	1.36	kg a <sup>-1</sup>
		NH <sub>3</sub>	9.43	kg a <sup>-1</sup>
		N <sub>2</sub> O	0.241	kg a <sup>-1</sup>
		NO	0.033	kg a <sup>-1</sup>
		PM <sub>10</sub>	0.14	kg a <sup>-1</sup>
		PM <sub>2.5</sub>	0.10	kg a <sup>-1</sup>

### 7.5.8 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 7.11: Mules and asses, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.19	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.19	
		NMVOC		
		NH <sub>3</sub>	EM1009.21	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.94	EM1009.96
		NO	EM1009.153	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.15	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.39	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.24	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.19	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.19	
		NMVOC		
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.18	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.82	IEF1009.84
		NO	IEF1009.116	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.14	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.36	
Additional information	zusätzliche Informationen		A11005PSH.162	A11005PSH.166

## 8 Other mammals / Andere Säugetiere

### 8.1 Fur animals / Pelztier

Fur animals are not a key category. The aim of the following description is to prove that this animal category is negligible for the purpose of emission reporting.

In Germany, emission factors are available only for minks and foxes. Hence, the German inventory deals with minks and foxes only.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 8.1.

Pelztier sind keine Hauptquellgruppe. Die nachfolgende Darstellung hat zum Ziel, nachzuweisen, dass die Behandlung dieser Tiergruppe im Emissionsinventar überflüssig ist.

Das deutsche Inventar berücksichtigt nur Nerze und Füchse, da nur für diese Tiere Emissionsfaktoren verfügbar sind.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.1 zusammengestellten Verfahren.

Table 8.1: Fur animals, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space activities EF		Resolution in time EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	EMEP	national	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management					
NM VOC	manure management					
NH <sub>3</sub>	manure management					
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management					
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

#### 8.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The number of fur animals kept in Germany is small. Animal subcategories and numbers are listed in Table 8.2. For rabbits no animal numbers are available. Although heavy restrictions are imposed on fur animal husbandry, a ban of fur production is unlikely in the near future.

Animal numbers for fur animals are not part of the official statistics. The Federal Ministry of Consumer Protection, Nutrition and Agriculture obtained animal numbers for the year 2000 by inquiry from the respective Länder departments. The reconstruction of a time series of animal numbers is unlikely to be successful

In Deutschland werden Pelztier in geringem Umfang gehalten. Zu den Arten und Tierzahlen siehe Table 8.2. Für Kaninchen liegen keine Zahlen vor. Zwar wurden für die Pelztierhaltung erhebliche Auflagen gemacht, ein Verbot der Pelztierhaltung ist jedoch in näherer Zukunft nicht zu erwarten.

Tierzahlen für Pelztier werden nicht offiziell erhoben. Das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft hat die Zahlen für das Jahr 2000 durch Umfragen bei den entsprechenden Länderdienststellen erfragt. Die Rekonstruktion von Tierzahlzeitreihen erscheint nicht möglich.

Table 8.2: Fur animals, animal numbers 2000, data obtained by inquiry

	Minks	Foxes	Nutrias	Chinchillas	Hamsters	Gerbils
BW	0	0	80	1300	0	0
BY	500	100	0	0	0	0
BB	2600	0	0	0	0	0
HE	0	0	0	0	0	0
MV	15000	0	0	0	0	0
NS	45000					
NW	12000	0	0	200	0	0
RP	0	0	0	400	0	0
SL	0	0	0	0	0	0
SN	5000	0	0	686	0	0
ST	750	50	0	0	0	0
SH	8000	0	0	150	0	0
TH	0	0	0	1778	6832	200
StSt	0	0	0	0	0	0
Germany	88850	150	80	4514	6832	200

### 8.1.2 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

Methane emissions from enteric fermentation of animals are not calculated as neither IPCC (1996) nor IPCC (2006) provide a methodology.

Es erfolgt keine Berechnung der Methanemissionen aus der Verdauung bei Pelztieren, da weder bei IPCC (1996) noch bei IPCC(2006) ein Verfahren angegeben wird.

### 8.1.3 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

Exemplary calculations were performed for the year 2000, and resulted in a national subtotal of 0.07 Gg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>. In the light of a total emission of ca. 1.3 Tg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> from German agriculture the contribution by fur animal manure management is disregarded. A time series of activities was not established.

Für das Jahr 2000 beispielhaft durchgeführte Rechnungen ergaben eine nationale Emission von etwa 0,07 Gg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>. Angesichts einer Gesamtemission von ca. 1,3 Tg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> aus der deutschen Landwirtschaft wird der Beitrag durch das Wirtschaftsdünger-Management bei Pelztieren vernachlässigt. Eine Zeitreihe der Aktivitäten wurde nicht erstellt.

Any considerations of uncertainties are thought to be unnecessary.

Betrachtungen zur Unsicherheit der Ergebnisse erübrigen sich.

### 8.1.4 *NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen*

No procedure to assess NMVOC emissions from fur animals is available.

Für die Berechnung der NMVOC-Emissionen aus der Pelztierhaltung ist kein Verfahren verfügbar.

### 8.1.5 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

The approach combines default values for N excretion with default emission factors.

NH<sub>3</sub> emission factors exist for the carnivores among fur animals, i.e. for minks and foxes. Hence, the German inventory deals with minks and foxes only.

Emission factor relate to the number of mothers and include the cubs.

Bedding material is not considered.

Das Verfahren kombiniert default-Werte für Ausscheidungen mit default-Emissionsfaktoren.

NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren existieren nur für die Fleischfresser unter diesen Pelztieren, d. h. Nerze und Füchse. Das deutsche Inventar berücksichtigt daher nur Nerze und Füchse.

Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf die Anzahl der Muttertiere und schließen die Ausscheidungen der Jungtiere mit ein.

Einstreu wird nicht berücksichtigt.

The respective N excretion rates are obtained from IPCC(2006)-10.59.

minks	4.59 kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N
foxes	12.09 kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N

Weighting by animal numbers leads to a mean N excretion rate of fur animals of 4.60 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. The value provided by EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, which is a low 0,08 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N, appears unpalusible and is not used in the inventory.

Die N-Ausscheidungen sind bei IPCC(2006)-10.59 angegeben:

Nerze	4,59 kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N
Füchse	12,09 kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N

Daraus folgt unter Berücksichtigung der Tierzahlen eine mittlere Ausscheidung von 4,60 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. Der in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, angegebene Wert von nur 0,08 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N erscheint unpalusibel und wird daher nicht verwendet.

The uncertainty about the origin of the fur animal data in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is the reason why the emission factor provided by EMEP(2007) is retained until further notice:

For housing, EMEP(2007)-B1090.9 suggests an emission factor of  $EF_{NH_3} = 0.169 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ NH}_3$  which is related to an N excretion of 4.1 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Die Unsicherheit der Herkunft der Pelztier-Kennwerte in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, führt dazu, dass bis zu einer Klärung der Emissionsfaktor aus EMEP(2007) beibehalten wird:

EMEP(2007)-B1090.9 gibt für den Stall einen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor von 0,169 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub> an, der für eine N-Ausscheidung von 4,1 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> gilt. Dar-

From these data, an N excretion-related emission factor of 0.146 kg kg<sup>-1</sup> N is derived for housing.

The excrements are stored dry. The N<sub>2</sub>O emission factor for dry storage ( $EF_{N_2O} = 0,005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ , IPCC(2006)-10.62) is applied. It is related to the amount of n excreted. NO and N<sub>2</sub> emissions are derived from N<sub>2</sub>O emissions as described for other animals ( $EF_{NO} = 0.1 \cdot EF_{N_2O}$ ,  $EF_{N_2} = 3 \cdot EF_{N_2O}$ ).

An emission factor for NH<sub>3</sub> and manure application is provided for minks and foxes only ( $EF_{NH_3} = 0,27 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , related to the N excreted).

No analysis of uncertainties is provided for fur animals.

aus folgt ein auf die N-Ausscheidung bezogener Faktor von 0,146 kg kg<sup>-1</sup> N.

Die Exkremente werden trocken gelagert. Der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor für trockene Lagerung ( $EF_{N_2O} = 0,005 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ , IPCC(2006)-10.62) wird angewandt (Bezug: N-Ausscheidung). Die NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen werden hieraus wie bei den anderen Tieren abgeleitet ( $EF_{NO} = 0,1 \cdot EF_{N_2O}$ ,  $EF_{N_2} = 3 \cdot EF_{N_2O}$ ).

Für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung ist nur für Nerze und Füchse ein NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor bekannt ( $EF_{NH_3} = 0,27 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , bezogen auf die N-Ausscheidung).

Eine Analyse der Unsicherheiten wird nicht durchgeführt.

#### 8.1.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

#### 8.1.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 8.3: Fur animals, related tables provided with the data CD (data for the year 2000 only)

		from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation CH <sub>4</sub> manure management NMVOC NH <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O NO PM <sub>10</sub> PM <sub>2.5</sub>	EM1005.29   EM1009.31 EM1009.124 EM1009.163  EM1009.126
Activity data	Aktivitäten	AC1005.37	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation CH <sub>4</sub> manure management NMVOC NH <sub>3</sub> N <sub>2</sub> O NO PM <sub>10</sub> PM <sub>2.5</sub>	IEF1005.29   IEF1009.29 IEF1009.95 IEF1009.127  
Additional information	zusätzliche Informationen		

## 8.2 Buffalo / Büffel

Buffalo are no key source. However, the number of buffalo kept in Germany has been increasing steadily (although on a low level).

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 8.4.

Büffel sind keine Hauptquellgruppe. Die Zahl der in Deutschland gehaltenen Büffel nimmt allerdings auf niedrigem Niveau stetig zu.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.4 zusammengestellten Verfahren.

Table 8.4: Buffalo, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				Activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC	state	national	1 a
CH <sub>4</sub>	manure management	1	IPCC	state	national	1 a
NMVO	manure management					
NH <sub>3</sub>	manure management	1	EMEP	state	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	1	IPCC	state	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house					

### 8.2.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 8.2.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are supplied by German Buffalo Society.

Animal numbers are known from the year 2000 onwards for each federal state. In 2009, the total buffalo numbers in Germany exceeded for the first time the threshold of 2000 animals.

In agreement with German Statistics, department VII A, the animal numbers were extrapolated on a national base to yield the respective data for the years previous to the year 2000. According to this estimate there were no buffalo before 1996.

The animal numbers after 2000 are likely to be exact numbers. The uncertainty of the animal numbers obtained by extrapolation for the years before 2000 is unknown.

For the calculation of the total uncertainties of the German GHG and ammonia inventories (cf. Chapters 14.6 and 14.7), an uncertainty value is needed which is representative for the entire reporting time span from 1990 on. This uncertainty is assumed to be 10 % of the mean (standard error).

Die Tierzahlen beruhen auf Mitteilungen des Deutschen Büffel-Verbands.

Meldungen liegen für einzelne Bundesländer und seit dem Jahr 2000 vor. Die Büffelnzahlen überstiegen erstmals 2009 die Schwelle von 2000 Tieren in ganz Deutschland.

Für die Jahre vor 2000 wurden die nationalen Büffelnzahlen in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt, Referat VII A, durch lineare Extrapolation geschätzt. Nach dieser Schätzung gab es vor 1996 keine Büffel.

Die Angaben für die Tierzahlen ab 2000 sind wahrscheinlich exakt. Die Unsicherheit der durch Extrapolation für die Zeit vor 2000 gewonnenen Tierzahlen ist unbekannt.

Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit in den Treibhausgas- und Ammoniakinventaren (s. Kapitel 14.6 und 14.7) wird eine für den gesamten Berichtszeitraum von 1990 an einheitliche Unsicherheitsangabe benötigt. Diese wird mit 10 % vom Mittelwert angenommen (Standardfehler).

#### 8.2.1.2 Animal performance / Leistungsdaten

The live weight of adult buffalo cows is 600 to 800 kg an<sup>-1</sup>, that of adult bulls up to 1100 kg an<sup>-1</sup>. In Germany, suckler buffalo herds predominate. Hence, a mean animal weight of 700 kg an<sup>-1</sup> is used for the inventory.

Only two farms produce buffalo milk and cheese (Deutscher Büffelverband, 2008).

Die Lebendmasse ausgewachsener Kühe beträgt 600 bis 800 kg an<sup>-1</sup>, die ausgewachsener Bullen 800 bis 1100 kg an<sup>-1</sup>. In Deutschland überwiegt die Mutterkuhhaltung. Im Inventar wird daher mit einem mittleren Gewicht von 700 kg an<sup>-1</sup> gerechnet.

Nur zwei Betriebe produzieren Büffelmilch und -käse (Deutscher Büffelverband, 2008).

Detailed information on performance data is not available.

Es stehen keine detaillierten Leistungsdaten zur Verfügung.

### 8.2.1.3 Management details / Haltungsdaten

The majority of the animals is kept outdoors throughout the year. For the time being, it is assumed that all buffalo graze about 140 days per year and 10 hours per day.

The inventory assumes the animals to be in the dairy parlour for  $3.5 \text{ h d}^{-1}$ .

50 % of the animals are kept on straw; the straw amount supplied is assumed to be  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . The rest of the animals is kept in slurry based systems. Slurry is stored in open tanks with natural crust. Slurry and manure are broadcast on grassland and arable land without incorporation.

Ein großer Teil der Tiere wird ganzjährig im Freien gehalten. Für alle Tiere wird vorläufig angenommen, dass sie 140 Tage im Jahr 10 Stunden pro Tag auf der Weide sind.

Im Inventar wird davon ausgegangen, dass die Tiere sich effektiv  $3,5 \text{ h d}^{-1}$  im Melkstall aufhalten.

50 % der Tiere stehen auf Stroh; die Einstreuemenge wird mit  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  angenommen. Die übrigen Tiere werden güllebasiert gehalten. Die Gülle wird im offenen Tank mit natürlicher Schwimmdecke gelagert. Die Ausbringung erfolgt mit Breitverteiler auf Grünland und Ackerland ohne Einarbeitung.

### 8.2.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2.1). The emission factor is  $EF_{\text{CH}_4, \text{ent, bu}} = 55 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

According to IPCC (2006)-10.33, the uncertainty of emission factors based on Tier 1 methodology is unlikely to be more accurate than  $\pm 30 \%$  and may be uncertain to  $\pm 50 \%$ .

The inventory assumes an uncertainty of 30 % which is interpreted as the standard error.

Es handelt sich um ein Stufe-1-Verfahren, s. Kapitel 3.3.2.1). Zur Berechnung wird der default-Emissionsfaktor  $EF_{\text{CH}_4, \text{ent, bu}} = 55 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  herangezogen (IPCC(1996)-3-4.10, IPCC(2006)-10.28).

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Stufe-1-Verfahren beruhen, wahrscheinlich nicht kleiner als 30 %, wobei auch Werte bis 50 % für denkbar gehalten werden.

Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 30 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

### 8.2.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 equation, see Chapter 3.4.3.3.

Both IPCC (1996), Table B5, and IPCC(2006)-10.79, propose for Western European buffalo a default VS excretion of  $3.9 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

It is assumed that buffalo are kept in a similar way as dairy cows. Temporarily, the frequency distribution of housing and storage systems is assumed to be 50 % in slurry based systems and 50 % in straw based systems. 100 % of the slurry stores have a natural crust.

The maximum methane producing capacity  $B_0$  is  $0.1 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  according to both IPCC (1996), Table B5, and IPCC (2006), Table 10A-6. The methane conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are adopted from dairy cows (see Table 4.18). The methane conversion factor for slurry equals that given in IPCC (1996). The methane conversion factor for solid storage given in IPCC (2006) exceeds that of IPCC (1996). The value given by

Zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird die Gleichung des Stufe-2-Verfahrens verwendet, s. Kapitel 3.4.3.3.

Sowohl IPCC (1996), Table B5, als auch IPCC(2006)-10.79 geben für Büffel in Westeuropa eine default-VS-Ausscheidung von  $3,9 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ an}$ .

Es wird angenommen, dass Büffel ähnlich wie Milchkühe gehalten werden. Für die Häufigkeitsverteilungen von Stall und Lager wird vorläufig angenommen, dass 50 % in güllebasierten und 50 % in strohbasierten Systemen gehalten werden. 100 % der Güllelager weisen eine Schwimmdecke auf.

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  wird sowohl von IPCC (1996), Table B5, als auch IPCC (2006), Table 10A-6 mit  $0,1 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  angegeben. Die Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) werden von den Milchkühen übernommen (siehe Table 4.18). Für Gülle ist der in IPCC (2006) vorgeschlagene Methan-Umwandlungsfaktor (MCF) gleich dem Wert in IPCC (1996), während er für Festmist größer als der in

IPCC (2006) is used. The MCF for pasture equals that of IPCC (1996).

The resulting German emission factor (IEF) exceeds the value calculated from IPCC 1996 input data which is  $2.67 \text{ kg place}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ .

With respect to the uncertainty of the emission factor calculated it has to be considered that the calculation procedure relies on default VS excretion, which is assumed to be a Tier 1 approach rather than a Tier 2 approach. In this case, IPCC(2006)-10.48 recommends to use an uncertainty of 30 %. It is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

#### 8.2.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

No procedure to assess NMVOC emissions from buffalo is available.

IPCC (1996) vorgeschlagene Wert ist. Der MCF für Weide ist dergleiche in IPCC (2006) und IPCC (1996).

Der resultierende deutsche Emissionsfaktor (IEF) ist größer als der Wert  $2,67 \text{ kg place}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ , den man nach IPCC (1996) erhält.

Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Stufe-1- als ein Stufe-2-Verfahren. Für Stufe-1-Verfahren gibt IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 30 % an. Diese wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen

#### 8.2.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

##### 8.2.5.1 N excretion and N input with bedding / N-Ausscheidung und N aus der Einstreu

As no detailed information on animal performance is available, the N excretion is estimated using the simple procedure supplied in IPCC(2006)-10.59:

Da keine detaillierten Leistungsdaten zur Verfügung stehen, werden die Ausscheidungen vereinfacht nach IPCC(2006)-10.59 geschätzt:

$$m_{\text{excreted, bu}} = w_{\text{bu}} \cdot x_{\text{N, bu}} \cdot \alpha \cdot \beta \quad (8.1)$$

where

$m_{\text{excreted, bu}}$	amount of nitrogen excreted (buffalo) (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ )
$w_{\text{bu}}$	animal weight (buffalo) ( $w_{\text{bu}} = 700 \text{ kg an}^{-1}$ , see Chapter 8.2.1.2)
$x_{\text{N, bu}}$	default value for the N excretion rate (buffalo) ( $x_{\text{N, bu}} = 0.32 \text{ kg Mg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ N}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-3} \text{ Mg kg}^{-1}$ )

Using the mean weight given in Chapter 8.2.1.2 one obtains  $m_{\text{excr}} = 82 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ .

In reference to dairy cow data, the TAN content is assumed to be  $0.6 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ .

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.5.3. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of straw is  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (see Chapter 8.2.3) or  $21.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  ( $10.8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ , respectively).

Mit dem in Kapitel 8.2.1.2 angegebenen mittleren Gewicht ergibt sich  $m_{\text{excr}} = 82 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ .

Der TAN-Gehalt wird in Anlehnung an Milchkühe mit  $0,6 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angenommen.

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh s. Kapitel 3.6. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Menge der Einstreu beträgt  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Stroh (s. Kapitel 8.2.3) bzw.  $21,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (entsprechend  $10,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ TAN}$ ).



#### 8.2.5.2 Transformation processes during storage / Umwandlungsprozesse während der Lagerung

Immobilisation of TAN and mineralisation of  $N_{org}$  in the storage are described in Chapter 3.5.2.2.4.

Die Umwandlungsprozesse und –raten im Lager werden in Kapitel 3.5.2.2.4 beschrieben.

#### 8.2.5.3 Emissions factors / Emissionsfaktoren

By analogy to dairy cow husbandry (cf. Chapters 4.2.2 and 4.3.8.6.4), the following partial emission factors for housing and storage are applied:

In Anlehnung an die Milchkuh-Haltung (Kapitel 4.2.2 und 4.3.8.6.4) werden die folgenden partiellen Emissionsfaktoren für Stall und Lager angesetzt:

Table 8.5: Buffalo, partial emission factors used in the inventory

				<i>EF</i> (in $kg\ kg^{-1}\ N$ )	related to
Housing	$NH_3$	slurry based		0.197	TAN
	$NH_3$	straw based		0.197	TAN
Storage	$NH_3$	untreated slurry	open tank, natural crust	0.045	TAN
	$NH_3$	Leachate	solid cover	0.014	TAN
	$N_2O$	untreated slurry	slurry with natural crust	0.005	$N_{excr} + N_{straw}$
	NO	untreated slurry	slurry with natural crust	0.0005	$N_{excr} + N_{straw}$
	$N_2$	untreated slurry	slurry with natural crust	0.015	$N_{excr} + N_{straw}$

The emission factors for spreading are adopted from dairy cow husbandry, see Chapter 4.2.3.

According to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, the  $NH_3$  emission factor for grazing is  $0.13\ kg\ kg^{-1}$ , related to TAN excreted.

An overall uncertainty of 30 % is assumed for  $NH_3$  emission factors with a normal distribution.

For  $N_2O$ , IPCC(2006)-10.63 propose a factor of 2. Thus, in this inventory, an uncertainty of 100 % is assumed with a lognormal distribution. This applies also to NO and  $N_2$ .

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO, and  $N_2$  from manure management are described in Chapters 14.3 to 14.5.

Die Emissionsfaktoren für Ausbringung werden von den Milchkühen übernommen (Kapitel 4.2.3).

Für Weidegang beträgt der  $NH_3$ -Emissionsfaktor  $0,13\ kg\ kg^{-1}$  bezogen auf ausgeschiedenes TAN (EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für  $NH_3$ -Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

IPCC(2006)-10.63 gibt für  $N_2O$  einen Faktor 2 an. Angenommen wird deshalb eine Unsicherheit von 100 % bei lognormaler Verteilung. Dies wird auch für NO und  $N_2$  angenommen.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO und  $N_2$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 14.3 bis 14.5 beschrieben.

#### 8.2.6 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

No emission factors have been proposed yet (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). As a result, emissions are not calculated.

Emissionsfaktoren sind nicht bekannt (EMEP(2009)-4.B-26, Table 3-10: NA). Eine Berechnung entfällt daher.

### 8.2.7 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Table 8.6: Buffalo, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.20	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.30	
		NM VOC		
		NH <sub>3</sub>	EM1009.32	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.127	EM1009.129
		NO	EM1009.164	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten		AC1005.38	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.20	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.30	
		NM VOC		
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.30	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.96	IEF1009.98
		NO	IEF1009.128	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005GBU.05	AI1005GBU.08

## 9 Poultry / Geflügel

### 9.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

Poultry is neither for CH<sub>4</sub> nor for NMVOC a key source. However, as poultry is a key source for NH<sub>3</sub>, a detailed description of the mass flows of N and VS is desirable.

For inventory calculations, animals are to be categorized homogeneously with respect to husbandry and feeding conditions, as well as animal performance and excretions. Accordingly, the animal place numbers of the official census are modified for pullets and laying hens, while turkeys are subdivided into males and females. Table 9.1 displays the categorisation used in the inventory including weight data.

Weder für CH<sub>4</sub> noch für NMVOC ist Geflügel eine Hauptquellgruppe. Da aber Geflügel für NH<sub>3</sub> eine Hauptquellgruppe ist, ist eine detaillierte Beschreibung der N- und VS-Ströme wünschenswert.

Für die Inventarberechnung ist es erforderlich, hinsichtlich Haltung, Fütterung, Leistung und Ausscheidung homogene Tierkategorien zu bilden. Daher werden offiziell erhobene Tierplatzzahlen von Jung- und Legehennen modifiziert und bei den Puten nach männlichen und weiblichen Tieren unterschieden. Table 9.1 zeigt die im Inventar verwendete Kategorisierung mit ergänzenden Gewichtsangaben.

Table 9.1: Poultry, categorisation and characterisation

Animal category according to German census			Animal categories used in this inventory			
type		category	type	category	weight 1	weight 2
AA	Legehennen (6 Monate und älter)	laying hens $\geq$ 6 months	lh	laying hens	$w_{\text{start, lh}}$	$w_{\text{fin, lh}}$
AB	Junghennen (Jung- und Legehennen bis 6 Monate)	pullets (pullets and laying hens $<$ 6 months)	pu	pullets	45 g an <sup>-1</sup>	$w_{\text{start, lh}}$
AC	Schlacht- und Masthähne und -hühner sowie sonstige Hähne einschl. der hierfür bestimmten Küken	hens and cocks produced for slaughtering	br	broilers	42 g an <sup>-1</sup>	$w_{\text{fin, br}}$
AD	Gänse	geese	ge	geese	7 kg an <sup>-1</sup>	
AE	Enten	ducks	du	ducks (Peking ducks)	3 kg an <sup>-1</sup>	
AF	Truthühner	turkeys	tm	turkeys, males	60 g an <sup>-1</sup>	$w_{\text{fin, tm}}$
			tf	turkeys, females		$w_{\text{fin, tf}}$

weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period;  $w_{\text{start}}$ : variable start weight, weight  $w_{\text{fin}}$ : variable final weight

### 9.2 Emission factors used for all poultry subcategories / Für alle Geflügel-Unterkategorien gültige Emissionsfaktoren

#### 9.2.1 NMVOC emissions / NMVOC-Emission

The NMVOC emissions are based on ammonia emissions (see Chapter 3.4.4). The emission factors  $EF_{\text{NMVOC}}$  for laying hens, broilers and pullets are listed in Table 9.2. For geese, ducks and turkeys no emission factors are available.

Emissions of NMVOC-C and NMVOC-S are assessed in a second step using the respective molar masses.

The uncertainty (standard error) of NMVOC emissions depends on both the uncertainty of the NH<sub>3</sub> emissions and the emission factor  $EF_{\text{NMVOC}}$ . The former is in the order of magnitude of 20 % (see Chapter 15.5), for the latter 30 to 50 % were assumed in former inventories (see e. g. Haenel et al., 2010). Based on these assumptions, the overall uncertainty of NMVOC emissions could be estimated to be about 50 %, interpreted as the interval (in percent of the mean)

Die NMVOC-Emissionen werden über die NH<sub>3</sub>-Emissionen berechnet (vgl. Kapitel 3.4.4). Die Emissionsfaktoren  $EF_{\text{NMVOC}}$  für Jung- und Legehennen sowie Masthähnchen und -hühnchen zeigt Table 9.2. Für Gänse, Enten und Puten sind keine Emissionsfaktoren verfügbar.

Mit Hilfe der Molmassen werden in einem zweiten Schritt NMVOC-C und NMVOC-S berechnet.

Die Unsicherheit (Standardfehler) der NMVOC-Emissionen hängt von der Unsicherheit der NH<sub>3</sub>-Emissionen und der Emissionsfaktoren  $EF_{\text{NMVOC}}$  ab. Erstere liegt in der Größenordnung von 20 % (s. Kapitel 14.5), für Letztere wurde in früheren Inventaren (s. z. B. Haenel et al., 2010) 30 bis 50 % angenommen. Unter diesen Voraussetzungen läge die Unsicherheit der NMVOC-Emissionen in der Größenordnung von 50 %, interpretiert als Intervall (in

between the upper threshold of the 95 % confidence interval and the mean (implying an asymmetric distribution).

However, considering the assessment by the expert review team during the In Country Review of the emission calculation method described above (see Chapter 3.4.4), no estimate of the uncertainty of NMVOC emissions can be made.

Prozent des Mittelwertes) zwischen oberer Grenze des 95 %- Konfidenzintervalles und Mittelwert, wobei von einer asymmetrische Verteilung auszugehen wäre.

Berücksichtigt man allerdings die Einschätzung des Berechnungsverfahrens durch die Gutachter beim In-Country-Review im September 2010 (siehe Kapitel 3.4.4), ist keine Schätzung der Unsicherheit der NMVOC-Emissionen möglich.

Table 9.2: Poultry (laying hens, broilers, pullets), emission factors relating NMVOC emissions to NH<sub>3</sub> emissions

Species	$EF_{\text{NMVOC}}$ (in kg kg <sup>-1</sup> )
dimethyl sulfide	$1.2 \cdot 10^{-1}$
dimethyl disulfide	$5.4 \cdot 10^{-1}$
dimethyl trisulfide	$1.0 \cdot 10^{-2}$
acetone	0
acetic acid	0
propanoic acid	0
2-methyl propanoic acid	0
butanoic acid	0
2-methyl butanoic acid	0
3-methyl butanoic acid	0
pentanoic acid	0
phenol	0
4-methyl phenol	0
3-ethyl phenol	0
indole	0
3-methyl indole	0

Source: Hobbs et al. (2004)

### 9.2.2 Partial emission factors “storage” and “spreading” for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> / Partielle Emissionsfaktoren „Lager“ und „Ausbringung“ für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub>

The partial emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> from storage and spreading, which are used for all poultry categories in the inventory, are listed in Table 9.3 and Table 9.4.

The N<sub>2</sub>O emission factor is a combined factor for house and storage. The data used are taken from IPCC(2006)-10.63, because IPCC(1996) does not provide specific emission factors for poultry, but extrapolates inappropriately from dry lot conditions for cattle.

The emission factors for NO and N<sub>2</sub> are derived from the N<sub>2</sub>O emission factors, see Chapter 3.5.2.2.3.

The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

Die im Inventar für alle Geflügelkategorien einheitlich verwendeten partiellen Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus Lagerung und Ausbringung sind in Table 9.3 und Table 9.4 angegeben.

Der Emissionsfaktor für N<sub>2</sub>O fasst die Emissionen aus Stall und Lager zusammen. Die Daten sind IPCC(2006)-10.63 entnommen, da IPCC(1996) keine spezifischen Emissionsfaktoren für Geflügel kennt und statt dessen unangemessen dry-lot-Emissionsfaktoren (für Rinder) übernimmt.

Die Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> werden aus den N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren abgeleitet, siehe Kapitel 3.5.2.2.3.

Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Table 9.3: Poultry, partial emission factors for N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from storage of poultry excreta (related to N<sub>excr</sub> + N<sub>straw</sub>)

N <sub>2</sub> O emissions	solid storage	0.001	kg kg <sup>-1</sup> N
NO emissions	solid storage	0.0001	kg kg <sup>-1</sup> N
N <sub>2</sub> emissions	solid storage	0.003	kg kg <sup>-1</sup> N

Source: see text

Table 9.4: Poultry, partial emission factors for  $\text{NH}_3$  from application of poultry manure (related to TAN)

		reduction of losses compared to reference (%)	mean losses in % of TAN
broadcast	without incorporation	reference	90
broadcast	incorporation within 1 h	100	0
broadcast	incorporation within 4 h	80	18
broadcast	incorporation within 6 h	61	35
broadcast	incorporation within 12 h	56	40
broadcast	incorporation within 24 h	50	45
broadcast	incorporation within 48 h	0	90

Source: Döhler et al. (2002), S. 78, completed

For the uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor, the uncertainties given in EMEP(2007)-B-1090.19, i.e. 30 %, are assumed.

For the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor, IPCC(2006)-10.63 propose a factor of 2. Thus, in this inventory, an uncertainty of 100 % is assumed with a lognormal distribution. This applies also to the emission factor s of NO and  $\text{N}_2$ .

Für die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors wird der in EMEP(2003)-B-1090.19 angegebene Wert von 30 % angenommen.

IPCC(2006)-10.63 beschreibt den Unsicherheitsbereich des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors mit einem Faktor 2. Angenommen wird deshalb eine Unsicherheit von 100 % bei lognormaler Verteilung. Dies wird auch für die Emissionsfaktoren von NO und  $\text{N}_2$  angenommen.

### 9.2.3 *Uncertainties of the implied emission factors (IEF) for $\text{NH}_3$ , $\text{N}_2\text{O}$ , NO, and $\text{N}_2$ from manure management / Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für $\text{NH}_3$ , $\text{N}_2\text{O}$ , NO und $\text{N}_2$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO, and  $\text{N}_2$  from manure management are described in Chapters 14.3 to 14.5.

Die Unsicherheiten der resultierenden Emissionsfaktoren (IEF) für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden in den Kapiteln 14.3 bis 14.5 beschrieben.

### 9.3 Laying hens / Legehennen

Female chickens in their reproductive phase are called laying hens.

The laying period of hens begins when they are about 18 weeks old. The lifespan before is dealt with in Chapter 9.5 (pullets).

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.5.

Weibliche Hühner in der reproduktiven Phase werden als Legehennen bezeichnet.

Die Legeperiode von Hennen beginnt, wenn sie etwa 18 Wochen alt sind. Zuvor werden die Tiere als Junghennen bezeichnet (siehe Kapitel 9.5)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.5 zusammengestellten Verfahren.

Table 9.5: Laying hens, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		no method			
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVO	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

#### 9.3.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers are surveyed in 2010 by the Agricultural Census 2010 (Landwirtschaftliche Zählung 2010).

Missing data are replaced by those of the respective preceeding year.

The German census differentiates hen places according to animal age; differentiating between those younger than 0.5 a and those older than 0.5 a. (See Table 9.1 for details.) Thus class AB in this table comprises those hens which are not yet in production. However, emission calculations presuppose animal categories which are homogeneous with respect to feeding and excretion. Therefore, a correction of the respective numbers is needed. This correction assumes that the number of pullets produced equals the number of hens slaughtered. In addition, the sum of categories AA and AB in Table 9.1 is to equal the sum of pullets and hens. This leads to the following equation for laying hen places  $n_{lh}$ :

$$n_{lh} = (n_{AA} + n_{AB}) \cdot \frac{\tau_{round, lh}}{\tau_{round, lh} + \tau_{round, pu}} \quad (9.1)$$

where

$n_{lh}$	number of laying hen places considered
$n_{AA}$	animal place numbers of type AA in the German census (see Table 9.1)
$n_{AB}$	animal place numbers of type AB in the German census (see Table 9.1)
$\tau_{round, pu}$	duration of round for pullets ( $\tau_{round, pu} = 142 \text{ d ro}^{-1}$ )
$\tau_{round, lh}$	duration of round for laying hens ( $\tau_{round, lh} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ )

Tierplatzzahlen werden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgt eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftlichen Zählung 2010.

Datenlücken innerhalb der Zeitreihe werden durch Fortschreibung geschlossen.

Die Anzahl der besetzten Legehennenplätze wird in Deutschland danach erhoben, ob die Tiere jünger oder älter als ein halbes Jahr sind (vgl. Table 9.1). Die jüngere Altersklasse AB umfasst dabei auch die noch nicht im Legeprozess befindlichen Junghennen. Für eine an der Leistung orientierte Emissionsberechnung ist daher eine Modifizierung der gegebenen Tierzahlen erforderlich. Sie beruht auf der Annahme, dass genau so viele Junghennen aufgezogen werden, dass frei werdende Legehennenplätze wieder besetzt werden können. Außerdem sollen die modifizierten Zahlen von Jung- und Legehennen in der Summe den Tierzahlen der Kategorien AA und AB in Table 9.1 entsprechen. Daraus resultiert für die Legehennenzahl  $n_{lh}$ :

The majority of poultry is kept in large units. Changes in the marginal conditions of the censuses did not affect the overall to a large extent. With a systematic uncertainty of about 5 % and a random uncertainty of about 5 % (Dämmgen, 2005), the overall uncertainty is estimated to be in the order of magnitude of 10 %. It is interpreted as standard error.

Geflügel wird überwiegend in großen Einheiten gehalten. Eine Änderung der Randbedingungen der Tierzählungen hat deshalb nur wenig Einfluss auf die Ergebnisse. Bei einem systematischen Fehler von etwa 5 % (Dämmgen, 2005) und einem statistischen Fehler von etwa 5 % erscheint es angemessen, einen Gesamtfehler von größenordnungsmäßig 10 % anzunehmen. Dieser wird als Standardfehler interpretiert.

### 9.3.2 Animal weights and egg production data / Tiergewichte und Legeleistungsdaten

Table 9.6 shows the data available on starting weight and final live weight as well as on egg production rates and egg weights. A spatial differentiation is not possible. Hence, the data set is used as constant on the national level.

Table 9.6 zeigt die verfügbaren Daten zu Anfangs- und Endgewicht sowie zu Legeleistung und Eigewicht. Eine räumliche Differenzierung ist nicht möglich, weshalb die Daten im Inventar bundesweit verwendet werden.

Table 9.6: Laying hens, performance data  
(live weights in kg  $\text{a}^{-1}$ ; average number of eggs produced per hen in  $\text{eg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ; mean egg weight, in g  $\text{eg}^{-1}$ )

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
$w_{\text{start}}$	1.550	1.560	1.520	1.440	1.370	1.400	1.360	1.390			1.276		1.245		1.303					1.323
$w_{\text{fin}}$	2.070	2.120	2.070	2.000	1.960	2.030	1.860	1.920			1.799		1.733		2.026	1.945	1.927	1.933	1.887	1.903
eggs produced	269.9	269.3	273.9	278.2	275.9	276.9	282.5	284.6	286.2	289.2	289.4	288.4	288.1	289.4	291.4	289.0	291.6	296.0	298.7	293.1
egg weight	64.6	66.2	65.4	65.1	64.4	64.1	63.1	63.1			62.6		63.8		65.3	66.0	64.0	63.4	62.8	64.4

Sources: Egg production rates are primary statistical data (for 1990, 1991, and 1992 from the old Länder only), taken from annual reports (StatBA FS 3, R 4). All other data are taken from official laying hens performance contests or similar publications: Hartmann and Heil (1992), Heil and Hartmann (1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000), Anonymus (2001a, 2003, 2005, 2007a, 2007b, 2007c), Wiedmann and Damme (2008), Damme (2009)

Final live weight data gaps are closed by interpolation. Missing start weight data are reconstructed by use of the linear regression displayed in Figure 9.1, while the gaps in the time series of mean egg weights are closed by the linear regression derived in Figure 9.2.

Die Lücken der Endgewichte werden durch Interpolation gefüllt. Die Anfangsgewichte Der Ersatz der fehlenden Angaben bei den Anfangsgewichten beruht auf der in Figure 9.1 gezeigten Regression. Lücken in der Zeitreihe der mittleren Eigewichte werden mit Hilfe der Regression aus Figure 9.2 geschlossen.

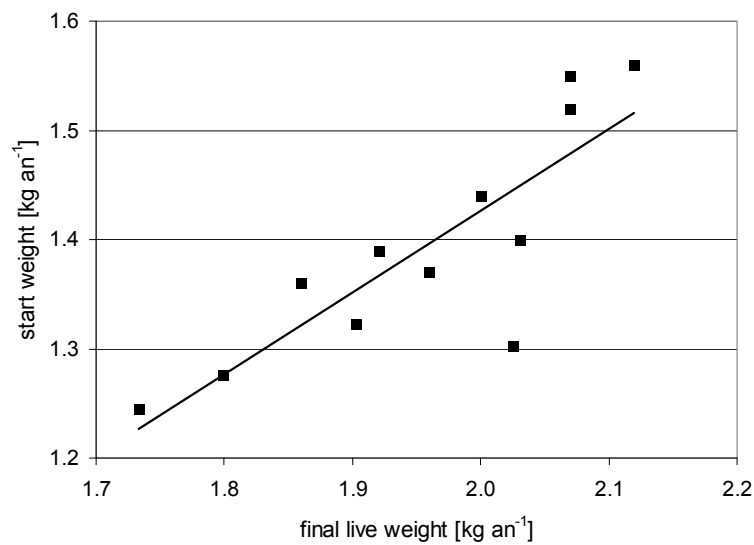


Figure 9.1: laying hens, relation between weight at the beginning of egg production period and final live weight (data taken from Table 9.6; linear regression: slope  $0.7487 \text{ kg kg}^{-1}$ , intercept =  $-0.071 \text{ kg}$ ,  $R^2 = 0.707$ )

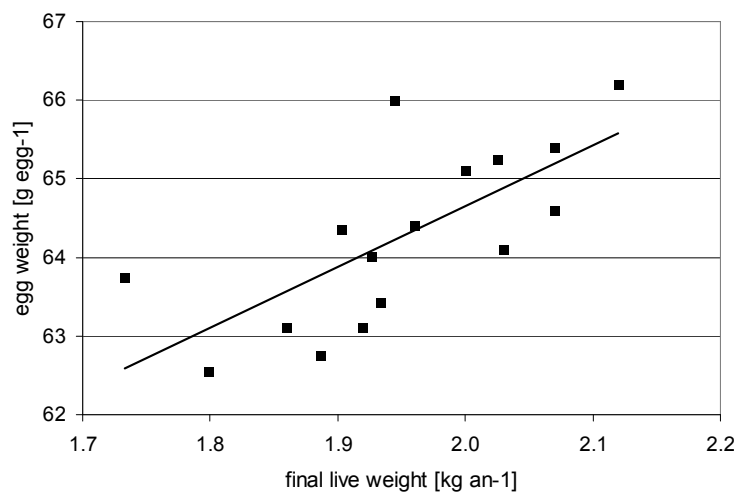


Figure 9.2: laying hens, relation between mean egg weight and final live weight (data taken from Table 9.6; linear regression: slope  $7.7205 \text{ g kg}^{-1}$ , intercept =  $49.209 \text{ kg}$ ,  $R^2 = 0.50$ )

### 9.3.3 Energy requirements / Energiebedarf

#### 9.3.3.1 Metabolisable energy / Umsetzbare Energie

The overall requirements of metabolisable energy  $ME_{lh}$  are deduced from the following relation:

Im Hinblick auf eine bedarfsgerechte Fütterung gilt für den auf einen Tierplatz bezogenen täglichen Bedarf an metabolisierbarer Energie  $ME_{lh}$



$$ME_{lh} = ME_m + ME_f + ME_{egg} + ME_g \quad (9.2)$$

where

$ME_{lh}$	requirements of metabolisable energy (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_m$	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_f$	metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{egg}$	metabolisable energy for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)

The subsequent detailed calculations of  $ME_m$ ,  $ME_f$ ,  $ME_{egg}$ , and  $ME_g$  are based on information provided in GfE (2000, in particular equation 1.2.4.1 and context).

Die nachstehend beschriebene Berechnung der Teilenergien  $ME_m$ ,  $ME_f$ ,  $ME_{egg}$  und  $ME_g$  beruht auf Angaben in GfE (2000, s. Gl. 1.2.4.1 und Kontext).

### 9.3.3.2 Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie

The calculation of  $ME_m$  takes ambient temperatures into account.  $ME_m$  is calculated as follows:

Die Berechnung von  $ME_m$  erfolgt in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur gemäß

$$ME_m = (\eta_{ME,m} + \eta_{ME,mt}) \cdot \frac{1}{\tau_{round}} \cdot \Sigma W \quad (9.3)$$

where

$ME_m$	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME,m}$	specific metabolisable energy required for daily maintenance ( $\eta_{ME,m} = 0,48 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ , cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1)
$\eta_{ME,mt}$	specific metabolisable energy required for daily maintenance under low temperature conditions (in MJ kg d <sup>-1</sup> ME), see below
$\tau_{round}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )
$\Sigma W$	cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )

With  $\eta_{ME,mt} > 0$  it is possible to account for an increased energy requirement due to low ambient temperatures (GfE, 2000, p. 28; Haenel et al., 2010, p. 275). However, as laying hens in Germany are predominantly kept in insulated houses with forced ventilation, the inventory uses  $\eta_{ME,mt} = 0$ .

Mit  $\eta_{ME,mt} > 0$  kann ein Mehrbedarf an Energie bei niedrigen Umgebungstemperaturen berücksichtigt werden (GfE, 2000, p. 28; Haenel et al., 2010, p. 275). Da der bei weitem überwiegende Teil der Legehennen in Deutschland in wärmeisolierten und zwangsbelüfteten Ställen lebt, wird im Inventar mit  $\eta_{ME,mt} = 0$  gerechnet.

KTBL (2004, pg. 481) quantifies  $\tau_{round}$  ( $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ ). In this inventory this value is assumed to be constant as no variation of this value has been documented.  $\tau_{round}$  comprises a service time  $\tau_{service}$ , which – according to KTBL (2004, pg. 481) – is normally  $7 \text{ d ro}^{-1}$ .

KTBL (2004, S. 481) gibt  $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$  an, was im vorliegenden Inventar als Konstante angenommen wird. Abweichungen sind nicht hinreichend dokumentiert. Dabei setzt sich  $\tau_{round}$  zusammen aus der reinen Lebensdauer ( $\tau_{lifespan}$ ) und der Reinigungszeit  $\tau_{service}$  ( $\tau_{service} = 7 \text{ d ro}^{-1}$ , KTBL, 2004, S. 481).

According to Haenel and Dämmgen (2007 b),  $\Sigma W$  is a function of  $w_{start, lh}$  and  $w_{fin, lh}$ , combined with a characteristic time parameter  $\tau_{char, g, lh}$  ( $\tau_{char, g, lh} = 56 \text{ d ro}^{-1}$ ).  $\tau_{char, g, lh}$  is based on a duration of a round  $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ .

Nach Haenel und Dämmgen (2007 b) wird  $\Sigma W$  als Funktion von Start- und Endgewicht mit Hilfe eines charakteristischen Zeitparameters ( $\tau_{char, g, lh} = 56 \text{ d ro}^{-1}$ ) berechnet, der sich auf die Durchgangsdauer  $\tau_{round} = 441 \text{ d ro}^{-1}$  bezieht.

$$\Sigma W = w_{m, \text{ref}} \cdot \left[ \tau_{\text{char, g, lh}} \cdot \left( \frac{w_{\text{start}}}{w_{\text{ref}}} \right)^{0.75} + (\tau_{\text{lifespan}} - \tau_{\text{char, g, lh}}) \cdot \left( \frac{w_{\text{fin}}}{w_{\text{ref}}} \right)^{0.75} \right] \quad (9.4)$$

where

$\Sigma W$	cumulative metabolic weight (in $\text{kg d an}^{-1} \text{ ro}^{-1} = \text{kg d pl}^{-1} \text{ ro}^{-1}$ )
$w_{m, \text{ref}}$	reference weight ( $w_{m, \text{ref}} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )
$\tau_{\text{char, g, lh}}$	characteristic time scale of growth ( $\text{d ro}^{-1}$ )
$w_{\text{start}}$	animal weight at the beginning of the round (in $\text{kg an}^{-1}$ )
$\tau_{\text{lifespan}}$	lifespan of laying hens ( $\text{d ro}^{-1}$ )
$w_{\text{fin}}$	animal weight at the end of the round (in $\text{kg an}^{-1}$ )

The recommended temperatures for laying hen houses are between 16 and 18 °C. Predominantly, laying hens in Germany are kept in insulated houses with forced ventilation. Consequently, a temperature dependent calculation on  $ME_m$  seems to be unnecessary at present.

Die Richttemperaturen für Hühnerställe liegen bei 16 bis 18 °C. Da der bei weitem überwiegende Teil der Legehennen in Deutschland in wärmeisolierten und zwangsbelüfteten Ställen lebt, wird auf eine temperaturabhängige Berechnung von  $ME_m$  vorerst verzichtet.

#### 9.3.3.3 Metabolisable energy needed to obtain food / Energiebedarf für Nahrungsaufnahme

Net energy requirements for obtaining food  $ME_f$  are a function of the mobility of the animals in the respective house. It is reflected by a factor  $c_{\text{house}}$  which expresses the surplus in comparison to cages.

Bei Legehennen wird der Energiebedarf  $ME_f$  für die Nahrungsaufnahme mit der Bewegungsmöglichkeit in dem jeweiligen Haltungssystem verbunden und als Mehrbedarf gegenüber einer Käfighaltung ausgedrückt:

$$ME_f = c_{\text{system}} \cdot (ME_m + ME_{\text{egg}} + ME_g) \quad (9.5)$$

where

$ME_f$	metabolisable energy needed to obtain food (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$c_{\text{system}}$	correction factor for different housing systems (in $\text{MJ MJ}^{-1}$ )
$ME_m$	metabolisable energy required for maintenance (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$ME_{\text{egg}}$	metabolisable energy for egg production (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )

According to GfE (2000, pg. 29),  $c_{\text{system}} = 0.00 \text{ MJ MJ}^{-1}$  for cages at room temperature,  $0.10 \text{ MJ MJ}^{-1}$  for a deep litter house, and  $0.15 \text{ MJ MJ}^{-1}$  for free range hens. For aviaries no values are known. Any correction should be similar to the one used for deep litter houses. Thus, a factor  $c_{\text{system}} = 0.10 \text{ MJ MJ}^{-1}$  is used for aviaries.

Der Faktor  $c_{\text{system}}$  beträgt nach GfE (2000, S. 29)  $0,00 \text{ MJ MJ}^{-1}$  für temperierte Käfighaltung,  $0,10 \text{ MJ MJ}^{-1}$  für Bodenhaltung und  $0,15 \text{ MJ MJ}^{-1}$  für Freilandhaltung. Für Volierenhaltung ist kein Wert bekannt. Er dürfte dem der Bodenhaltung am nächsten kommen und wird deshalb mit  $0,10 \text{ MJ MJ}^{-1}$  angesetzt.

#### 9.3.3.4 Metabolisable energy needed for egg production / Energiebedarf für Eiproduktion

The calculation is based on the mean weight per egg, the number of eggs laid and the specific energy requirement per egg  $\eta_{\text{egg}}$ .

Der Bedarf berechnet sich aus der mittleren Masse eines Eies, der Eizahl und einem spezifischen Energiebedarf  $\eta_{\text{egg}}$  nach:

$$ME_{\text{egg}} = \eta_{\text{ME, egg}} \cdot n_{\text{eggs}} \cdot m_{\text{egg}} \quad (9.6)$$

where

$ME_{\text{egg}}$	metabolisable energy required for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{\text{ME, egg}}$	specific metabolisable energy required for egg production ( $\eta_{\text{ME, egg}} = 9.6 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1)
$n_{\text{eggs}}$	number of eggs per place and day (in eg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$m_{\text{egg}}$	average mass of one egg (in kg eg <sup>-1</sup> )

### 9.3.3.5 Metabolisable energy for growth / Energiebedarf für Wachstum

The requirements result from a mean weight gain and a specific energy consumption for growth:

Der Bedarf ergibt sich aus der mittleren Gewichtszunahme und einem spezifischen Energiebedarf nach:

$$ME_g = \eta_{\text{ME, g}} \cdot (\Delta w_d)_{\text{ave}} = \eta_{\text{ME, g}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.7)$$

where

$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{\text{ME, g}}$	specific metabolisable energy required for growth ( $\eta_{\text{ME, g}} = 23 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1)
$(\Delta w_d)_{\text{ave}}$	average animal weight gain per place and day (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round according to Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )

### 9.3.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Feed requirements are derived from the postulation that the energy intake with feed meet the energy requirements of the animal. The feed characteristics used in this inventory are collated in Table 9.7.

Der Futterbedarf berechnet sich aus der Forderung, dass die mit dem Futter aufgenommen Energie dem tierischen Energiebedarf entsprechen soll. Die im Inventar verwendeten Futterkennwerte sind in Table 9.7 zusammengestellt.

Table 9.7: Laying hens, diets used in laying hen feeding, related energies and nitrogen content (GE, DE and ME related to dry matter DM)  
Representative values for phase feeding are given in footnotes. For laying hens and pullets 1A/1B, energy content calculations are based on data in Beyer et al. (2004)

Feed type	Lifetime period (weeks)	Major components	GE in MJ kg <sup>-1</sup>	DE in MJ kg <sup>-1</sup>	ME in MJ kg <sup>-1</sup>	x <sub>N</sub> in kg kg <sup>-1</sup>
laying hens	19 to 80	wheat, soybean meal, maize, wheat bran, vegetable fat	15.4	12.2	11.3	0.0275

<sup>a</sup> Intake weighted phase averages:  $GE = 15.77 \text{ MJ kg}^{-1}$ ,  $DE = 12.28 \text{ MJ kg}^{-1}$ ,  $ME = 11.23 \text{ MJ kg}^{-1}$ ,  $x_N = 0.0247 \text{ kg kg}^{-1}$ .

<sup>b</sup> Intake weighted averages for Phase A to D:  $ME = 10.68 \text{ MJ kg}^{-1}$ ,  $x_N$  (minimum)  $0.0224 \text{ kg kg}^{-1}$  and  $0.0248 \text{ kg kg}^{-1}$ ,  $x_N$  (maximum)  $0.222 \text{ kg kg}^{-1}$  and  $0.196 \text{ kg kg}^{-1}$ .

<sup>c</sup> Intake weighted averages for phases A to D:  $ME = 11.46 \text{ MJ kg}^{-1}$ ,  $x_N = 0.0258 \text{ kg kg}^{-1}$ .

<sup>d</sup> Intake weighted averages for phases A to E:  $ME = 11.34 \text{ MJ kg}^{-1}$ ,  $x_N = 0.0234 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Sources: deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG (private communication)

For a representative laying hen feed mixture Haenel and Dämmgen (2007 b) determined a digestibility of  $X_{\text{DE, lh}}$  of  $0.791 \text{ MJ MJ}^{-1}$  and a metabolisability  $X_{\text{ME, lh}}$  of  $0.733 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

Due to lack of information, these values of are assumed to be constant with time and space.

The gross energy intake can be inferred from its relation to metabolisable energy:

Für ein repräsentatives Legehennen-Alleinfutter wurde für die Verdaulichkeit  $X_{\text{DE, lh}} = 0.791 \text{ MJ MJ}^{-1}$  und für die Umsetzbarkeit  $X_{\text{ME, lh}} = 0.733 \text{ MJ MJ}^{-1}$  ermittelt (Haenel und Dämmgen, 2007 b).

Mangels besserer Informationen werden diese Werte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Die Bruttoenergie-Aufnahme ist über die folgende Beziehung zu berechnen:

$$GE_{lh} = \frac{ME_{lh}}{X_{ME, lh}} \quad (9.8)$$

with

$GE_{lh}$	gross energy intake (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{lh}$	requirements of metabolisable energy (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$X_{ME, lh}$	metabolisability ( $X_{ME, lh} = 0.733$ MJ MJ <sup>-1</sup> , see below)

### 9.3.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.3.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.4.3.3.

The amounts of VS excreted are calculated according to Chapter 3.4.1, taking the gross energy, the digestibility and the ash content into account.

The mean digestibility  $X_{DE}$  needed to calculate VS is given in Chapter 9.3.4.

Standard values for the ash content of poultry excreta are not available. According to a compilation of values of ash content in laying hen excreta (cf. Hennig and Poppe, 1975),  $x_{ash, lh} = 0.26$  kg kg<sup>-1</sup> is assumed. As no other information is available,  $x_{ash, lh}$  und  $X_{DE, lh}$  are assumed to be constant with time since 1990.

The manure of laying hens is stored as solid.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are 0,39 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> and 0.015 kg kg<sup>-1</sup> C respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen der VS-Ausscheidungen werden nach Kapitel 3.4.1 aus der Gesamtenergie, der Verdaulichkeit und dem Aschegehalt berechnet.

Die dafür benötigte mittlere Verdaulichkeit  $X_{DE}$  ist in Kapitel 9.3.4 angegeben.

Standard-Werte für den Aschegehalt von Geflügelkot fehlen. Nach einer Literatursauswertung in Hennig und Poppe (1975) wird der Aschegehalt im Legehennen-Kot mit  $x_{ash, lh} = 0,26$  kg kg<sup>-1</sup> angesetzt. Mangels besserer Informationen werden  $x_{ash, lh}$  und  $X_{DE, lh}$  seit 1990 als zeitlich konstant angesehen.

Legehennen-Mist wird trocken gelagert.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  0,39 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen 0,015 kg kg<sup>-1</sup> C. (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.3.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

For the calculation of NMVOC emissions, a simpler methodology is used.

There is no differentiation with respect to animal categories. The emission factors (cf. Chapter 3.4.4) for poultry are listed in Table 9.2.

NMVOC-Emissionen werden nach einem einfachen Verfahren ermittelt.

Die Emissionsfaktoren sind nicht nach Tierkategorien differenziert. Die auf NH<sub>3</sub>-Emissionen bezogenen NMVOC-Emissionsfaktoren (vgl. Kapitel 3.4.4) sind in Table 9.2 zusammengestellt.

### 9.3.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions is based on the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{\text{org}}$  in UAN and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{\text{org}}$  in UAN und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 9.3.8.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as a function of performance and feed properties.

Mass conservation allows the determination of the amount of N excreted annually as the difference between N intakes with feed, N used for egg production and for growth.

Die Ausscheidungen werden in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung berechnet.

Unter Berücksichtigung der Massenerhaltung lässt sich die Menge der jährlichen N-Ausscheidungen pro Tierplatz als Differenz von N-Aufnahme durch Nahrung und N-Verbrauch für Eiproduktion und Zuwachs berechnen:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{eggs}} - m_{\text{g}} \quad (9.9)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{eggs}}$	amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

##### 9.3.8.1.1 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter

The amount of N taken in with feed is a function of the amount of feed and the crude protein (XP) content of the feed:

Die Menge des mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs ist eine Funktion von aufgenommener Futtermenge und Rohprotein-(XP-)Gehalt im Futter:

$$m_{\text{feed}} = x_{\text{N}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot \alpha \cdot \left( m_{\text{F}} \cdot \frac{\tau_{\text{lifespan}}}{\tau_{\text{round}}} \right) \quad (9.10)$$

where

$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in feed (in kg kg <sup>-1</sup> XP)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$m_{\text{F}}$	daily feed intake (in kg d <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lifespan}}$	span of animal lifetime within a round (in d ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{round}}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )

The relevant time spans  $\tau_{\text{lifespan}}$  and  $\tau_{\text{round}}$  are discussed in detail in Chapter 9.3.3.2.

XP contents  $x_{\text{XP, feed}}$  of typical standard feed mixtures of 0.172 kg kg<sup>-1</sup> and 0.165 kg kg<sup>-1</sup> for N reduced feed (Haenel and Dämmgen, 2007b) are assumed.

Daily feed intake is primarily a function of the metabolisable energy requirements and is described and derived in Chapter 9.3.3.1. Taking into account that  $m_{\text{F}}$  is defined with respect to a single animal while  $ME_{\text{th}}$  is given in terms of animal place, the following

Zu  $\tau_{\text{lifespan}}$  und  $\tau_{\text{round}}$  wird auf Kapitel 9.3.3.2 verwiesen.

Es wird angenommen, dass typische XP-Gehalte von Standard-Futter bei 0,172 kg kg<sup>-1</sup> XP und für NP-reduzierte Futter bei 0,165 kg kg<sup>-1</sup> XP liegen (Haenel und Dämmgen, 2007b).

Die tägliche Futteraufnahme ist im Wesentlichen eine Funktion des umsetzbaren Energiebedarfs (vgl. Kapitel 9.3.3.1). Bei bedarfsgerechter Fütterung gilt dann unter Berücksichtigung, dass sich  $m_{\text{F}}$  auf das

equation applies if the animals are fed according to requirements:

$$m_F = \frac{ME_{lh}}{\eta_{ME, feed}} \cdot \frac{\tau_{round}}{\tau_{lifespan}} \quad (9.11)$$

where

$m_F$	daily feed intake (in kg d <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )
$ME_{lh}$	requirements of metabolisable energy (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, feed}$	content of metabolisable energy in feed ( $\eta_{ME, feed} = 11.26 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ , see below)
$\tau_{round}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{lifespan}$	span of animal lifetime within a round (in d ro <sup>-1</sup> )

Expert judgement and the literature describing the rearing of laying hens under practice conditions agree that hens with a performance as in 2004/2005 get about 120 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> if they are fed ad libitum (expert judgement Halle, vTI [former FAL]; expert judgement Kleine-Klausing; LfL, 2004). This amount includes a fraction of wasted feed (which would have to be considered in the N balance of the bedding material). Indeed, notice is given on the actual feed intake and the difference mentioned above in the reports of the official evaluation of the performance of laying hens.

In this inventory, calculations are made using the above equation and feeding data, which are consistent with the data used the calculation model in Chapter 9.3.4. Thus, the energy content of the feed is assumed to be  $\eta_{ME, feed} = 11.26 \text{ MJ kg}^{-1}$  (deuka "Legehennennalleinfutter ALL-MASH LC"). Due to lack of information, this value is taken to be constant for the whole time series. This leads to a typical daily feed ration  $m_F$  of 0.110 to 0.115 kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Tier bezieht, während  $ME_{lh}$  auf den Tierplatz bezogen wird:

Experten und die die Praxis beschreibende Literatur stimmen darin überein, dass beim Leistungsstand von 2004/2005 bei ad-libitum-Fütterung etwa 120 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> verfüttert werden (Halle, vTI [vormals FAL], Privatmitteilung; Kleine-Klausing, deuka, Privatmitteilung; LfL, 2004). Diese Futtermenge umfasst aber auch verschwendetes Futter (das in der N-Bilanz der Einstreu zu berücksichtigen wäre). Hinweise auf die Höhe der tatsächlich aufgenommenen niedrigeren Futtermenge – und ihrer Entwicklung in den letzten Jahren – sind der amtlichen Legeleistungsprüfung zu entnehmen.

In diesem Inventar wird  $m_F$  nach obigem Ansatz berechnet, damit die Ergebnisse mit dem auch schon in Kapitel 9.3.4 verwendeten bedarfsorientierten Rechenmodell konsistent sind. Für den Energiegehalt des Futters wird der Wert  $\eta_{ME, feed} = 11,26 \text{ MJ kg}^{-1}$  verwendet (deuka Legehennennalleinfutter ALL-MASH LC). Mangels besserer Informationen wird dieser Wert als zeitlich konstant angenommen. Damit liegt  $m_F$  zurzeit typisch bei 0,110 bis 0,115 kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

#### 9.3.8.1.2 N excretion with eggs / N-Ausscheidung mit Eiern

The amount of N excreted with eggs is assessed from the number of eggs laid per place, the mean egg mass and the mean protein content of the eggs:

$$m_{eggs} = n_{egg} \cdot x_{XP, eggs} \cdot x_N \cdot \mu_{egg} \quad (9.12)$$

where

$m_{eggs}$	amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{egg}$	number of eggs considered (in pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{XP, eggs}$	crude protein content of eggs ( $x_{XP, eggs} = 0.119 \text{ kg kg}^{-1} \text{ XP}$ , see below)
$x_N$	nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$\mu_{egg}$	average egg mass (in kg)

The information on  $x_{XP, eggs}$  provided by the literature varies, e.g. 0.112 kg kg<sup>-1</sup> XP in GfE (2000, pg. 58) and 0.121 kg kg<sup>-1</sup> XP in Geflügeljahrbuch (2005, pg. 212). The value used in this inventory (0.119 kg

Die mit Eiern ausgeschiedenen N-Mengen berechnen sich aus der Zahl der gelegten Eier pro Platz und Jahr, der durchschnittlichen Ei-Masse und dem mittleren Protein-Gehalt der Eier:

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zu  $x_{XP, eggs}$ , z. B. 0,112 kg kg<sup>-1</sup> XP in GfE (2000, S. 58) und 0,121 kg kg<sup>-1</sup> XP im Geflügeljahrbuch (2005, S. 212). Der hier verwendete Wert 0,119

kg<sup>-1</sup> XP) is based on the N content of eggs provided in LfL (2006a).

kg kg<sup>-1</sup> XP beruht auf Angaben in LfL (2006a) zum N-Gehalt von Eiern.

### 9.3.8.1.3 N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper

The N retention is obtained from the weight gain, the duration of the production cycle and the mean XP content of the animals:

Aus der Gewichtszunahme, der Dauer des Produktionszyklus und dem mittleren N-Gehalt der Tiere folgt für die N-Retention:

$$m_g = x_{N, \text{ret, lh}} \cdot \alpha \cdot \frac{w_{\text{fin}} - w_{\text{start}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.13)$$

where

$m_g$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{N, \text{ret, lh}}$	N retained by laying hens ( $x_{N, \text{ret, lh}} = 0.035 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , see LfL, 2006a)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$w_{\text{fin}}$	animal weight at the end of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{\text{start}}$	animal weight at the begin of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{round}}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )

The N retention value is in the range proposed by KTBL (2006), pg. 566, and DLG (2005), pg. 47, where a N excretion of 0.74 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N is assumed for normal feeding, and of 0.71 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N for N/P reduced feeding.

The contents of uric acid and ammonium N (UAN) are calculated. The results are close to the standard value of 70 %.

Die N-Retention bewegt sich in dem von KTBL (2006) S. 566 bzw. DLG (2005), S. 47 gesteckten Rahmen, demzufolge bei Standardfütterung 0,74 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N, für N-reduzierte Fütterung 0,71 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N angesetzt werden.

Die Gehalte an Harnsäure- und Ammonium-N (UAN) werden berechnet und liegen dicht bei den als Standardwert angenommenen 70 %.

### 9.3.8.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For all housing systems except cages N inputs with straw (bedding material) are taken into account. The amount of straw input is assumed to be 0.5 kg per place and year.

For the properties of straw see Chapter 3.6.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

An immobilisation of TAN from UAN is unlikely, as the dry conditions impede the process. Hence, the inventory does not take into account any TAN immobilisation.

Für alle Haltungssysteme außer Käfighaltung wird ein N-Eintrag mit dem als Einstreu eingebrachten Stroh (0,5 kg Stroh pro Platz und Jahr) berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Eine Immobilisierung von TAN aus UAN in der Einstreu findet wahrscheinlich nicht statt und wird daher im Inventar nicht berücksichtigt (fehlende Feuchtigkeit verhindert Immobilisierung).

### 9.3.8.3 Partial NH<sub>3</sub> emission factors / Partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren

The RAUMIS data available on frequencies of laying hen husbandry systems differentiate between three types of cages: cages with dung pit, cages with dungbelt without drying, and cages with dungbelt and drying. (For RAUMIS see chapter 15.2.) However, the RAUMIS data are available only until 1999. In former inventories the 1999 data were used for the years after 1999. This procedure has to be abandoned

Die verfügbaren RAUMIS-Daten (zu RAUMIS siehe Kapitel 15.2) zu Häufigkeiten der Legegehenen-Haltungsverfahren differenzieren die Käfighaltung in die drei Unterkategorien „mit Kotgrube“, „mit Kotband ohne Trocknung“ und „mit Kotband und Trocknung“. Die RAUMIS-Daten reichen allerdings nur bis 1999. Die bisherige Fortschreibung für die Zeit danach ist nicht sinnvoll, da neuerdings verfügba-

as newly available data of the Statistisches Bundesamt show a shift from cage systems to deep litter and free range systems. This development has to be accounted for as the emission factors vary considerably for these laying hen husbandry systems. Hence, the disadvantage of the data of the Statistisches Bundesamt that there is no differentiation between different cage systems until 2007 has to be accepted.

The housing systems used in the present inventory as well as the respective  $\text{NH}_3$  partial emission are listed in Table 9.8.

re Daten des Statistischen Bundesamtes belegen, dass inzwischen die Käfighaltung zugunsten von Bodenhaltung und Freilandhaltung zurückgegangen ist. Diese Entwicklung ist wegen des großen Unterschieds der Emissionsfaktoren von Käfig-, und Boden-/Freilandhaltung von Bedeutung. Daher wird der Nachteil der Daten des Statistischen Bundesamtes in Kauf genommen, dass sie bis 2007 keine Differenzierung der Käfighaltung aufweisen.

Die im vorliegenden Inventar verwendeten Halungsverfahren und ihre partiellen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren sind Table 9.8 zusammengestellt.

Table 9.8: Laying hens, partial emission factors for  $\text{NH}_3$  losses from housing (related to N excreted)

cages	Käfighaltung	0.164 <sup>a</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
deep litter house, aviary	Bodenhaltung, Voliere	0.351 <sup>b</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
free range, organic farming	Intensive Auslaufhaltung, Freilandhaltung, ökologische Erzeugung	0.368 <sup>c</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N

<sup>a</sup>Source: weighted mean calculated from data in Döhler et al. (2002, Tables 3.11 and A6) for the different cage housing systems “with dungpit”, “with dung belt without drying”, and “with dung belt with drying”. The weights are assigned the values given in Osterburg and Dämmgen (2009), Table A3, for the frequencies of the different cage housing systems in 1999.

<sup>b</sup>Source: derived from data in Döhler et al. (2002, Tables 3.11 and A6) for the deep litter housing system

<sup>c</sup>Source: 1.1 times the emission factor for deep litter/aviary, based on national consensus for “Intensive Auslaufhaltung” (KTBL working group on emission factors of animal husbandry, protocol of the 27-04-2010 meeting)

For the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.14 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.5.4). Due to lack of more detailed informations, this emission factor is used for all the husbandry systems listed in Table 9.8.

Der partielle  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,14 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.5.4). Der Emissionsfaktor wird mangels besserer Kenntnis für alle in Table 9.8 genannten Halungsverfahren gleichermaßen angewendet.

An overall uncertainty of 30 % is assumed for  $\text{NH}_3$  emission factors with a normal distribution.

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

#### 9.3.8.4 Partial emission factors for $\text{N}_2\text{O}$ , NO and $\text{N}_2$ / Partielle Emissionsfaktoren für $\text{N}_2\text{O}$ , NO und $\text{N}_2$

The factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for housing and storage. They are given in Table 9.3 (Chapter ).

Die für Stall und Lager zusammen geltenden Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  sind Table 9.3 (Kapitel 9.2.2 ) zu entnehmen.

#### 9.3.9 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

The frequency distributions of housing systems are taken over from the respective data needed for calculations in Chapter 9.3.8.3.

The emission factors used are listed in Table 9.9, which is based on data given in EMEP(2009)-4B-1, Table 3-4.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Die Häufigkeitsverteilungen für die Haltungssysteme werden den entsprechenden Angaben für die Rechnungen in Kapitel 9.3.8.3 entnommen.

Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 9.9 zusammengestellt. Sie basieren auf Angaben in EMEP(2009)-4B-17, Table 3-4.



Table 9.9: Laying hens, emission factors for particle emissions from housing

animal category	housing type	emission factor for PM <sub>10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	emission factor for PM <sub>2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
laying hens	cages	0.017	0.002
	all other systems	0.084	0.016
Source: see text			

### 9.3.10 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 9.10: Laying hens, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.20	
		NMVOC	EM1005.51	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.22	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.97	EM1009.99
		NO	EM1009.154	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.16	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.40	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.26	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.20	
		NMVOC	IEF1005.47	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.19	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.85	
		NO	IEF1009.117	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.15	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.37	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.01	AI1005POU.14

#### 9.4 Broilers / Masthähnchen und –hühnchen

Broilers are special chicken lines reared for meat production.

The assessment of emissions from broiler production using a mass flow approach relies on German national animal performance and feeding data.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.11.

Masthähnchen und –hühnchen sind auf Fleischproduktion spezialisierte Hühnerrassen.

Die Berechnung der Emissionen aus der Haltung von Masthähnchen und –hühnchen nach dem Massenfluss-Verfahren beruht auf nationalen Daten für Leistungsdaten und Fütterung.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.11 genannten Verfahren.

Table 9.11: Broilers, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		no method			
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVO	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

##### 9.4.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers have been surveyed in each census, i.e. until 1996 in each even year, and from 1999 onwards in each odd year (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Instead of 2009, animal numbers are surveyed in 2010 by the Agricultural Census (Landwirtschaftliche Zählung) in 2010.

Data gaps within the times series are closed by interpolation. Missing data for 1990 and 1991 are replaced by data from 1992. For the years 2008 and 2009 the national data of 2005 und 2007 are extrapolated.

As for laying hens, changes in the marginal conditions of the censuses do not affect the overall numbers to a large extent. With a systematic uncertainty of about 5 % and a random uncertainty of about 5 % (Dämmgen, 2005), the overall uncertainty is estimated to be in the order of magnitude of 10 %. It is interpreted as standard error.

Tierplatzzahlen werden in jeder Tierzählung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren und ab 1999 in allen ungeraden Jahren (StatLA C III 1 – vj 4, StatBA FS3 R4). Statt 2009 erfolgt eine Erhebung im Jahr 2010 im Rahmen der Landwirtschaftlichen Zählung 2010.

Datenlücken innerhalb der Zeitreihe werden durch Interpolation geschlossen. Die Lückenjahre 1990 und 1991 werden mit Daten von 1992 gefüllt. Für die Jahre 2008 und 2009 erfolgt eine Extrapolation der nationalen Daten von 2005 und 2007.

Wie bei Legehennen hat eine Änderung der Randbedingungen der Tierzählungen nur wenig Einfluss auf die Ergebnisse. Bei einem systematischen Fehler von etwa 5 % (Dämmgen, 2005) und einem statistischen Fehler von etwa 5 % erscheint es angemessen, einen Gesamtfehler von größenordnungsmäßig 10 % anzunehmen. Dieser wird als Standardfehler interpretiert.

##### 9.4.2 Husbandry systems and animal performance / Haltungsverfahren und tierische Leistung

###### 9.4.2.1 Husbandry systems / Haltungsverfahren

In Germany, short-term fattening of broilers (duration: 32 to 35 days per round) and the so-called splitting method are preferred. In the splitting method, 20 to 30 % of the animals are removed from the house between days 30 and 33 of the fattening period and slaughtered. The remaining population is fattened further till day 38 to 42. Extended fattening, in general, takes 50 to 60 days. (All data according to:

In Deutschland werden die Kurzmast (Dauer 32 bis 35 Tage) und das Splitting-Verfahren bevorzugt. Bei Letzterem werden zwischen dem 30. und 33. Masttag 20 bis 30 % der Tiere zur Schlachtung aus dem Bestand gefangen und die übrigen Tiere weiter bis zum 38. bis 42. Tag gemästet. In der Langmast beträgt die Mastdauer i. d. R. 50 bis 60 Tage. (Alle Angaben aus KTBL 2006b und LWK-NW 2006.)

KTBL 2006b; LWK-NW 2006).

Because of limited contribution to national broiler meat production, extended fattening in organic farming (fattening periods up to 80 days) is not considered.

The predominant share in German broiler production originates from few producers running big units. Therefore, a differentiation in space of performance and feed properties is thought to be unnecessary.

Die ökologische Langmast mit Mastdauern mit bis zu 80 Tagen wird im Folgenden wegen des noch geringen Anteils an der Fleischproduktion nicht berücksichtigt.

Der überwiegende Anteil der deutschen Masthähnchen und –hühnchen-Bestände stammt von wenigen Produzenten und wird in großen Einheiten gehalten. Eine räumliche Differenzierung der Leistungs- und Futtereigenschaften ist daher nicht erforderlich.

#### 9.4.2.2 Animal weights / Tiergewichte

Official statistics do not report broiler weight data

Independent of sex, a typical value of 42 g an<sup>-1</sup> is assumed for the inventory. Observed scatter in the order of about 10 % (cf. Haenel und Dämmgen, 2009a) can be neglected with respect to emission estimates.

According to Haenel and Dämmgen (2009a), the year-dependent gender-specific final weight can be calculated from:

Die Officialstatistik berichtet keine Tiergewichte. Im Inventar wird das Anfangsgewicht einheitlich mit 42 g an<sup>-1</sup> angesetzt (GfE, 2000, Tabelle 2.3.1). Die Auswirkung der in der Praxis zu beobachtenden Schwankungen (ca. ± 10 %, vgl. Haenel und Dämmgen (2009a) auf die Emissionen ist vernachlässigbar.

Das geschlechtsabhängige Endgewicht wird nach Haenel und Dämmgen (2009a) wie folgt für jedes Jahr berechnet:

where

$w_{fin, i, j}$	gender dependent animal weight at the end of the round in year j (in kg an <sup>-1</sup> )
i	gender index (i = male, female)
j	year (j = 1990, 1991, ...)
$w_{start}$	animal weight at the beginning of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$r_{g, j}$	growth relative to reference (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{g, i}$	constant ( $a_{g, male} = -1010.7 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> , $a_{g, female} = -645.3 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
$b_{g, i}$	constant ( $b_{g, male} = 78.343 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> , $b_{g, female} = 61.586 \cdot 10^{-3}$ kg an <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
$k_{fin, j}$	dimension-less mean duration of fattening period (number of days) in year j, see Chapter 9.4.2.4

The term in brackets describes the (gender-dependent) weight gain of a reference broiler according to GfE (2000, Table 2.3.1). The variable  $r_g$  describes for the deviation of the true final weight from a reference weight. It accounts for the fact that progress in broiler breeding leads to permanently increasing rates of daily weight gain. The method to derive  $r_g$  is described in Haenel and Dämmgen (2009a) and is illustrated in Figure 9.3, using data from Anonymus (1997), Anonymus (2001b), Anonymus (2007d), Anonymus (2009), Damme (1994, 1995, 1996), Damme and Rychlik (2001), Klein (1991a, 1991b), Poteracki (1991, 1994, 1996, 1995), Poteracki and Adam (1993a, 1993b), Poteracki et al. (1994), Simon (2001), Simon and Stegemann (2005), Simon and Stegemann (2007), Simon and Stegemann (2009), as well as Halle und Tzschentke (2009). Table 9.12 shows  $r_g$  for 1990 to 2009.

Der Klammerausdruck beschreibt den geschlechtsabhängigen Zuwachs eines Referenztieres nach GfE (2000, Tabelle 2.3.1), während der Faktor  $r_g$  die Abweichung des Endgewichtes von einem Referenz-Endgewicht beschreibt (siehe Haenel und Dämmgen, 2009a). Damit wird der züchterische Fortschritt berücksichtigt, der ständig steigende tägliche Gewichtszunahmen mit sich bringt. Figure 9.3 illustriert die Ableitung von  $r_g$ . Sie beruht auf Daten von Anonymus (1997), Anonymus (2001b), Anonymus (2007d), Anonymus (2009), Damme (1994, 1995, 1996), Damme und Rychlik (2001), Klein (1991a, 1991b), Poteracki (1991, 1994, 1996, 1995), Poteracki und Adam (1993a, 1993b), Poteracki et al. (1994), Simon (2001), Simon und Stegemann (2005), Simon und Stegemann (2007), Simon und Stegemann (2009), und Halle und Tzschentke (2009). Table 9.12 zeigt  $r_g$  für die Jahre 1990 bis 2007.

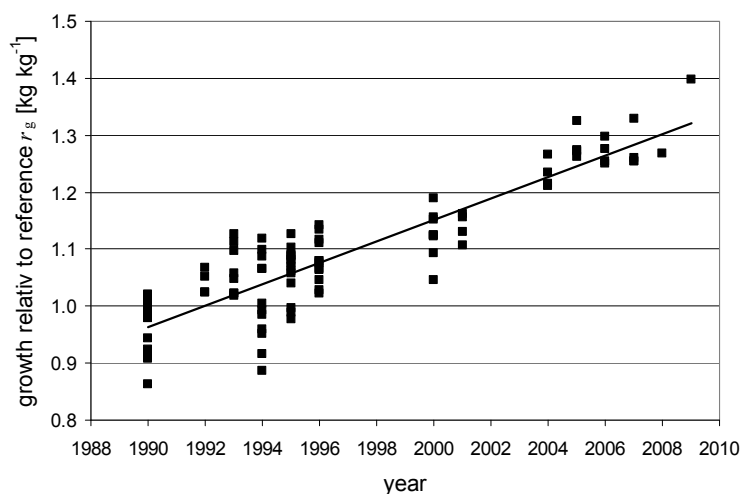


Figure 9.3: Broilers, growth relative to reference ( $r_g$ , solid trend line,  $R^2 = 0.81$ )  
Data points are results from breeding and feed composition contests, normalised by growth data from reference cocks and hens as described in Haenel and Dämmgen (2009a). For contest data references see text.

Table 9.12: Broilers, growth rate relative to reference, according to linear trend in Figure 9.3 ( $r_g$ , in  $\text{kg kg}^{-1}$ )

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0.963	0.982	1.001	1.020	1.038	1.057	1.076	1.095	1.114	1.133
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
1.152	1.171	1.190	1.208	1.227	1.246	1.265	1.284	1.303	1.322

The duration of the fattening period is given by  $k_{\text{fin}}$ . It is not monitored by the official statistics, but can be calculated as national mean over all fattening systems, see Chapter 9.4.2.4.

Die Mastdauer ist durch  $k_{\text{fin}}$  gegeben. Sie wird durch die Officialstatistik nicht erhoben, kann aber als nationaler Mittelwert über alle Mastverfahren berechnet werden, s. Kapitel 9.4.2.4.

#### 9.4.2.3 National total of gross broiler meat production / Brutto-Hähnchenfleischproduktion

Gross broiler meat production figures ( $\Sigma w_{\text{carcass}}$ ) are available for each year as national totals. (ZMP “Eier und Geflügel”, annual reports; data from 2005 onwards are taken from MEG „Eier und Geflügel”, annual reports). These data are used for the calculation of the annual mean of the fattening period duration.

Daten zur Brutto-Hähnchenfleischproduktion  $\Sigma w_{\text{carcass}}$  liegen jährlich auf nationaler Ebene vor (ZMP “Eier und Geflügel”, jährliche Reihe; für die Daten ab 2005 MEG „Eier und Geflügel”, jährliche Reihe). Diese Daten gehen in die Berechnung der mittleren Mastdauer ein.

Table 9.13: Broilers, national total of German broiler meat production (in  $10^6 \text{ kg a}^{-1}$ )

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
317.0	322.7	344.3	348.7	364.5	360.8	387.9	402.8	444.4	460.2
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
533.9	560.6	571.4	618.5	705.7	741	749	826	883	930

#### 9.4.2.4 Duration of fattening period / Mastdauer

Official statistics do not report durations of broiler fattening periods.

Hence, Haenel and Dämmgen (2009b) developed a

Die Officialstatistik berichtet nicht über Hähnchenmastdauern.

Haenel und Dämmgen (2009b) entwickelten daher

modelling approach to derive a national mean of fattening period duration. The only model input required is the carcass weight per place and year. This approach incorporates a parameterization of the service period which is based on the duration of the fattening period (using data provided by KTBL, 2004) and allows for service periods of up to two weeks and longer. In contrast to that, expert judgement says that nowadays service periods are only 1 day up to a maximum of 5 days (personal communication Dr. Ralf Kosch, Big Dutchman/Vechta, 10 February 2010). Hence, the model of Haenel und Dämmgen (2009b) was reconstructed to use an externally prescribed service period instead of an internally calculated value. For the new model version the fattening period parameter annually  $k_{\text{fin}}$  which is to be calculated annually is given by (running index for the year is skipped for sake of clarity):

$$k_{\text{fin}} = -\left(\frac{p}{2q}\right) + \sqrt{\frac{s}{q} + \left(\frac{p}{2q}\right)^2} \quad (9.14)$$

where

$k_{\text{fin}}$  dimension-less mean duration of fattening period (number of days)

and

$$p = a_c \cdot r_g \cdot b_g + 2 \cdot b_c \cdot r_g \cdot b_g \cdot w_{\text{start}} + 2 \cdot b_c \cdot r_g^2 \cdot a_g \cdot b_g - \gamma \cdot \tau_{\text{day}} \quad (9.15)$$

$$q = b_c \cdot r_g^2 \cdot b_g^2 \quad (9.16)$$

$$s = \gamma \cdot \tau_s - a_c \cdot w_{\text{start}} - a_c \cdot r_g \cdot a_g - b_c \cdot w_{\text{start}}^2 - 2 \cdot b_c \cdot r_g \cdot a_g \cdot w_{\text{start}} - b_c \cdot r_g^2 \cdot a_g^2 \quad (9.17)$$

$$a_g = 0.5 \cdot (a_{g, \text{male}} + a_{g, \text{female}}) \quad (9.18)$$

$$b_g = 0.5 \cdot (b_{g, \text{male}} + b_{g, \text{female}}) \quad (9.19)$$

$$\gamma = \frac{\beta \cdot \Sigma w_{\text{carcass}}}{\alpha \cdot n_{\text{br}}} \quad (9.20)$$

with

$r_g$	growth relative to reference (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
$a_c$	constant ( $a_c = 0.617494$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
$b_c$	constant ( $b_c = 0.039585$ kg kg <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
$w_{\text{start}}$	animal start weight (in kg animal <sup>-1</sup> ), see Haenel and Dämmgen (2009a)
$\tau_{\text{day}}$	unit time period (in d ro <sup>-1</sup> )
$\tau_s$	mean duration of service period (cleansing time) (in d ro <sup>-1</sup> )
$a_{g, \text{male}}$	constant ( $a_{g, \text{male}} = -1010.7 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
$a_{g, \text{female}}$	constant ( $a_{g, \text{female}} = -645.3 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
$b_{g, \text{male}}$	constant ( $b_{g, \text{male}} = 78.343 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
$b_{g, \text{female}}$	constant ( $b_{g, \text{female}} = 61.586 \cdot 10^{-3}$ kg animal <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.2
$\beta$	mass conversion factor ( $\beta = 10^3$ kg Mg <sup>-1</sup> )
$\Sigma w_{\text{carcass}}$	overall mass of broilers slaughtered (carcass weights) (in Mg a <sup>-1</sup> ), see Chapter 9.4.2.3
$\alpha$	time unit conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$n_{\text{br}}$	total number of German broiler breeding places (for breeding place numbers see Chapter 9.4.1)

einen Modellansatz zur Ableitung eines nationalen Mastdauerwertes als Funktion des Gewichtes nach Schlachtung. Dieser Ansatz beinhaltet eine von der Mastdauer abhängige Parameterisierung der Reinigungsdauer, die – aufbauend u. A. auf Daten von KTBL (2004) Werte von bis zu zwei Wochen und länger ermöglicht. Im Gegensatz dazu liegen nach Experteneinschätzung (persönliche Mitteilung Dr. Ralf Kosch, Big Dutchman/Vechta, 10.02.2010) die Reinigungsdauern heutzutage bei 1 bis maximal 5 Tagen. Daher wurde für das vorliegende Inventar das Modell von Haenel und Dämmgen (2009b) unter Verzicht auf die o. g. Parameterisierung der Reinigungsdauer neu abgeleitet. Es ergibt sich daraus für den jährlich zu berechnenden Mastdauer-Parameter  $k_{\text{fin}}$  (Index für Jahr der Übersichtlichkeit halber weggelassen):

As mentioned above, the new model requires an externally prescribed service period. If the service periods calculated by the former model are used, the fattening period durations calculated by new model are identical to those calculated with the former model. This can be considered a validation of the new model.

Bei diesem neuen Modell ist die Reinigungsdauer vorzugeben. Werden dazu die vom ursprünglichen Modell von Haenel und Dämmgen (2009b) berechneten Reinigungsdauern verwendet, liefert das neue Modell Mastdauern, die mit den vom ursprünglichen Modell berechneten identisch sind. Damit kann das neue Modell als validiert gelten.

#### 9.4.2.5 Duration of the service period / Reinigungsdauer

For the inventory it was necessary to construct a smooth transition between the formerly long service periods and the shorter periods used nowadays. According to the literature (KTBL, 2004) used in the former model it is assumed that the longer service periods were used until the end of the 1990ies. From then on the transition shall take place. For this purpose, the duration of the service period is calculated until 1999 with the former model (see Haenel and Dämmgen, 2009a), and the value for 2009 was adjusted with the new model (see Chapter 9.4.2.4) to 2.3 days per round. This adjustment was based on the requirement that the mean duration of the fattening period reported for 2007/2008 by Streitz (2008), i. e. 37.7 days, was reproduced by the new model. Then for the years 2008 to 2008 a linear, year-dependent transition, was established:

Für das Inventar ist ein Übergang zwischen den früher üblichen großen Reinigungsdauern und der aktuellen niedrigeren Werten zu konstruieren. Entsprechend der in die alte Berechnungsmethode eingegangenen Literatur (KTBL, 2004) wird davon ausgegangen, dass die alte Methode bis Ende der 1990er Jahre Gültigkeit besitzt. Danach soll ein schrittweiser Übergang zum neuen niedrigeren Wert erfolgen. Dazu werden die Daten der Reinigungsdauer bis 1999 mit dem alten Mastdauer-Modell (siehe Haenel und Dämmgen, 2009a) berechnet, der Wert für 2009 wurde mit dem neuen Mastdauer-Modell (siehe Kapitel 9.4.2.4) so justiert (2,3 Tage pro Durchgang), dass für 2007/2008 die in Streitz (2008) berichtete mittlere Mastdauer von 37,7 Tagen erreicht wird. Für die Jahre 2000 bis 2008 einschließlich erfolgt ein jahresabhängig gewichteter Übergang:

$$\tau_{s,j} = (1 - f_{s,j}) \cdot \tau_{s,j,old} + f_{s,j} \cdot \tau_{s,2009} \quad (9.21)$$

where

$\tau_{s,j}$	mean duration of service period in year j (cleansing time) (in d ro <sup>-1</sup> )
j	year (2000 ≤ j ≤ 2008)
$\tau_{s,j,old}$	mean duration of service period in year j, calculated by the old model according to Haenel and Dämmgen (2009b) (in d ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{s,j,2009}$	mean duration of service period defined for 2009 (see text) (in d ro <sup>-1</sup> )

and

$$f_{s,j} = 0.1 \cdot (j - 1999) \quad (9.22)$$

with

$f_{s,j}$	year-dependent weighting factor (0.1 ≤ $f_{s,j}$ ≤ 0.9)
j	year (2000 ≤ j ≤ 2008)

Eventually, the inventory calculations are based on the time series of the national mean of the service period duration as provided below:

Damit liegt dem Inventar die folgende Zeitreihe des nationalen Mittelwertes der Reinigungsdauer zugrunde:

Table 9.14: Broilers, duration of cleansing period  $\tau_{service}$  (in d ro<sup>-1</sup>)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
16.4	16.0	16.5	15.1	14.3	11.1	12.5	10.9	13.0	11.7
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
14.5	13.3	11.5	10.6	9.8	8.4	6.8	5.4	3.8	2.3

### 9.4.3 Energy requirements / Energiebedarf

#### 9.4.3.1 Metabolisable energy / Umsetzbare Energie

The overall requirements of metabolisable energy  $ME_{br}$  (daily average per place) are deduced from the following relation:

$$ME_{br} = ME_m + ME_g \quad (9.23)$$

where

$ME_{br}$	requirements of metabolisable energy (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_m$	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)

In contrast to the treatment of laying hens, the equation to describe ME does not contain a term to describe the energy required to obtain food. Such a share is not mentioned explicitly in the literature. It is assumed that the amount is part of the reported  $ME_m$  data.

Im Hinblick auf eine bedarfsgerechte Fütterung gilt für den auf einen Tierplatz bezogenen tagesmittleren Bedarf an metabolisierbarer Energie  $ME_{br}$ :

Anders als bei Legehennen enthält die ME-Gleichung keinen Energieaufwand zur Futtersuche. Ein solcher Anteil wird in der verfügbaren Literatur nicht gesondert ausgewiesen. Es wird angenommen, dass er in den berichteten  $ME_m$ -Daten enthalten ist.

#### 9.4.3.2 Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie

The energy balances of male and female broilers differ from one another. This is accounted by using the share of males,  $x_{male}$ , in the overall population. Official data for this share are missing. A ratio  $x_{male}$  of 0.5 is used in accordance with animal performance and feed composition contests (Haenel and Dämmgen, 2009a).

Masthähnchen und –hühnchen weichen in ihrem Energiehaushalt voneinander ab. Mit Hilfe des relativen Anteils der männlichen Broiler an der Gesamtpopulation,  $x_{male}$ , werden die beiden Geschlechter formal getrennt berücksichtigt. Mangels offizieller Daten wird  $x_{male}$  unter Bezug auf Zuchttier- und Futtermittelprüfungen mit 0,5 angesetzt (Haenel und Dämmgen, 2009a).

$$ME_m = x_{male} \cdot ME_{m, male} + (1 - x_{male}) \cdot ME_{m, female} \quad (9.24)$$

where

$ME_m$	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$x_{male}$	fraction of males with respect to total broiler population (in pl pl <sup>-1</sup> )
$ME_{m, male}$	metabolisable energy required for daily maintenance by males (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{m, female}$	metabolisable energy required for daily maintenance by females (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)

with

$$ME_{m, i} = \eta_{ME, m} \cdot \frac{\sum W_i}{\tau_{round}} \quad (9.25)$$

where

$i$	$i = \text{male, female}$
$ME_{m, i}$	metabolisable energy required for daily maintenance by gender I (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, m}$	specific metabolisable energy required for daily maintenance (see below)
$\sum W_i$	cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg d pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{round}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )

In accordance with GfE (2000, equation 1.3.11), the specific metabolisable energy required for daily maintenance for laying hens is used by analogy ( $\eta_{ME, m} = 0.48 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ ).

Die spezifische metabolisierbare Energie  $\eta_{ME, m}$  wird nach GfE (2000, Gleichung 1.3.11) in Analogie zu Legehennen mit  $0,48 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$  angesetzt.

Das geschlechtsabhängige kumulative metabo-

The gender-dependent cumulative metabolic weight  $\Sigma W_i$  ( $i$  = male, female) is defined by Equation (9.26). The calculation is performed according to the approach used for layers (see Chapter 9.3.3.2):

$$\Sigma W_i = w_{m, \text{ref}} \cdot \left[ \tau_{\text{char}, \text{br}, i} \cdot \left( \frac{w_{\text{start}}}{w_{\text{ref}}} \right)^{0.75} + (\tau_{\text{lifespan}} - \tau_{\text{char}, \text{br}, i}) \cdot \left( \frac{w_{\text{fin}, i}}{w_{\text{ref}}} \right)^{0.75} \right] \quad (9.26)$$

where

$\Sigma W_i$	cumulative metabolic weight (in $\text{kg d an}^{-1} \text{ ro}^{-1} = \text{kg d pl}^{-1} \text{ ro}^{-1}$ )
$w_{m, \text{ref}}$	reference weight ( $w_{m, \text{ref}} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )
$\tau_{\text{char}, \text{br}, i}$	characteristic time scale of growth for $i$ = male, female ( $\text{d ro}^{-1}$ )
$w_{\text{start}}$	animal weight at the beginning of the round (in $\text{kg an}^{-1}$ )
$\tau_{\text{lifespan}}$	lifespan of laying hens (in $\text{d ro}^{-1}$ )
$w_{\text{fin}, i}$	animal weight at the end of the round for $i$ = male, female (in $\text{kg an}^{-1}$ )

The characteristic time parameter  $\tau_{\text{char}, \text{br}, i}$  is calculated as function of lifespan (cf. Haenel and Dämmgen, 2009a):

Der charakteristische Zeitparameter  $\tau_{\text{char}, \text{br}, i}$  ist nach Haenel und Dämmgen (2009a) als Funktion der Mastdauer zu berechnen:

$$\tau_{\text{char}, \text{br}, i} = a_{\tau, i} + b_{\tau, i} \cdot k_{\text{fin}} + c_{\tau, i} \cdot k_{\text{fin}}^2 \quad (9.27)$$

where

$i$	gender index ( $i$ = male, female)
$k_{\text{fin}}$	number of final day of fattening period
$a_{\tau, i}$	constant ( $a_{\tau, \text{male}} = -1.419952 \text{ d ro}^{-1}$ , $a_{\tau, \text{female}} = -1.502001 \text{ d ro}^{-1}$ )
$b_{\tau, i}$	constant ( $b_{\tau, \text{male}} = 0.689000 \text{ d ro}^{-1}$ , $b_{\tau, \text{female}} = 0.713653 \text{ d ro}^{-1}$ )
$c_{\tau, i}$	constant ( $c_{\tau, \text{male}} = -0.002281 \text{ d ro}^{-1}$ , $c_{\tau, \text{female}} = -0.003068 \text{ d ro}^{-1}$ )

#### 9.4.3.3 Metabolisable energy required for growth / Energiebedarf für Wachstum

The mean requirements can be derived from the respective gender-specific metabolisable energies:

Der mittlere ME-Bedarf ergibt sich aus den geschlechtsabhängigen Anteilen:

$$ME_g = x_{\text{male}} \cdot ME_{g, \text{male}} + (1 - x_{\text{male}}) \cdot ME_{g, \text{female}} \quad (9.28)$$

where

$ME_g$	metabolisable energy required for growth (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$x_{\text{male}}$	fraction of males with respect to total broiler population (in $\text{pl pl}^{-1}$ )
$ME_{g, \text{male}}$	metabolisable energy required for growth by males (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$ME_{g, \text{female}}$	metabolisable energy required for growth by females (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )

with

$$ME_{g, i} = \eta_{\text{ME}, g, i} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}, i}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.29)$$

where

$ME_{g, i}$	metabolisable energy required for growth, $i$ = male, female (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1} \text{ ME}$ )
$\eta_{\text{ME}, g, i}$	specific metabolisable energy required for growth, $i$ = male, female (in $\text{MJ kg}^{-1} \text{ ME}$ )
$\Delta w_{\text{round}, i}$	animal weight gain per place and round, $i$ = male, female (in $\text{kg an}^{-1} = \text{kg pl}^{-1} \text{ ro}^{-1}$ )
$\tau_{\text{round}}$	duration of production cycle (in $\text{d ro}^{-1}$ )



The specific energy requirements  $\eta_{ME, g, i}$  depend on the duration of the fattening period (Haenel and Dämmgen, 2009a):

$$\eta_{ME, g, i} = a_{\eta, i} + b_{\eta, i} \cdot k_{fin} + c_{\eta, i} \cdot k_{fin}^2 \quad (9.30)$$

where

$\eta_{ME, g, i}$	specific metabolisable energy required for growth, i = male, female (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$k_{fin}$	number of final day of fattening period
$a_{\eta, i}$	constant ( $a_{\eta, male} = 11.253984 \text{ MJ kg}^{-1}$ , $a_{\eta, female} = 11.2224501 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$b_{\eta, i}$	constant ( $b_{\eta, male} = 0.204377 \text{ MJ kg}^{-1}$ , $b_{\eta, female} = 0.214422 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$c_{\eta, i}$	constant ( $c_{\eta, male} = -0.001865 \text{ MJ kg}^{-1}$ , $c_{\eta, female} = -0.001704 \text{ MJ kg}^{-1}$ )

The analysis of various time series of contests (breeding animal performance contests, feed conversion contests, see Haenel and Dämmgen 2009a) showed deviations of -15.8 to + 7.4 % from metabolisable energy requirements calculated according to the GfE (2000) equations given above. New broiler lines with improved feed exploitation (Simon and Stegemann, 2007) will have energy requirements consistently lower than those given by the GfE (2000) approach. At the time being, lack of data inhibits adequate modelling of this effect.

Der spezifische Energiebedarf  $\eta_{ME, g, i}$  kann als Funktion der Mastdauer berechnet werden (Haenel und Dämmgen, 2009a):

Die Auswertung einer Reihe von Zucht- und Futterwertleistungsprüfungen (Haenel und Dämmgen, 2009a) erbrachte Abweichungen der aufgenommenen metabolisierbaren Energie vom oben beschriebenen GfE (2000)-Ansatz zwischen -15,8 % und +7,4 %. Für neue Hähnchenlinien mit verbesserter Futterverwertung (Simon und Stegemann, 2007) wird mit einer dauerhaften Unterschreitung des durch GfE (2000) gegebenen Energiebedarfs zu rechnen sein. Eine Modellierung ist mangels geeigneter Daten bisher nicht möglich.

#### 9.4.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

In general, broiler feeding is split up in three phases. A special feed for chicks is given normally until day 11, followed by the fattening feed, which is replaced by a special feed about four to five days before slaughtering. The first-phase feed has a lesser ME content and a higher content of crude protein (XP) than the feed within the subsequent two phases. The latter differ only slightly from each other with respect to ME and XP contents.

As the duration of the fattening period and the animal performances have been varying and the feed composition has varied to some extent, it has been impossible to establish national and representative time series of mean feed properties such as  $\eta_{ME}$  and  $x_{XP}$ . Data originating from breeding performance and feed quality contests offered some guidance which resulted in the respective data for the raw protein content in Table 9.15. The ME content can be assumed to be 13 MJ kg<sup>-1</sup>.

Die Fütterung ist im Allgemeinen dreiphasig. Das Kükenfutter wird meist bis zum 11. Tag verabreicht, danach folgt das Mastfutter, und ca. vier bis fünf Tage vor dem Schlachttermin wird die Fütterung auf Absatzfutter umgestellt. Die Fütterung in der Anfangsphase weist einen geringeren Gehalt an ME und einen höheren Gehalt an Rohprotein (XP) auf als die nachfolgenden beiden Phasen, die sich bzgl. ME- und XP-Gehalt i. d. R. kaum voneinander unterscheiden.

Wegen variierender Mastdauer, unterschiedlichem Leistungsverhalten der Tiere und gewisser Toleranzen in der Futtermittelproduktion ist es prinzipiell unmöglich, bundesweit repräsentative Jahresmittelwerte für Futtereigenschaften ( $\eta_{ME}$ ,  $x_{XP}$ ) zu ermitteln. Zucht- und Futtermittelprüfungen erlauben jedoch die Ableitung von Richtwerten (Haenel und Dämmgen, 2009a). Table 9.15 zeigt die Zeitreihe der Rohproteingehalte, während der ME-Gehalt konstant mit 13 MJ kg<sup>-1</sup> angesetzt werden kann.

Table 9.15: Broilers, time series of raw protein content in feed  $x_{XP}$  (kg kg<sup>-1</sup>)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.220
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0.220	0.220	0.220	0.210	0.210	0.210	0.205	0.205	0.205	0.205

Source: Haenel and Dämmgen (2009a) except for 2009, where the 2008 value has been adopted.

No data are available for the digestibility  $X_{DE, br}$ . Thus, the value used for pullets is used instead ( $X_{DE, br} = 0.779 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ).

According to Wecke et al. (2006),  $X_{ME, br}$  is  $0.72 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

Due to lack of information, these values of are assumed to be constant with time and space.

The gross energy intake  $GE_{br}$  is given by:

$$GE_{br} = \frac{ME_{br}}{X_{ME, br}} \quad (9.31)$$

where

$GE_{br}$	gross energy intake (in $\text{MJ pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )
$ME_{br}$	requirements of metabolisable energy (in $\text{MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )
$X_{ME, br}$	metabolisability (in $\text{MJ MJ}^{-1}$ , see below)

#### 9.4.5 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

#### 9.4.6 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.4.3.3.

The amounts of VS excreted are calculated according to Chapter 3.4.1, taking the gross energy, the digestibility and the ash content into account.

The mean digestibility  $X_{DE}$  needed to calculate VS is given in Chapter 9.4.4.

According to a compilation of values of ash content in broiler excreta (cf. Hennig and Poppe, 1975),  $x_{ash, br} = 0.18 \text{ kg kg}^{-1}$  is assumed. Due to lack of better knowledge,  $x_{ash, br}$  is taken as constant in time since 1990.

The manure of broilers is stored as solid.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are  $0.36 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  and  $0.015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ C}$  respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Für die Verdaulichkeit  $X_{DE, br}$  konnten keine Daten ermittelt werden, weshalb der Junghennen-Wert  $0.779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  verwendet wird.

Nach Wecke et al. (2006) wird  $X_{ME, br}$  mit  $0.72 \text{ MJ MJ}^{-1}$  angesetzt.

Mangels besserer Informationen werden diese Werte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Für die Bruttoenergie-Aufnahme  $GE_{br}$  gilt:

Zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen der VS-Ausscheidungen werden nach Kapitel 3.4.1 aus der Gesamtenergie, der Verdaulichkeit und dem Aschegehalt berechnet.

Die zur VS-Berechnung benötigte mittlere Verdaulichkeit  $X_{DE}$  ist in Kapitel 9.4.4 angegeben.

Basierend auf einer Literatursauswertung in Hennig und Poppe (1975) wird der Aschegehalt im Broiler-Kot mit  $x_{ash, br} = 0.18 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt. Dieser Wert wird mangels besserer Kenntnis seit 1990 als zeitlich konstant angenommen.

Der Mist von Masthähnchen und -hühnchen wird trocken gelagert.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$   $0.36 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$  und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen  $0.015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ C}$ . (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 9.4.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

For the calculation of NMVOC emissions, a simpler methodology is used.

There is no differentiation with respect to animal categories. The emission factors (cf. Chapter 3.4.4) for poultry are related to  $\text{NH}_3$  emissions and listed in Table 9.2.

NMVOC-Emissionen werden wie für alle Hühner nach einem einfachen Verfahren ermittelt.

Die Emissionsfaktoren sind nicht nach Tierkategorien differenziert. Die auf  $\text{NH}_3$ -Emissionen bezogenen NMVOC-Emissionsfaktoren (vgl. Kapitel 3.4.4) sind in Table 9.2 zusammengestellt.

#### 9.4.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

##### 9.4.8.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as a function of performance and feed properties.

Mass conservation allows the determination of the amount of N excreted annually as the difference between N intakes with feed and N used for growth:

Die Ausscheidungen werden in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung berechnet.

Unter Berücksichtigung der Massenerhaltung ergibt sich die Menge der jährlichen N-Ausscheidungen pro Tierplatz als Differenz von N-Aufnahme durch Nahrung und N-Verbrauch für Zuwachs:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.32)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )

The calculation of the amount of UAN excreted (which is a share of the amount of N excreted) is based on the digestibility of raw protein  $X_{\text{XP}}$ :

Die ausgeschiedene UAN-Menge, die eine Teilmenge der ausgeschiedenen N-Menge darstellt, wird wie folgt mit der Rohprotein-Verdaulichkeit  $X_{\text{XP}}$  berechnet:

$$UAN_{\text{excr}} = X_{\text{XP}} \cdot m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.33)$$

where

$UAN_{\text{excr}}$	amount of UAN excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$X_{\text{XP}}$	crude protein digestibility $X_{\text{XP}}$ (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )

In Ermangelung von  $X_{\text{XP}}$  wird ersatzweise mit der Verdaulichkeit von Energie  $X_{\text{DE}}$  gerechnet. Der Wert hierfür wird von den Junghennen (siehe Kapitel 9.5.8.1) übernommen, da für Masthähnchen und -hühnchen derzeit kein  $X_{\text{DE}}$ -Wert verfügbar ist.

##### 9.4.8.2 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter

The amount of N taken in with feed can be calculated from the amount of feed and the crude protein (XP) content of the feed:

Die Menge des mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs berechnet sich mit Hilfe von Futtermenge und Rohprotein-(XP-)Gehalt:

$$m_{\text{feed}} = x_{\text{N}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot \alpha \cdot \left( m_{\text{F}} \cdot \frac{\tau_{\text{lifespan}}}{\tau_{\text{round}}} \right) \quad (9.34)$$

where

$m_{\text{feed}}$	nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25$ kg kg <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{XP, feed}}$	crude protein content of feed (in kg kg <sup>-1</sup> XP)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{F}}$	daily feed intake (in kg d <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lifespan}}$	span of animal lifetime within a round (in d ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{round}}$	duration of round (in d ro <sup>-1</sup> )

For the XP contents of normal feed see. No information is available for N reduced feed. The assessment of excretions makes use of the assumption that broiler production in Germany is based on a “normal” feed composition.

Feed intake is governed by ME requirements ( $ME_{\text{br}}$ ), see Chapter 9.4.3.1. Keeping in mind that the daily feed requirements are related to the individual, whereas  $ME_{\text{br}}$  is related to the animal place, the amount of feed  $m_{\text{F}}$  can be calculated as:

$$m_{\text{F}} = \frac{ME_{\text{br}}}{\eta_{\text{ME, feed}}} \cdot \frac{\tau_{\text{round}}}{\tau_{\text{lifespan}}} \quad (9.35)$$

where

$m_{\text{F}}$	daily feed intake (in kg d <sup>-1</sup> an <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{br}}$	requirements of metabolisable energy (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{ME, feed}}$	content of metabolisable energy in feed ( $\eta_{\text{ME, feed}} = 11.26$ MJ kg <sup>-1</sup> ME, see Chapter 9.4.3.1)
$\tau_{\text{round}}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lifespan}}$	span of animal lifetime within a round (in d ro <sup>-1</sup> )

#### 9.4.8.3 *N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper*

LfL (2006a) quantify the specific retention with 0.035 kg kg<sup>-1</sup> N. The description of broilers by GfE (2000, Table 2.3.1) suggests a smaller N retention, which is depending on the age of the animal and to some extent on its gender. If one disregards the influence of genders, the N retention of broilers  $x_{\text{N, ret, br}}$  can be described for animals between 21 and 56 days of life (Haenel and Dämmgen, 2009a):

$$x_{\text{N, ret}} = a_{\text{ret}} + b_{\text{ret}} \cdot k_{\text{fin}} + c_{\text{ret}} \cdot k_{\text{fin}}^2 \quad (9.36)$$

where

$x_{\text{N, ret}}$	gender-averaged specific N retention as function of lifespan (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$k_{\text{fin}}$	number of final day of fattening period
$a_{\text{ret}}$	constant ( $a_{\text{ret}} = 2.3806 \cdot 10^{-2}$ kg kg <sup>-1</sup> N)
$b_{\text{ret}}$	constant ( $b_{\text{ret}} = 2.5244 \cdot 10^{-4}$ kg kg <sup>-1</sup> N)
$c_{\text{ret}}$	constant ( $c_{\text{ret}} = -1.9964 \cdot 10^{-6}$ kg kg <sup>-1</sup> N)

N retention  $m_{\text{g}}$  is then obtained from:

Table 9.15 gibt den XP-Gehalt von nicht N-reduziertem Futter an. Informationen zu N-angepasster Fütterung sind nicht verfügbar. Die Ausscheidungsrechnungen gehen von nicht N-reduziertem Futter aus.

Die tägliche Futteraufnahme ist eine Funktion des umsetzbaren Energiebedarfs  $ME_{\text{br}}$  (siehe Kapitel 9.4.3.1). Der tägliche Futterbedarf  $m_{\text{F}}$  bezieht sich auf das Tier, während  $ME_{\text{br}}$  pro Tierplatz bestimmt wird. Bei bedarfsgerechter Fütterung gilt:

LfL (2006a) gibt die spezifische N-Retention mit 0,035 kg kg<sup>-1</sup> N an. Der Broiler-Datensatz in GfE (2000, Tabelle 2.3.1) deutet eher auf eine niedrigere N-Retention hin, die überdies alters- und in geringem Maße geschlechtsabhängig ist. Unter Vernachlässigung der Geschlechtsabhängigkeit ergibt sich in guter Näherung eine Formel für die spezifische N-Retention  $x_{\text{N, ret, br}}$ , die für Haltungsdauern von 21 bis 56 Tage anwendbar ist (Haenel und Dämmgen, 2009a):

Die N-Retention  $m_{\text{g}}$  folgt dann aus:

$$m_g = x_{N,ret} \cdot \alpha \cdot \frac{[x_{male} \cdot w_{fin, male} + (1 - x_{male}) \cdot w_{fin, female}] - w_{start}}{\tau_{round}} \quad (9.37)$$

where

$m_g$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{N,ret}$	gender-averaged specific N retention as function of lifespan (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$x_{male}$	male broiler fraction of total population (in pl pl <sup>-1</sup> )
$w_{fin, male}$	weight of male broiler at the end of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{fin, female}$	weight of female broiler at the end of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{start}$	animal weight at the beginning of the round (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{round}$	duration of round (in d ro <sup>-1</sup> )

#### 9.4.8.4 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

Bedding is considered to be straw. For the properties of straw see Chapter 3.6.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of bedding material to be applied per animal place and year is given in the following table.

Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Nachfolgende Tabelle gibt die jährlich pro Tierplatz zu berücksichtigende Einstreumenge an.

Table 9.16: Broilers, amounts of N inputs with straw in German broiler houses

Animal house type	straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
mean of all housing systems	1.4	1.20	6.0 · 10 <sup>-3</sup>	3.0 · 10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006) Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07, pg. 586

#### 9.4.8.5 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

According to Döhler et al. (2002), Tables 3.11 and A6, a mean emission factor for bedded systems of 0.138 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N related to N excretion should be used.

For the partial NH<sub>3</sub> emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.17 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.5.4).

For spreading a factor of 0.45 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N related to UAN is chosen, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.4).

Immobilisation of TAN from UAN is not considered. It is assumed that the dry conditions impede the immobilisation process.

An overall uncertainty of 30 % is assumed for NH<sub>3</sub> emission factors with a normal distribution.

The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.2, Table 9.3.

Nach Döhler et al. (2002), Tabellen 3.11 und A6, wird für die Haltung mit Einstreu ein mittlerer Wert von 0,138 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N bezogen auf die N-Ausscheidung angesetzt.

Der partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,17 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.5.4).

Für die Ausbringung wird ein partieller Emissionsfaktor von 0,45 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N in Bezug auf vorhandenes UAN angesetzt (vgl. Table 9.4, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Immobilisierung von TAN aus UAN in der Einstreu wird nicht berücksichtigt, da von mangelnder Feuchtigkeit ausgegangen wird.

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe Kapitel 9.2.2, Table 9.3.

#### 9.4.9 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

EMEP(2009)-4B-17 Table 3-4 list the following particle emission factors for broilers: 0.052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Nach EMEP(2009)-4B-17 Table 3-4 lauten PM-Emissionsfaktoren für Masthähnchen und -hühnchen: 0,052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

#### 9.4.10 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 9.17: Broilers, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.21	
		NM VOC	EM1005.52	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.23	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.100	EM1009.102
		NO	EM1009.155	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.17	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.41	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.27	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.21	
		NM VOC	IEF1005.48	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.20	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.86	
		NO	IEF1009.118	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.16	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.38	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.15	AI1005POU.29

## 9.5 Pullets / Junghennen

Pullets are young hens between hatching and the beginning of egg production (18<sup>th</sup> week). They do not yet produce eggs.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.18.

Zukünftige Legehennen werden in der Zeit vom Schlüpfen bis zu Ihrer Einstellung nach der 18. Lebenswoche als Junghennen bezeichnet. Junghennen legen noch keine Eier.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.18 zusammengestellten Verfahren.

Table 9.18: Pullets, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation					
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
NMVO	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national	district	district	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national	district	district	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 9.5.1 Animal numbers / Tierzahlen

In StatLA C III 1 – vj 4, the Statistical Offices of the federal states provide numbers for laying hens and pullets. These numbers cannot be used, as they do not differentiate between the two subcategories adequately: the 6 months used as criterion do not reflect the present agricultural practice (see Chapter 9.3.1).

The numbers of pullets  $n_{pu}$  relevant for the inventory are derived using the procedure described in Chapter 9.3.1.

Die Statistischen Landesämter stellen in StatLA C III 1 – vj 4 Tierzahlen für Legehennen und Junghennen bereit. Die dort genannten Tierzahlen können allerdings nicht verwendet werden, weil die Trennung der beiden Tierkategorien bei einem Alter von 6 Monate erfolgt und damit nicht der praxisübliche Vorgehensweise entspricht (s. Kapitel 9.3.1).

Die für das Inventar relevanten Tierzahlen  $n_{pu}$  werden nach den Überlegungen in Kapitel 9.3.1 abgeleitet.

$$n_{pu} = (n_{AA} + n_{AB}) \cdot \frac{\tau_{round, pu}}{\tau_{round, lh} + \tau_{round, pu}} \quad (9.38)$$

where

$n_{pu}$	number of pullet places considered
$n_{AA}$	animal place numbers of type AA in the German census (see Table 9.1)
$n_{AB}$	animal place numbers of type AB in the German census (see Table 9.1)
$\tau_{round, lh}$	duration of round for laying hens ( $\tau_{round, lh} = 441 \text{ d ro}^{-1}$ )
$\tau_{round, pu}$	duration of round for pullets ( $\tau_{round, pu} = 142 \text{ d ro}^{-1}$ )

The overall uncertainty is assumed to be < 10 %. The inventory assumes an uncertainty of 10 % which is interpreted as the standard error.

From 2005 on, the animal numbers are available in hundreds only. This does not lead to any significant changes of the uncertainty.

Die Unsicherheit der Tierzahlen wird auf < 10 % geschätzt. Für das Inventar wird von einer Unsicherheit (Standardfehler) von 10 % ausgegangen. Die angenommene Verteilung ist normal.

Von 2005 an werden die Tierzahlen nur noch mit einer Auflösung von hundert Stück angegeben. Dies ist ohne nennenswerten Einfluss auf die Unsicherheit.

### 9.5.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The relevant performance criterion of pullets is their weight gain from chick (starting weight fixed to

Der Leistungsparameter für Junghühner ist ihr Gewichtszuwachs von 45 g an<sup>-1</sup> als Küken (einheitlich

45 g an<sup>-1</sup>, see Daenischessen, 2006) to the final weight of about 1.3 kg an<sup>-1</sup> (mean for 2005 and various breeds, equal to  $w_{\text{start, lh}}$ ). In 1990, the final weight was 1.55 kg an<sup>-1</sup> (for sources of information see Table 9.18), and the life period between hatching and egg production was slightly longer than nowadays. However, this cannot be reflected in the subsequent calculation procedure, as reliable and representative data are still missing. The final weight equals the start weight of laying hens (see Chapter 9.3.2).

angenommenes Anfangsgewicht nach Daenischessen, 2006) bis zu ca. 1,3 kg an<sup>-1</sup> (Mittelwert 2005 für verschiedene Rassen) am Ende der Aufzuchtphase. 1990 betrug das mittlere Endgewicht noch ca. 1,55 kg an<sup>-1</sup> (siehe Quellenangaben Table 9.18). Die Aufzuchtdauer war etwas länger als heutzutage, was mangels verlässlicher und repräsentativer Daten im nachfolgenden Berechnungsverfahren nicht berücksichtigt wird. Das Endgewicht entspricht dem Anfangsgewicht in der Legehennenhaltung (s. Kapitel 9.3.2).

### 9.5.3 Energy requirements /Energiebedarf

The daily requirements for metabolisable energy of pullets is obtained from:

$$ME_{\text{pu}} = ME_{\text{m}} + ME_{\text{f}} + ME_{\text{g}} \quad (9.39)$$

where

$ME_{\text{pu}}$	requirements of metabolisable energy (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{\text{m}}$	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{\text{f}}$	metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{\text{g}}$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)

Methods to calculate  $ME_{\text{m}}$ ,  $ME_{\text{f}}$  and  $ME_{\text{g}}$  are not available at present. However, there is a close relation between the feed intake per round and the weight gain (e.g. Halle 2002; Richter and Kolb 2005). If one assumes feeding according to energetic requirements, one can use the following equation:

Für den täglichen Bedarf an umsetzbarer Energie gilt für Junghennen:

Methoden zur Berechnung von  $ME_{\text{m}}$ ,  $ME_{\text{f}}$  und  $ME_{\text{g}}$  sind derzeit nicht verfügbar. Es besteht aber ein enger Zusammenhang zwischen der pro Durchgang aufgenommenen Futtermenge und der erreichten Gewichtszunahme (z. B. Halle 2002; Richter und Kolb 2005). Unter Annahme einer bedarfsgerechten Fütterung ergibt sich daraus:

$$ME_{\text{m}} + ME_{\text{f}} + ME_{\text{g}} = \eta_{\text{ME, feed}} \cdot \left( x_{\text{feed, pu}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}}}{\tau_{\text{round}}} \right) \quad (9.40)$$

where

$ME_{\text{m}}$	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{\text{f}}$	metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$ME_{\text{g}}$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{\text{ME, feed}}$	content of metabolisable energy in pullet diet (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$x_{\text{feed, pu}}$	pullet diet mass needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{round}}$	duration of round (in d ro <sup>-1</sup> )

The term in brackets describes the total amount of feed taken in during the period of upbringing. Haenel and Dämmgen (2007a) derive ME contents of  $\eta_{\text{ME, feed}} = 11.2 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  and a feeding effort of  $x_{\text{feed, pu}} = 5.12 \text{ kg kg}^{-1}$ .

The animal round  $\tau_{\text{round}}$  comprises the period of raising,  $\tau_{\text{lifespan, pu}} = 128 \text{ d ro}^{-1}$  (KTBL, 2004, pg. 480) and the service time  $\tau_{\text{service, pu}} = 14 \text{ d ro}^{-1}$  (Geflügeljahrbuch 2005, pg. 79).

Der Klammerausdruck repräsentiert die während der Aufzucht insgesamt aufgenommene Futtermenge. Nach Haenel und Dämmgen (2007a) wird der ME-Gehalt mit  $\eta_{\text{ME, feed}} = 11,2 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ ME}$  und der Futteraufwand mit  $x_{\text{feed, pu}} = 5,12 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt.

Die Durchgangsdauer  $\tau_{\text{round}}$  umfasst die Aufzuchtdauer  $\tau_{\text{lifespan, pu}}$  von 128 d ro<sup>-1</sup> (KTBL, 2004, S. 480) und die Reinigungszeit  $\tau_{\text{service, pu}}$  (14 d ro<sup>-1</sup>) (nach Geflügeljahrbuch 2005, S. 79).



#### 9.5.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

For this inventory it is assumed that the feed composition given in Table 9.19 is representative of the feed used in pullet production.

Für das Inventar wird davon ausgegangen, dass in den Junghennenproduktion Futter eingesetzt werden, wie sie in Table 9.19 beschrieben sind.

Table 9.19: Pullets, diets used in pullet feeding, related energies, and nitrogen contents (*GE*, *DE* and *ME* related to dry matter *DM*)

Representative values for phase feeding are given in footnotes. For pullet feeds 1A/1B, energy content calculations are based on data in Beyer et al. (2004)

Feed type	Lifetime period (weeks)	Major components	<i>GE</i> in MJ kg <sup>-1</sup>	<i>DE</i> in MJ kg <sup>-1</sup>	<i>ME</i> in MJ kg <sup>-1</sup>	<i>x<sub>N</sub></i> in kg kg <sup>-1</sup>
pullets 1A <sup>1,a</sup>	1 to 8	maize, wheat, barley, soybean meal, peas, dried grass meal, soybean oil	16.0	12.5	11.3	0.0291
pullets 1B <sup>1,a</sup>	9 to 18	maize, wheat, barley, soybean meal, dried grass meal	15.7	12.2	11.2	0.0230
pullets 2A <sup>2,b</sup>	1 to 2				11.4	0.0352 to 0.0376
pullets 2B <sup>2,b</sup>	3 to 6				11.0	0.0272 to 0.0296
pullets 2C <sup>2,b</sup>	7 to 12				10.6	0.0240 to 0.0264
pullets 2D <sup>2,b</sup>	13 to 18				10.6	0.0192 to 0.0216
pullets 3A <sup>3,c</sup>	1 to 3				12.0	0.0336
pullets 3B <sup>3,c</sup>	4 to 8				11.4	0.0296
pullets 3C <sup>3,c</sup>	9 to 16				11.4	0.0232
pullets 3D <sup>3,c</sup>	17 to 19				11.6	0.0280
pullets 4A <sup>4,d</sup>	1 to 3				12.0	0.0336
(N reduced) pullets 4B <sup>4,d</sup>	4 to 7				11.4	0.0272
(N reduced) pullets 4C <sup>4,d</sup>	8 to 12				11.4	0.0224
(N reduced) pullets 4D <sup>4,d</sup>	13 to 16				11.2	0.0208
(N reduced) pullets 4E <sup>4,d</sup>	17 to 19				11.4	0.0264

<sup>a</sup> Intake weighted phase averages: *GE* = 15.77 MJ kg<sup>-1</sup>, *DE* = 12.28 MJ kg<sup>-1</sup>, *ME* = 11.23 MJ kg<sup>-1</sup>, *x<sub>N</sub>* = 0.0247 kg kg<sup>-1</sup>.

<sup>b</sup> Intake weighted averages for phase A to D: *ME* = 10.68 MJ kg<sup>-1</sup>, *x<sub>N</sub>* (minimum) 0.0224 kg kg<sup>-1</sup> and 0.0248 kg kg<sup>-1</sup>, *x<sub>N</sub>* (maximum) 0.222 kg kg<sup>-1</sup> and 0.196 kg kg<sup>-1</sup>.

<sup>c</sup> Intake weighted averages for phases A to D: *ME* = 11.46 MJ kg<sup>-1</sup>, *x<sub>N</sub>* = 0.0258 kg kg<sup>-1</sup>.

<sup>d</sup> Intake weighted averages for phases A to E: *ME* = 11.34 MJ kg<sup>-1</sup>, *x<sub>N</sub>* = 0.0234 kg kg<sup>-1</sup>.

Sources: <sup>1</sup> Halle (2002); <sup>2</sup> KTBL (2004), pp. 495/496; <sup>3,4</sup> DLG (2005), pg. 46

For this type of two-phase feeding, the digestibility *X<sub>DE, pu</sub>* was obtained as 0.779 MJ MJ<sup>-1</sup> (Haenel and Dämmgen, 2007a). It is assumed to be constant over the time series.

The actual feed intake was combined with the metabolisability of the relevant feed components. For the two-phase production system the mean effective metabolisability was calculated: *X<sub>ME, pu</sub>* = 0.712 MJ MJ<sup>-1</sup> (Haenel and Dämmgen, 2007a). It is assumed to be constant with time as further information is not available at present.

Gross energy intake is determined as follows:

$$GE_{pu} = \frac{ME_{pu}}{X_{ME, pu}}$$

Für die Verdaulichkeit *X<sub>DE, pu</sub>* wurde anhand dieser Zweiphasenfütterung ein Wert von 0,779 MJ MJ<sup>-1</sup> ermittelt (Haenel und Dämmgen, 2007a). Dieser Wert wird als zeitlich konstant angesehen.

Aus der tatsächlichen Futteraufnahme wurde unter Verwendung üblicher Werte für die Umsetzbarkeit der relevanten Futterbestandteile einer Zweiphasenfütterung die effektive Umsetzbarkeit *X<sub>ME, pu</sub>* berechnet (Haenel und Dämmgen, 2007a), die mangels besserer Informationen als zeitlich konstant angenommen wird: *X<sub>ME, pu</sub>* = 0,712 MJ MJ<sup>-1</sup>.

Für die Bruttoenergie-Aufnahme gilt:

$$(9.41)$$

where

$GE_{pu}$	gross energy intake (in MJ $pl^{-1} d^{-1}$ )
$ME_{pu}$	requirements of metabolisable energy (in MJ $an^{-1} d^{-1}$ )
$X_{ME, pu}$	metabolisability (in MJ $MJ^{-1}$ , see above)

### 9.5.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.5.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.4.3.3.

The amounts of VS excreted are calculated according to Chapter 3.4.1, taking the gross energy, the digestibility and the ash content into account.

The mean digestibility  $X_{DE}$  needed to calculate VS is given in Chapter 9.5.4.

According to data listed in Hennig and Poppe (1975), the ash content of pullet excreta is assumed to be  $x_{ash, pu} = 0.13 \text{ kg kg}^{-1}$ . As no other information is available,  $x_{ash, lh}$  und  $X_{DE, lh}$  are assumed to be constant with time since 1990.

The manure of pullets is stored as solid.

IPCC (1996) does not differentiate between various species among poultry. IPCC (2006) does not provide data for pullets. Hence, Germany uses for pullets the maximum  $B_o$  value provided by IPCC (2006), Table 10A-9, for poultry (laying hens,  $0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ .) For the MCF the value is used which is provided by IPCC (2006) for all poultry ( $0.015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ CH}_4$ ).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen der VS-Ausscheidungen werden nach Kapitel 3.4.1 aus der Gesamtenergie, der Verdaulichkeit und dem Aschegehalt berechnet.

Die dafür benötigte mittlere Verdaulichkeit  $X_{DE}$  ist in Kapitel 9.5.4 angegeben.

Der Aschegehalt von Junghennen-Kot wird nach Daten in Hennig und Poppe (1975) mit  $x_{ash, pu} = 0.13 \text{ kg kg}^{-1}$  angenommen. Mangels besserer Informationen werden  $x_{ash, lh}$  und  $X_{DE, lh}$  seit 1990 als zeitlich konstant angesehen für die Jahre.

Junghennen-Mist wird trocken gelagert.

IPCC (1996) unterscheidet nicht zwischen den verschiedenen Geflügelarten. IPCC (2006) gibt für Junghennen keine Daten an. Deutschland verwendet für Junghennen daher den höchsten  $B_o$ -Wert, der aus IPCC (2006), Table 10A-9, für Geflügel zu entnehmen ist (Legehennen):  $0.39 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ CH}_4$ . Für den MCF wird der Geflügel-Wert aus IPCC (2006) für angesetzt ( $0.015 \text{ kg kg}^{-1} \text{ CH}_4$ ).

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.5.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

For the calculation of NMVOC emissions, a simpler methodology is used.

There is no differentiation with respect to animal categories. The emission factors (cf. Chapter 3.4.4) for poultry are related to NH<sub>3</sub> emissions and listed in Table 9.2.

NMVOC-Emissionen werden wie für alle Hühner nach einem einfachen Verfahren ermittelt.

Die Emissionsfaktoren sind nicht nach Tierkategorien differenziert. Die auf NH<sub>3</sub>-Emissionen bezogenen NMVOC-Emissionsfaktoren (vgl. Kapitel 3.4.4) sind in Table 9.2 zusammengestellt.

### 9.5.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 9.5.8.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

The N excretion of pullets is quantified using the mass balance approach:

Die N-Ausscheidung von Junghennen wird über die Stoffbilanz errechnet:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.42)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

##### 9.5.8.1.1 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter

Feeding according to requirements yields:

Bei bedarfsgerechter Fütterung gilt:

$$m_{\text{feed}} = x_{\text{N}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot \alpha \cdot \left( x_{\text{feed, pu}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}}}{\tau_{\text{round}}} \right) \quad (9.43)$$

where

$m_{\text{feed}}$	nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25$ kg kg <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{XP, feed}}$	crude protein content of pullet diet (kg kg <sup>-1</sup> XP, see below)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{feed, pu}}$	pullet diet mass needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{round}}$	duration of production cycle (in d ro <sup>-1</sup> )

Data of  $\Delta w_{\text{round}}$ ,  $\tau_{\text{round}}$  und  $x_{\text{feed, pu}}$  are provided in Table 9.19.

Pullets are normally fed in four to five phases, at least in two phases. For the two-phase feeding referred to in Table 4.60, means of  $x_{\text{XP, feed}} = 0.155$  kg kg<sup>-1</sup> XP are obtained (Haenel and Dämmgen, 2007a). This value also marks the upper margin of a four phase feeding according to KTBL (2004, pg. 495 f); the lower margin is 0.140 kg kg<sup>-1</sup> XP. DLG (2005, pg. 46) differentiates explicitly between normal and N reduced feed, which results in 0.161 kg kg<sup>-1</sup> XP and 0.146 kg kg<sup>-1</sup> XP, respectively (Haenel und Dämmgen, 2007a). For this inventory, the latter XP contents are used to calculate N excretions.

Für Daten zu  $\Delta w_{\text{round}}$ ,  $\tau_{\text{round}}$  und  $x_{\text{feed, pu}}$  wird auf Table 9.19 verwiesen.

Die Fütterung von Junghennen erfolgt in der Regel in vier bis fünf Phasen, mindestens aber in zwei Phasen. Für das Zwei-Phasen-Beispiel in Tabelle 4.60 ergibt sich als Mittelwert  $x_{\text{XP, feed}} = 0,155$  kg kg<sup>-1</sup> XP (Haenel und Dämmgen, 2007a). Diesen Wert findet man als Obergrenze auch für die Vier-Phasen-Fütterung nach KTBL (2004, S. 495 f.), während die Untergrenze bei 0,140 kg kg<sup>-1</sup> XP liegt. DLG (2005, S. 46) unterscheidet explizit zwischen normaler und N-reduzierter Fütterung, wofür sich 0,161 kg kg<sup>-1</sup> XP bzw. 0,146 kg kg<sup>-1</sup> XP ergibt (Haenel und Dämmgen, 2007a). Die letzten beiden Werte werden den Berechnungen der N-Ausscheidung zugrunde gelegt.

##### 9.5.8.1.2 N retention / N-Retention

LfL (2006a) report a specific N retention of 0.035 kg kg<sup>-1</sup> N. Thus, N retained amounts to

Die spezifische Retention beträgt nach LfL (2006a) 0,035 kg kg<sup>-1</sup> N. Daraus folgt:

$$m_{\text{g}} = x_{\text{N, ret, pu}} \cdot \alpha \cdot \frac{\Delta w_{\text{round}}}{\tau_{\text{round}}} \quad (9.44)$$

where

$m_g$	amount of nitrogen retained with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ )
$x_{\text{N, ret, pu}}$	N retained by pullets ( $x_{\text{N, ret, pu}} = 0.035 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in $\text{kg an}^{-1} = \text{kg pl}^{-1} \text{ro}^{-1}$ )
$\tau_{\text{round}}$	duration of production cycle (in $\text{d ro}^{-1}$ )

#### 9.5.8.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

Bedding is considered to be straw. For the properties of straw see Chapter 3.6.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

An immobilisation of TAN from UAN is unlikely, as the dry conditions impede the process.

The amount of bedding material to be applied per animal place and year is given in the following table.

Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Eine Immobilisierung von TAN aus UAN in der Einstreu findet wahrscheinlich nicht statt (fehlende Feuchtigkeit verhindert Immobilisierung).

Nachfolgende Tabelle gibt die jährlich pro Tierplatz zu berücksichtigende Einstreumenge an.

Table 9.20: Pullets, amounts of N inputs with straw in German pullet houses

Animal house type	straw input <sup>a</sup> $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	dry matter (DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	N input (in DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	TAN $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$
all systems	0.75	0.65	$3.22 \cdot 10^{-3}$	$1.61 \cdot 10^{-3}$

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 568 and pg. 570

#### 9.5.8.3 *Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren*

EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, provides partial  $\text{NH}_3$  emission factor for housing for all poultry categories except pullets. Based on the assumption that conditions in pullet and broiler houses are comparable, the national emission factor for broiler houses is adopted:  $0.138 \text{ kg kg}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ , related to N excreted (see Chapter 9.4.8.5).

EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, provides partial  $\text{NH}_3$  emission factor for storage for all poultry categories except pullets. Hence, in the inventory the value given by EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, for broilers is adopted for pullets:  $0.17 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ . The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.5.4).

It is assumed that manure is broadcast with incorporation within 24 hours. The respective emission factor is  $0.45 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  related to UAN (see Table 9.4).

An overall uncertainty of 30 % is assumed for  $\text{NH}_3$  emission factors with a normal distribution.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.2, Table 9.3.

EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, gibt für Junghennen keinen partiellen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für den Stall an. Unter der Annahme vergleichbarer Verhältnisse bei der Junghennen- und Masthähnchen-Haltung wird der nationale Emissionsfaktor von Masthähnchen übernommen:  $0,138 \text{ kg kg}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ , bezogen auf ausgeschiedenes N (siehe Kapitel 9.4.8.5).

Auch für das Lager gibt EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, bei Junghennen keinen partiellen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor an. Es wird der für Masthähnchen in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, angegebene Wert übernommen:  $0,17 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ . Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.5.4).

Es wird von einer Ausbringung mit Breitverteiler und einer Einarbeitung innerhalb von 24 h ausgegangen. Hierfür beträgt nach Table 9.4 der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor  $0,45 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$  in Bezug auf vorhandenes UAN.

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 9.2.2, Table 9.3.

### 9.5.9 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

EMEP(2009)-4B-17, Table 3-4, does not provide PM emission factors for pullets. Based on the assumption that conditions in pullet and broiler husbandry are comparable, the emission factors for broilers are adopted: 0.052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

EMEP(2009)-4B-17, Table 3-4, gibt für Junghennen keine PM-Emissionsfaktoren an. Unter der Annahme vergleichbarer Verhältnisse bei der Junghennen- und Masthähnchen-Haltung werden die Emissionsfaktoren von Masthähnchen übernommen: 0,052 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,007 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

### 9.5.10 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 9.21: Pullets, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.22	
		NM VOC	EM1005.53	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.24	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.103	EM1009.105
		NO	EM1009.156	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.18	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.42	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.29	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.22	
		NM VOC	IEF1005.49	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.21	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.87	
		NO	IEF1009.119	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.17	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.39	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.30	AI1005POU.41

## 9.6 Geese / Gänse

In Germany, the production of geese is of minor importance only. Data are sparse.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.22.

The inventory does not consider goose husbandry in free ranges.

Gänse-Haltung ist in Deutschland von untergeordneter Bedeutung. Die Verfügbarkeit von Daten ist eingeschränkt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.22 zusammengestellten Verfahren.

Freilandhaltung wird im Inventar nicht berücksichtigt.

Table 9.22: Geese, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space activities	Resolution in space EF	Resolution in time EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation					
CH <sub>4</sub>	manure management	1	IPCC	district	national	1 a
NM VOC	manure management					
NH <sub>3</sub>	manure management	1	EMEP	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	1	IPCC	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 9.6.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are available for all census years. The data are given in StatLA C III 1 –vj 4.

The uncertainty (standard error) is assumed to be < 10 %, distributed normal.

From 2005 onwards, the animal numbers are available in hundreds only. This does not lead to any significant changes of the uncertainty.

Tierzahlen liegen für alle Jahre mit Tierzählungen vor. Die Daten sind in StatLA C III 1 –vj 4 angegeben.

Die Unsicherheit (Standardfehler) der Tierzahlen wird auf < 10 % (normal verteilt) geschätzt.

Ab 2005 werden die Tierzahlen nur noch mit einer Auflösung von hundert Stück angegeben. Dies hat keinen nennenswerten Einfluss auf die Unsicherheit.

### 9.6.2 Animal weights / Tiergewichte

In Germany, geese are – almost without exception – produced in a way that they are slaughtered in November/December with a weight of 7 kg an<sup>-1</sup>. Predominant is a mean weight gain ("Mittelmast") (KTBL, 2005, pg. 719).

Gänse werden in Deutschland praktisch ausschließlich so produziert, dass sie im November/Dezember mit einem Gewicht von ca. 7 kg an<sup>-1</sup> geschlachtet werden. Regelform der Mast ist die Mittelmast (KTBL, 2005, S. 719).

### 9.6.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.6.4 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

Due to the lack of a description of feed and energy intake by geese, VS excretions cannot be calculated. No default value is available, cf. IPCC (2006), Table 10A-9.

Hence, CH<sub>4</sub> emissions from manure management can be quantified only by using the Tier 1 methodology, see Chapter 3.4.3.2.

VS-Ausscheidungen können mangels einer Beschreibung der Futter- und Energieaufnahme der Gänse nicht berechnet werden. Ein VS-Defaultwert existiert ebenfalls nicht, vgl. IPCC(2006), Table 10A-9.

Daher kann zur Berechnung von CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management nur das Stufe-1-Verfahren (Kapitel 3.4.3.2) verwendet werden.

However, neither IPCC (1996) nor IPCC (2006) provide an emission factor for geese. As an auxiliary emission factor, the inventory uses the emission factor given in IPCC (1006)-3-4.47 for poultry ( $0,078 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ ).

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-1 approaches to be about 30 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

In the inventory, there is no calculation of  $\text{CH}_4$  from bedding material.

Allerdings geben weder IPCC (1996) noch IPCC (2006) einen Emissionsfaktor für Gänse an. Daher wird der in IPCC(1996)-3-4.47 für Geflügel angegebene Wert von  $0,078 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$  für Gänse übernommen.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-1-Verfahren auf 30 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Eine  $\text{CH}_4$ -Berechnung aus Einstreu findet im Inventar nicht statt.

#### 9.6.5 *NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen*

For geese, NMVOC emissions are not calculated, as no method has been described yet.

NMVOC-Emissionen für Gänse werden nicht berücksichtigt, da kein Rechenverfahren existiert.

#### 9.6.6 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

According to DLG (2005), pg. 53, geese excrete  $554 \text{ g an}^{-1} = 554 \text{ g pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . A fraction of 70 % of the nitrogen excreted is assumed to be UAN (according to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8).

DLG (2005), S. 53, gibt für die N-Ausscheidung  $554 \text{ g an}^{-1} = 554 \text{ g pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . Der UAN-Gehalt wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 70 % angenommen.

According to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, a  $\text{NH}_3$  emission factor of  $0.57 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  (related to UAN excretion; for UAN see Chapter 3.5.4) is used in the inventory.

Nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, wird für den Stall ein  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor von  $0,57 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf die UAN-Ausscheidung angesetzt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.5.4).

For the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used:  $0.16 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . The factor relates to the UAN amount entering the storage.

Der partielle  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit  $0,16 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

For spreading, a factor of  $0.45 \text{ kg kg}^{-1}$  related to UAN is used, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.4).

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von  $0,45 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 9.4, Einarbeitung innerhalb 24 h).

An overall uncertainty of 30 % is assumed for  $\text{NH}_3$  emission factors with a normal distribution.

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.2, Table 9.3.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 9.2.2, Table 9.3.

#### 9.6.7 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

EMEP (2009)-4.B-17, Table 3-4, list the following particle emission factors for other poultry (ducks, geese turkeys):  $0.032 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ ,  $0.004 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ .

EMEP (2009)-4.B-17, Table 3-4, gibt die folgenden PM-Emissionsfaktoren für anderes Geflügel (Enten, Gänse, Puten) an:  $0,032 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ ,  $0,004 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ .

**9.6.8**      ***Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen***

Table 9.23: Geese, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.23	
		NM VOC	EM1005.54	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.25	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.106	EM1009.108
		NO	EM1009.157	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.19	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.43	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.31	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.23	
		NM VOC	IEF1005.50	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.22	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.88	
		NO	IEF1009.120	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.18	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.40	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.42	AI1005CAT.51



## 9.7 Ducks / Enten

Duck production has been increasing in Germany which justifies a description which is more detailed than a Tier 1 approach.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.24.

The inventory does not consider duck husbandry in free ranges.

Die Produktion von Enten nimmt in Deutschland erheblich zu. Dies rechtfertigt eine Behandlung, die über ein Stufe-1-Verfahren hinaus geht.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.24 zusammengestellten Verfahren.

Freilandhaltung wird im Inventar nicht berücksichtigt.

Table 9.24: Ducks, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation			no method		
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC	district	national	1 a
NM VOC	manure management			no method		
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 9.7.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are available for all census years. The data are given in StatLA C III 1 –vj 4.

The uncertainty (standard error) is assumed to be < 10 %, distributed normal.

From 2005 onwards, the animal numbers are available in hundreds only. This does not lead to any significant changes of the uncertainty.

Tierzahlen liegen für alle Jahre mit Tierzählungen vor. Die Daten sind in StatLA C III 1 –vj 4 angegeben.

Die Unsicherheit (Standardfehler) der Tierzahlen wird auf < 10 % (normal verteilt) geschätzt.

Ab 2005 werden die Tierzahlen nur noch mit einer Auflösung von hundert Stück angegeben. Dies hat keinen nennenswerten Einfluss auf die Unsicherheit.

### 9.7.2 Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung

#### 9.7.2.1 Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer

In Germany, nearly only Peking ducks are produced (expert judgement Höppner). Hence, the inventory interpretes all officially counted ducks as Peking ducks. The duckling weight is 0,055 kg an<sup>-1</sup>, the final weight 3.0 kg an<sup>-1</sup> (expert judgement Brehme).

The number of animal rounds per year is 6.5 cy (DLG 2005, pg. 52). The inventory is based on 49 d per fattening period (cf. Tüller, 1999, pg. 131), which implies a cleansing time of 7 d.

The numbers provided in DLG (2005), pg. 52, refer to the fattening phase only (i. e. not considering the precedent phase of upbringing).

Die in Deutschland produzierten Enten sind praktisch nur Pekingenten (Mitteilung Höppner), weshalb das Inventar alle gezählten Enten als Pekingenten rechnet. Das Gewicht des Kükens beträgt 0,055 kg an<sup>-1</sup>, das mittlere Endgewicht 3,0 kg an<sup>-1</sup> (Expertenurteil Brehme).

Die Zahl der Durchgänge pro Jahr beträgt 6,5 cy (DLG 2005, S. 52). Das Inventar geht von einer Mastdauer von 49 d (vgl. Tüller, 1999, S. 131). Dies impliziert eine Reinigungsdauer von 7 d.

Die Originalzahlen in DLG (2005), S. 52, beziehen sich nur auf die reine Mast ohne Aufzuchtphase.

### 9.7.3 Energy requirements /Energiebedarf

The estimation of the average daily requirements of metabolisable energy is based on feed intake and feed energy content:

Der mittlere tägliche Bedarf an umsetzbarer Energie kann anhand des aufgenommenen Futters geschätzt werden:

$$ME_{du} = \eta_{ME, feed} \cdot x_{feed, du} \cdot \frac{n_{round} \cdot \Delta w_{round}}{\alpha} \quad (9.45)$$

where

$ME_{du}$	metabolisable energy required (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ME)
$\eta_{ME, feed}$	content of metabolisable energy in duck diet (in MJ kg <sup>-1</sup> ME)
$x_{feed, du}$	duck diet mass needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> )
$n_{round}$	number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{round}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )

For the number of animal rounds  $n_{round}$  as well as for duckling and final weight (needed for the calculation of total weight gain  $\Delta w_{round}$ ) see Chapter 9.7.2.1. The entities  $x_{feed, du}$  and  $\eta_{ME, feed}$  are discussed in Chapter 9.7.4.

Zur Durchgangszahl  $n_{round}$  siehe Kapitel 9.7.2.1, ebenso wie zu Kükengewicht und Endgewicht (für die Gewichtszunahme  $\Delta w_{round}$ ). Zur Futterverwertung  $x_{feed, du}$  und zum Futter-Energiegehalt  $\eta_{ME, feed}$  siehe Kapitel 9.7.4.

#### 9.7.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

In the inventory, the amount of feed taken in is described by the feed conversion factor  $x_{feed, du}$ . It is estimated by linear interpolation of feed consumption data given by Tüller (1999), pg. 131, as function of total weight gain (final weight minus duckling weight):

$$x_{feed, du} = \frac{1}{\Delta w_{round}} \cdot \left( F_{du, 1} + w_{fin} \cdot \frac{F_{du, 2} - F_{du, 1}}{w_2 - w_1} \right) \quad (9.46)$$

where

$x_{feed, du}$	duck diet mass needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{round}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$F_{du, 1}$	amount of feed needed to reach weight $w_1$ ( $F_{du, 1} = 6.140 \text{ kg}$ , see Tüller, 2000, pg. 131)
$w_{fin}$	final life weight (in kg, see Chapter 9.7.2.1)
$F_{du, 2}$	amount of feed needed to reach weight $w_2$ ( $F_{du, 2} = 7.761 \text{ kg}$ , see Tüller, 2000, pg. 131)
$w_1$	animal weight related to amount of feed $F_{du, 1}$ ( $w_1 = 2.823 \text{ kg}$ , see Tüller, 2000, pg. 131)
$w_2$	animal weight related to amount of feed $F_{du, 2}$ ( $w_2 = 3.180 \text{ kg}$ , see Tüller, 2000, pg. 131)

With a final weight of  $3 \text{ kg an}^{-1}$  (duckling weight  $0.055 \text{ kg an}^{-1}$ ),  $x_{feed, du}$  amounts to  $2,357 \text{ kg kg}^{-1}$ .

According to Jeroch und Dänicke (2005), pg. 166, the ME content of duck fattening diet is  $11.5 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME. Brehme (2007) reports a ME content of  $12 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME to  $12.5 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME. The inventory uses  $12 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME.

The metabolisability of duck feed is unknown. It is assumed to be similar to the value for broiler feed (see Chapter 9.4.4):  $X_{ME, du} = 0.72$ .

No data are available for the digestibility  $X_{DE, du}$ . Thus, as no value is available for broilers, the value used for pullets is used instead ( $X_{DE, br} = 0.779 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ) (see Chapter 9.5.4).

Die Menge des aufgenommenen Futters wird im Inventar durch die Futterverwertung  $x_{feed, du}$  beschrieben, die durch Interpolation der in Tüller (1999), S 131, angegebenen Daten zum Futterverbrauch in Abhängigkeit vom Zuwachs (Endgewicht abzgl. Kükengewicht) geschätzt wird:

Bei einem Endgewicht von  $3 \text{ kg an}^{-1}$  (Anfangsgewicht  $0.055 \text{ kg an}^{-1}$ ) ergibt sich  $x_{feed, du} = 2,357 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Nach Jeroch und Dänicke (2005), S. 166, liegt der Energiegehalt von Entenmastfutter bei  $11,5 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME. Brehme (2007) gibt  $12 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME bis  $12,5 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME an. Für das Inventar wird ein Wert von  $12 \text{ MJ kg}^{-1}$  ME angesetzt.

Die Umsetzbarkeit (Metabolisierbarkeit) des Enten-Futters ist nicht bekannt. Sie wird in Anlehnung an das Masthähnchen-Futter (Kapitel 9.4.4) gewählt:  $X_{ME, du} = 0.72$ .

Für die Verdaulichkeit  $X_{DE, du}$  konnten keine Daten ermittelt werden, weshalb (in Ermangelung eines Masthähnchen-Wertes) der Junghennen-Wert  $0,779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  übernommen wird (siehe Kapitel 9.5.4).

Gross energy intake is deduced from the intake of metabolisable energy using the metabolisability of feed:

$$GE_{du} = \frac{ME_{du}}{X_{ME, du}} \quad (9.47)$$

where

$GE_{du}$	gross energy intake of ducks (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{du}$	intake of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$X_{ME, du}$	metabolisability (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

### 9.7.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Die mit dem Futter aufgenommene Gesamtenergie berechnet sich aus der Aufnahme an metabolisierbarer Energie und der Umsetzbarkeit:

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.7.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.4.3.3.

The amounts of VS excreted are calculated according to Chapter 3.4.1, taking the gross energy, the digestibility and the ash content into account.

The mean digestibility  $X_{DE}$  needed to calculate VS is given in Chapter 9.6.4.

The ash content in manure was taken to 0.030 kg kg<sup>-1</sup>, according to Henning and Poppe (1975), pg. 32

The VS excretions calculated for ducks of 7.54 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> are similar to those proposed by IPCC(2006)-10.82 of 7.3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> VS.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are 0,36 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> and 0.01 kg kg<sup>-1</sup> C respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

The use of the IPCC (2006) MCF is considered inconsistent in comparison with other poultry keeping in mind that it is almost impossible to keep a duck house "dry". Thus, this inventory uses an MCF of 0.015 kg kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> as given for other poultry species.

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.4.3.3.

Die Mengen der VS-Ausscheidungen werden nach Kapitel 3.4.1 aus der Gesamtenergie, der Verdaulichkeit und dem Aschegehalt berechnet.

Die dafür benötigte mittlere Verdaulichkeit  $X_{DE}$  ist in Kapitel 9.6.4 angegeben.

Der Asche-Gehalt der Ausscheidungen ist nach Henning und Poppe (1975), S. 32, 0.030 kg kg<sup>-1</sup>.

Die berechneten VS-Ausscheidungen von Enten (7,54 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) sind den default-Werten in IPCC(2006)-10.82 von 7,3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> VS vergleichbar.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungs-kapazität  $B_0$  0,36 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen 0,01 kg kg<sup>-1</sup> C. (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

Der MCF nach IPCC (2006) erscheint allerdings als ungerechtfertigt, da es nahezu unmöglich ist, einen Entenstall hinreichend „trocken“ zu halten. Das Inventar nutzt daher den für andere Geflügelarten angegebene MCF von 0,015 kg kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>.

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 9.7.6.1 VS inputs with bedding material / VS-Einträge mit Einstreu

The German inventory no longer considers potential CH<sub>4</sub> emissions from straw in systems with bedding.

Das deutsche Inventar berücksichtigt mögliche Emissionen von CH<sub>4</sub> aus Stroh bei Haltungsverfahren mit Einstreu vorerst nicht mehr.

**9.7.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen**

For ducks, NMVOC emissions are not calculated, as no method has been described yet.

NMVOC-Emissionen für Enten werden nicht berücksichtigt, da kein Rechenverfahren existiert.

**9.7.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies****9.7.8.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen**

The annual N excretion of ducks is quantified using the mass balance approach:

Die jährliche N-Ausscheidung von Enten wird über die Stoffbilanz errechnet:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (9.48)$$

where

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

Feeding according to requirements yields:

Bei bedarfsgerechter Fütterung gilt:

$$m_{\text{feed}} = n_{\text{round}} \cdot x_{\text{N}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot x_{\text{feed, du}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \quad (9.49)$$

where

$m_{\text{feed}}$	annual amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{round}}$	number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in duck diet (kg kg <sup>-1</sup> XP)
$x_{\text{feed, du}}$	duck diet mass needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )

Data of  $n_{\text{round}}$ ,  $x_{\text{feed, du}}$ , and  $\Delta w_{\text{round}}$  are provided Chapters 9.7.2 and 9.7.3. For  $x_{\text{XP, feed}}$ , data in Jeroch und Dänicke (2005), pg. 166, allow the derivation of a weighted mean (0.166 kg kg<sup>-1</sup> XP).

Für Daten zu  $n_{\text{round}}$ ,  $x_{\text{feed, du}}$ , and  $\Delta w_{\text{round}}$  wird auf Kapitel 9.7.2 und 9.7.3 verwiesen. Für  $x_{\text{XP, feed}}$  ergibt sich aus Daten in Jeroch und Dänicke (2005), S. 166, ein gewichtetes Mittel von 0,166 kg kg<sup>-1</sup> XP.

According to LfL (2006a), the specific N retention  $x_{\text{N, ret, du}}$  is assumed to be 0.035 kg kg<sup>-1</sup> N. Thus, N retained amounts to

Die spezifische Retention  $x_{\text{N, ret, du}}$  wird nach LfL (2006a) mit 0,035 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Daraus folgt für die N-Retention:

$$m_{\text{g}} = n_{\text{round}} \cdot x_{\text{N, ret, du}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \quad (9.50)$$

where

$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{round}}$	number of animal production cycles per year (in ro a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N, ret, du}}$	N retained by ducks (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$\Delta w_{\text{round}}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )

As input data are constant in space and time, the calculated N excretion of 0.528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is considered constant throughout Germany and over the years to be reported.

Mangels räumlicher und zeitlicher Differenzierung der Eingangsdaten ist die berechnete N-Ausscheidung von 0,528 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> national und über den Berichtszeitraum hinweg konstant.

The calculated share of UAN in the N excretions is 50 % (which does not correspond with the default value of 70 % given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-

Der UAN-Gehalt wird mit 50 % des ausgeschiedenen N berechnet (im Gegensatz zum Standardwert von 70 % nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8). Die

8). This result is based on the digestibility given in Chapter 9.7.4.

The calculated N excretion of  $0.528 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  notably deviates from the value given in DLG (2005), pg. 52, which is  $1.482 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . However, the DLG value has to be halved, as it is derived by relating the amount of nitrogen excreted over the entire lifespan of a duck to only the mere fattening phase which is about one half of the lifespan. Additionally it has to be taken into account that the DLG excretion value is reported for an animal end weight of  $3.4 \text{ kg an}^{-1}$  instead of  $3.0 \text{ kg an}^{-1}$  as used in the inventory. If the above given N excretion equation is applied to the DLG duck (end weight  $3.4 \text{ kg an}^{-1}$ ; feed conversion rate  $x_{\text{feed, du}} = 2.618 \text{ kg kg}^{-1}$  according to Chapter 9.7.4), the resulting N excretion is  $0.751 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , which is quite similar to the value of  $0.741 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  derived from DLG (2005), S. 52. This is considered a confirmation of the duck modelling approach used in the inventory.

dazu benötigte Verdaulichkeit ist in Kapitel 9.7.4 angegeben.

Die berechnete N-Ausscheidung von  $0,528 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  weicht zwar erheblich von der Angabe von  $1,482 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  in DLG (2005), S. 52, ab. Letztere muss allerdings halbiert werden ( $0,741 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), da sie darauf beruht, dass die Gesamtausscheidung während der Lebensdauer auf die reine Mastphase bezogen wurde, die nur etwa die Hälfte der gesamten Lebensdauer umfasst. Außerdem gilt die Angabe in DLG (2005), S. 52, für ein Endgewicht von  $3,4 \text{ kg an}^{-1}$  statt des im Inventar angesetzten Wertes von  $3,0 \text{ kg an}^{-1}$ . Wendet man die oben angegebene N-Ausscheidungsformel auf die in DLG-Ente an (Endgewicht  $3,4 \text{ kg an}^{-1}$ ; Futterverwertung  $x_{\text{feed, du}} = 2,618 \text{ kg kg}^{-1}$  nach Kapitel 9.7.4), ergibt sich eine N-Ausscheidung von  $0,751 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ , was gut dem o. g. Wert von  $0,741 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  entspricht. Dies wird als Bestätigung des Enten-Berechnungsmodelles im Inventar gewertet.

#### 9.7.8.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

Bedding is considered to be straw For the properties of straw see Chapter 3.6.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

An immobilisation of TAN from UAN is unlikely, as the dry conditions impede the process.

Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Eine Immobilisierung von TAN aus UAN in der Einstreu findet wahrscheinlich nicht statt (fehlende Feuchtigkeit verhindert Immobilisierung).

Table 9.25: Ducks, amounts of N inputs with straw in German broiler houses

straw input <sup>a</sup> $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	dry matter (DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	N input (in DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	TAN $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$
19.5	16.8	$83.9 \cdot 10^{-3}$	$41.9 \cdot 10^{-3}$

<sup>a</sup> Source: see text

#### 9.7.8.3 Partial $\text{NH}_3$ emission factors / Partielle $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren

According to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, a  $\text{NH}_3$  emission factor of  $0.24 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  (related to UAN excretion; for UAN see Chapter 3.5.4) is used in the inventory.

For the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used:  $0.24 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . The factor relates to the UAN amount entering the storage.

For spreading, a factor of  $0.45 \text{ kg kg}^{-1}$  related to UAN is used, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.4).

An overall uncertainty of 30 % is assumed for  $\text{NH}_3$  emission factors with a normal distribution.

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.2, Table 9.3.

Nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, wird für den Stall ein  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor von  $0,24 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf die UAN-Ausscheidung angesetzt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.5.4).

Der partielle  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit  $0,24 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von  $0,45 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 9.4, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 9.2.2, Table 9.3.

**9.7.9 Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub**

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

**9.7.9.1.1 Emission explaining variables / Emissionserklärende Variablen**

In duck production, only one housing system is taken into account.

In der Haltung von Enten ist nur ein Stalltyp vorgesehen.

**9.7.9.1.2 Emission factors for particle emissions / Emissionsfaktoren für Partikel-Emissionen**

EMEP (2009)-4.B-17 list the following particle emission factors for other poultry (ducks, geese turkeys): 0.032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

EMEP (2009)-4.B-17 gibt die folgenden PM-Emissionsfaktoren für anderes Geflügel (Enten, Gänse, Puten) an: 0,032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

**9.7.10 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen**

Table 9.26: Ducks, related tables provided with the data CD

		from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.24
		NMVOC	EM1005.55
		NH <sub>3</sub>	EM1009.26
		N <sub>2</sub> O	EM1009.109
		NO	EM1009.158
		PM <sub>10</sub>	EM1010.20
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.44
Activity data	Aktivitäten	AC1005.32	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.24
		NMVOC	IEF1005.51
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.23
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.89
		NO	IEF1009.121
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.19
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.41
Additional information	zusätzliche Informationen	AI1005POU.52	AI1005POU.61

## 9.8 Turkeys / Puten

Turkey production has been increasing in Germany which justifies a detailed description.

The sexual dimorphism makes it necessary to deal with cocks and hens separately.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 9.27.

The inventory does not consider goose husbandry in free ranges.

Die Produktion von Puten nimmt in Deutschland erheblich zu. Dies rechtfertigt eine ausführliche Behandlung.

Wegen des ausgeprägten Geschlechtsdimorphismus werden Hähne und Hennen getrennt behandelt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 9.27 angegebenen Verfahren.

Freilandhaltung wird im Inventar nicht berücksichtigt.

Table 9.27: Turkeys, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space activities	Resolution in space EF	Resolution in time EF
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		no method			
CH <sub>4</sub>	Manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
NMVO	Manure management	1	no method	district	national	1 a
NH <sub>3</sub>	Manure management	2	EMEP / national	district	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	Manure management	2	IPCC / national	district	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	animal house	1	EMEP	district	national	1 a

### 9.8.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers are available for all census years. However, German statistics do not differentiate between male and female turkeys. The data given in StatLA C III 1 –vj 4 are disaggregated using the fraction of males as in the following relations:

Tierzahlen liegen für alle Jahre mit Tierzählungen vor. Die deutsche Statistik unterscheidet nicht zwischen weiblichen und männlichen Tieren. Die in StatLA C III 1 –vj 4 angegebenen Zahlen werden unter Verwendung des Anteils der männlichen Tiere wie folgt aufgeschlüsselt:

$$n_{tu} = n_{tm} + n_{tf} \quad (9.51)$$

$$n_{tm} = n_{tu} \cdot x_{tm} \quad (9.52)$$

$$n_{tf} = n_{tu} \cdot (1 - x_{tm}) \quad (9.53)$$

where

$n_{tu}$	number of turkeys (census data) (in pl)
$n_{tm}$	number of male turkeys (in pl)
$n_{tf}$	number of female turkeys (in pl)
$x_{tm}$	fraction of male turkeys produced (in pl pl <sup>-1</sup> )

The fraction of male turkeys  $x_{tm}$  produced is obtained from Damme (2001, 2002, 2003, 2005, 2006). Data are listed in Table 9.28.

If  $x_{tm}$  is not given, it can be deduced in principle from the gender ratio of chicks hatched (which is close to 50 to 50 %) and the differing duration of the fattening periods of male and female turkeys. If cocks and hens are fattened separately as described above the share of cock places counted is about 51 %. If hens and cocks are fattened synchronously, the hen house is empty for several weeks. In this case the share of cock places counted accounts to 55 %. The data reported deviate from the theoretical shares.

Der Anteil der männlichen Puten  $x_{tm}$  wird Damme (2001, 2002, 2003, 2005, 2006) entnommen. Diese Daten sind in Table 9.28 zusammengestellt.

Wenn  $x_{tm}$  nicht angegeben wird, ergibt es sich im Prinzip aus dem Umstand, dass das Geschlechterverhältnis beim Schlüpfen 50 zu 50 ist, und der unterschiedlichen Mastdauer der Hähne und Hennen. Werden Hähne und Hennen wie oben beschrieben unabhängig voneinander gemästet, so beträgt der Anteil der gezählten Hähne 51 %, steht der Hennenstall bei synchroner Mast bis zur Neubesetzung mit Jungtieren leer, so beträgt der Anteil der gezählten Hähne etwa 55 %. Die berichteten Zahlen weichen von den so berechneten Anteilen ab.

Missing animal numbers are replaced by data reported for the previous year. For Brandenburg, the data gap including numbers for the period from 1991 to 1995 was closed by inserting animal numbers obtained from a linear regression based on numbers for 1990 and 1996.

No gender ratios were reported for the years prior to 2000. Here, the mean ratio derived from reported data after 1999 (see Table 9.28) were used instead.

The data for laying hens are taken over by analogy. An uncertainty (standard error) of 10 % is assumed to be appropriate (normal distribution).

Bei den Tierzahlen werden die fehlenden Werte jeweils durch die Werte für das Vorjahr ersetzt. Für Brandenburg waren keine Daten für die Jahre 1991 bis 1995 (einschließlich) vorhanden. Die Tierzahlen wurden durch linear interpolierte Werte ersetzt.

Für die Jahre vor 2000 werden keine Werte für das Geschlechterverhältnis berichtet. Verwendet wird hier der Mittelwert der Jahre mit Berichten nach 1999 (vgl. Table 9.28).

Die Angaben für Legehennen werden sinngemäß übernommen. Eine Unsicherheit (Standardfehler) von 10 % wird für angemessen gehalten (normalverteilt).

Table 9.28: Turkeys, primary data available

*Symbols and units:*

$x_{tm}$  share of males (in pl pl<sup>-1</sup>);  $w_{fin, tm}$  final weight of male turkeys (in kg pl<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>);  $\Delta w_{tm}$  mean weight gain of male turkeys (in g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>);  $m_{feed, tm}$  feed intake of male turkeys (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>);  $X_{FC, tm}$  feed conversion rate of male turkeys (in kg kg<sup>-1</sup>);  $w_{fin, tf}$  final weight of female turkeys (in kg pl<sup>-1</sup> ro<sup>-1</sup>);  $\Delta w_{tf}$  mean weight gain of female turkeys (in g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>);  $m_{feed, tf}$  feed intake of female turkeys (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>);  $X_{FC, tf}$  feed conversion rate of female turkeys (in kg kg<sup>-1</sup>).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
$x_{tm}$											50.10	55.60		58.16	57.13	60.70	57.00
$w_{fin, tm}$	17.79			19.45				20.10		20.72				20.58			21.61
$\Delta w_{tm}$	116			126				131		135				140			147
$m_{feed, tm}$	54.6			53.9				55.5		56.6				55.8			58.6
$X_{FC, tm}$				2.827						2.77	2.66	2.68		2.65	2.70	2.70	2.73
$w_{fin, tf}$	8.76			9.56				9.70		9.88				10.00			10.50
$\Delta w_{tf}$	78.2			85.4				86.6		88.2				92.2			96.8
$m_{feed, tf}$	24.1			23.9				24.3		24.6				27.0			28.4
$X_{FC, tf}$				2.827						2.77	2.66	2.68		2.65	2.70	2.70	2.73

Sources: see text

## 9.8.2 Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung

Turkey production in Germany is quasi industrial and works under uniform conditions. Hence, a regional differentiation with respect to housing and feeding is not necessary.

Die quasi-industrielle Putenmast verläuft in Deutschland unter einheitlichen Bedingungen. Eine regionale Differenzierung der Haltung und Ernährung der Tiere ist nicht notwendig.

### 9.8.2.1 Animal weights / Tiergewichte

In Germany, the predominant genotype is B.U.T Big 6. Males have a typical slaughter weight of 18 to 21.5 kg an<sup>-1</sup>, typical production time is 19 to 23 weeks, equivalent to about 2.2 animal rounds per year. Females are slaughtered with a weight of 8.5 to 10.5 kg after 14 to 17 weeks of raising, which results in about 2.8 rounds per year (KTBL, 2006a, pg. 604 ff; Feldhaus und Sieverding, 2007, pg. 31 ff).

The inventory is based on a default start weight of 60 g an<sup>-1</sup> and a final live weight, which depends on time but is constant for entire Germany.

A 19 week period is frequent in Germany: chicks and hens are raised in the same animal house. After a breeding time of 5 weeks, the cocks are separated and transferred into other houses. The remaining hens are fattened for another 12 weeks. The cocks are fattened for 17 weeks. In both cases, a cleansing and disinfection period of 2 weeks per round is needed. KTBL

Bei der deutschen Putenproduktion dominiert der Genotyp B.U.T Big 6. Hähne haben ein typisches Mastendgewicht von 18 bis 21,5 kg an<sup>-1</sup> bei einer Mastdauer von 19 bis 23 Wochen (ca. 2,2 Durchgängen pro Jahr). Hennen werden mit 8,5 bis 10,5 kg an<sup>-1</sup> geschlachtet. Ihre Mastdauer beträgt 14 bis 17 Wochen (ca. 2,8 Durchgänge pro Jahr). (KTBL 2006a, S. 604 ff; Feldhaus und Sieverding, 2007, S. 31 ff).

Das Inventar rechnet mit einem vorgegebenen Kükengewicht von 60 g an<sup>-1</sup> und zeitlich variablen, bundeseinheitlichen Mastendgewichten.

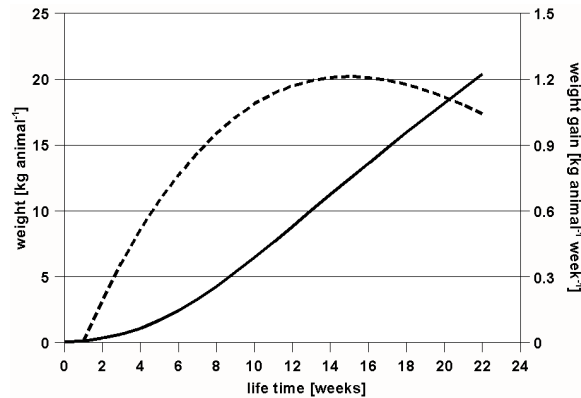
In Deutschland ist der 19-Wochen-Rhythmus vorherrschend: Küken und Hennen leben in einem Stall mit einer Aufzuchtdauer von 5 Wochen und einer Mastdauer von 12 Wochen. Für Reinigung und Desinfektion werden 2 weitere Wochen benötigt. Die Hähne werden nach der Kükenaufzucht in zwei gleichgroßen weiteren Ställen 17 Wochen gemästet. Auch



(2006a), pg. 622, gives an informative overview.

The significant difference between the final live weights and the characteristics of the respective fattening process (see

Figure 9.4), cocks and hens are treated separately in this inventory. However, the calculation procedures themselves are identical.



hier schließt sich eine 2-wöchige Reinigung und Desinfektion an. Eine Übersicht findet sich z.B. in KTBL (2006a), S. 622.

Wegen der erheblichen Unterschiede in Mastziel und Mastverlauf (s.

Figure 9.4) werden Hähne und Hennen getrennt behandelt. Das Rechenverfahren selbst ist für beide Unterkategorien gleich.

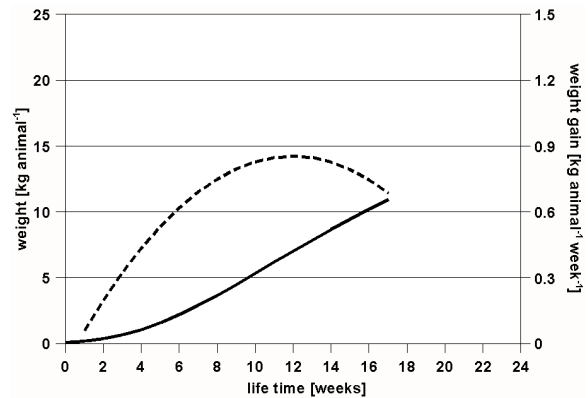


Figure 9.4: Turkeys, typical animal weight and weight gain developments  
Left: males, right: females (according to data given in DLG, 2005, pg. 51); solid lines: weights;  
dotted lines: weight gains.

The final animal weights published are based on data provided by Moorgut Kartzfehn (expert judgement Meyer).

Weight gains are published by Petersen (1993) and Damme (2000, 2002, 2004, 2005, 2006).

Table 9.28 provides an overview of the data available.

For the closure of data gaps see Chapter 9.8.2.3.

Die veröffentlichten Tierendgewichte basieren auf Angaben des Moorguts Kartzfehn (Expertenurteil Meyer) bereitgestellt.

Gewichtszuwächse wurden Petersen (1993) und Damme (2000, 2002, 2004, 2005, 2006) entnommen.

Table 9.28 zeigt eine Übersicht der verfügbaren Daten.

Zur Schließung von Datenlücken siehe Kapitel 9.8.2.3.

#### 9.8.2.2 Feed properties and feed intake / Futtereigenschaften und Futteraufnahme

According to Seskeviciene et al. (2005), the gross energy content of turkey feed  $\eta_{GE,tf}$  is assumed to be  $1723 \text{ MJ kg}^{-1}$ . The dry matter content is  $0.88 \text{ kg kg}^{-1}$  (expert judgement Meyer).

Temporarily, the digestibility  $X_{DE,tf}$  is  $0.67 \text{ MJ MJ}^{-1}$  (Seskeviciene et al., 2005). Furthermore it is assumed that this fraction is similar to the fraction of the respective masses.

According to LfL (2004d), the metabolisability,  $X_{ME,tf}$ , is approximately  $0.72 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . Seskeviciene et al. (2005) report  $0.69 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . For reasons of consistency, the latter value is used in this inventory.

Feed intake data can be found in Tüller (1990) and Damme (2000).

Feed conversion data originate from Petersen (1993) and Damme (2000, 2001, 2002, 2003, 2004,

Der Bruttoenergie-Gehalt  $\eta_{GE,tf}$  von Putenfutter wird nach Seskeviciene et al. (2005) zu  $17,3 \text{ MJ kg}^{-1}$  angenommen. Der Trockenmassegehalt am Futter liegt bei  $0,88 \text{ kg kg}^{-1}$  (Expertenurteil Meyer).

Für die Verdaulichkeit  $X_{DE,tf}$  wird der Wert von  $0,67 \text{ MJ MJ}^{-1}$  verwendet (Seskeviciene et al., 2005). Es wird angenommen, dass dieser Bruch ungefähr dem Bruch der Massen entspricht.

Die Umsetzbarkeit des Futters,  $X_{ME,tf}$ , liegt nach LfL (2004d) bei  $0,72 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , nach Seskeviciene et al. (2005) bei  $0,69 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . Aus Gründen der Konsistenz wird der letztgenannte Wert verwendet.

Über den Futterverbrauch informierten Tüller (1990) und Damme (2000).

Daten zur Futterverwertung entstammen Petersen (1993) und Damme (2000, 2001, 2002, 2003, 2004,

2005, 2006). The feed taken in can be obtained from expert judgements (see Table 9.28, Tüller 1990, 1992; Damme 2000) or from the final weight and the mean feed conversion provided.

2005, 2006). Die aufgenommene Futtermenge wird Expertenschätzungen entnommen (vgl. Table 9.28, Tüller 1990, 1992; Damme 2000) bzw. aus dem Endgewicht und der Futterverwertung berechnet.

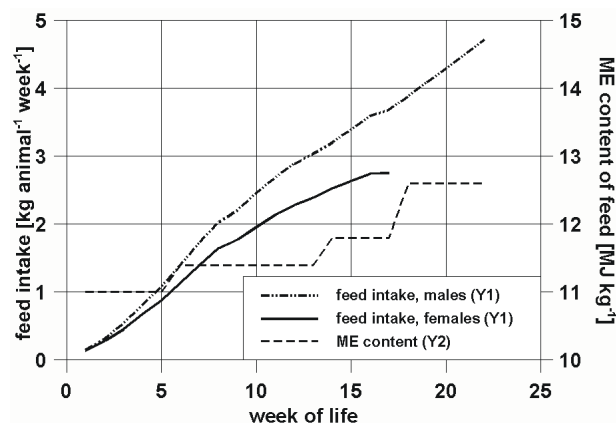


Figure 9.5: Turkeys, weekly feed intake and ME content of a representative feed (intake by males: dotted line; intake by females: solid line) (after DLG, 2005, pg. 51, KTBL, 2004, pg. 524)

Table 9.29: Turkeys, diets used, related energy contents, and nitrogen contents ( $\eta_{GE}$ ,  $\eta_{DE}$  and  $\eta_{ME}$  related to dry matter  $DM$ ;  $x_N$  is nitrogen content)

Feed type	Lifetime period (weeks)	$\eta_{GE}$ in MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{DE}$ in MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}$ in MJ kg <sup>-1</sup>	$x_N$ in kg kg <sup>-1</sup>
turkeys A <sup>6,e</sup>	1 to 2	15.3		11.0	0.0456 to 0.0472
turkeys B <sup>6,e</sup>	3 to 5	15.3		11.0	0.0416 to 0.0440
turkeys C <sup>6,e</sup>	6 to 9	15.8		11.4	0.0368 to 0.0392
turkeys D <sup>6,e</sup>	10 to 13	15.8		11.4	0.0336 to 0.0360
turkeys E <sup>6,e</sup>	14 to 17	16.4		11.8	0.0288 to 0.0312
turkeys F <sup>6,e</sup>	18 to 22	17.5		12.6	0.0224 to 0.0248

(males only)  
<sup>e</sup>  $GE$  estimated from  $ME$  content with assumed metabolisability  $X_{ME} = 0.72 \text{ MJ MJ}^{-1}$  which is in line with  $X_{ME}$  for laying hens and pullets (feed 1A/1B). Intake weighted phase averages for females and males, respectively:  $\eta_{GE}$ : 16.00 MJ kg<sup>-1</sup> and 16.57 MJ kg<sup>-1</sup>,  $\eta_{ME}$ : 11.52 MJ kg<sup>-1</sup> and 11.93 MJ kg<sup>-1</sup>,  $x_N$  (minimum) 0.0208 kg kg<sup>-1</sup> and 0.0182 kg kg<sup>-1</sup>,  $x_N$  (maximum) 0.0222 kg kg<sup>-1</sup> and 0.0196 kg kg<sup>-1</sup>.

The feed intake data provided in Table 9.28 are data recommended by British United Turkeys Ltd. (B.U.T). Such data are published whenever a new line is established. In general, they are not achieved by the turkey producers in the beginning. However, in the course of time, production data exceed the recommendations. Thus, the recommended data are considered as means for the whole period (expert judgement Meyer).

For the closure of data gaps see Chapter 9.8.2.3.

Die in Table 9.28 angegebenen Futtermengen sind weitgehend Empfehlungen der Firma British United Turkeys Ltd. (B.U.T). Sie werden jeweils am Beginn der Arbeit mit einer neuen Linie ausgegeben, erfahrungsgemäß aber von den Mästern anfänglich nicht erreicht. In der Endphase werden sie jedoch überschritten. Die angegebenen Werte werden daher als Mittelwerte für die gesamte Periode angesehen. (Expertenurteil Meyer)

Zur Schließung von Datenlücken siehe Kapitel 9.8.2.3.

### 9.8.2.3 *Data gap closure for animal weights and feed intake / Schließung von Datenlücken Bei Tiergewichten und Futteraufnahme*

Missing final weights, feed intake and feed conversion data can be replaced according to the following relation:

$$w_{\text{fin}} = \frac{m_{\text{feed}}}{X_{\text{FC}}} \quad (9.54)$$

where

$w_{\text{fin}}$	final animal weight (in kg an <sup>-1</sup> )
$m_{\text{feed}}$	feed intake (in kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> = kg an <sup>-1</sup> )
$X_{\text{FC}}$	feed conversion rate (in kg kg <sup>-1</sup> )

Zur Schließung von Datenlücken wurden teilweise Endgewicht, Futterverbrauch und Futterverwertung ineinander umgerechnet.

Missing data are replaced by data from the previous year.

Bei fehlenden Daten wurden Vorjahresdaten verwendet.

### 9.8.3 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

### 9.8.4 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.4.3.3. The calculations are performed separately for male and female turkeys as the amounts of feed taken in are different. (Feed properties, however, are assumed to be the same both for male and female turkeys.)

The amount of VS excretions are calculated from the feed intake (see above) and the energy content of the feed. This is equivalent to the method described in Chapter 3.4.1.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.4.3.3. Die Berechnung erfolgt separat für männliche und weibliche Puten, da sich bei beiden Geschlechtern die Futtermengen unterscheiden. (Die Futtereigenschaften werden für beide Geschlechter als gleich angenommen.)

Die Menge der VS-Ausscheidungen werden aus dem Futterverbrauch und dem Energiegehalt des Futters berechnet. Dies ist äquivalent zu der in Kapitel 3.4.1 beschriebenen Methode.

$$VS_{\text{tf}} = m_{\text{feed, tf}} \cdot x_{\text{DM, tf}} \cdot (1 - X_{\text{DE, tf}}) \cdot (1 - x_{\text{ash, tu}}) \quad (9.55)$$

where

$VS_{\text{tf}}$	volatile solid excretion of female turkeys (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$m_{\text{feed, tf}}$	feed intake of female turkeys (in kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$x_{\text{DM, tf}}$	dry matter content of turkey feed (female turkeys) ( $x_{\text{DM, tf}} = 0.88 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$X_{\text{DE, tf}}$	digestibility of turkey feed (female turkeys) (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$x_{\text{ash, tu}}$	ash content of turkey manure (female turkeys) (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below

The feed intake is listed in Table 9.29.

For  $m_{\text{feed, tf}}$ ,  $x_{\text{DM, tf}}$  und  $X_{\text{DE, tf}}$  see Chapter 9.8.2.2. The ash content of turkey excreta is described by Henning and Poppe (1975), pg. 32. We use the value of 0.15 kg kg<sup>-1</sup> cited therein.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are 0,36 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> and 0.01 kg

Der Futterverbrauch ist in Table 9.29 angegeben.

Zu  $m_{\text{feed, tf}}$ ,  $x_{\text{DM, tf}}$  und  $X_{\text{DE, tf}}$  siehe Kapitel 9.8.2.2. Der Aschegehalt von Puten-Exkrementen liegt nach Henning und Poppe (1975), S. 32, bei 0,15 kg kg<sup>-1</sup>.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  0,36 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in

kg<sup>-1</sup> C respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of emission factors in Tier-2 approaches to be about 20 %. German data do not exist. The uncertainty is interpreted as the standard error. A normal distribution is assumed.

Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen 0,01 kg kg<sup>-1</sup> C. (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Deutsche Zahlen liegen nicht vor. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 9.8.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

For turkeys, NMVOC emissions are not calculated, as no method has been described yet.

NMVOC-Emissionen für Puten werden nicht berücksichtigt, da kein Rechenverfahren existiert.

### 9.8.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 9.8.6.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

The annual N excretion per animal place is calculated from the amounts of feed, the N content of the feed and the N content of the animals according to:

Die jährlichen N-Ausscheidungen pro Tierplatz werden aus den Futtermengen, den N-Gehalten des Futters, dem Endgewicht und dem N-Gehalt der Tiere wie folgt berechnet:

$$m_{\text{excr, tf}} = m_{\text{feed, tf}} - m_{\text{g, tf}} \quad (9.56)$$

where

$m_{\text{excr, tf}}$	amount of nitrogen excreted (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{feed, tf}}$	nitrogen intake with feed (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{g, tf}}$	amount of nitrogen retained with growth (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)

with

$$m_{\text{feed, tf}} = m_{\text{F, tf}} \cdot x_{\text{N}} \quad (9.57)$$

where

$m_{\text{F, tf}}$	amount of feed taken in, female turkeys (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N}}$	mean nitrogen content of feed (in kg kg <sup>-1</sup> N)

$$m_{\text{g, tf}} = x_{\text{N, ret, tu}} \cdot \alpha \cdot \frac{\Delta w_{\text{tf}}}{\tau_{\text{round, tf}}} \quad (9.58)$$

where

$x_{\text{N, ret, tu}}$	mean N content of turkeys ( $x_{\text{N, ret, tu}} = 0.035 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\Delta w_{\text{round, tf}}$	animal weight gain per place and round as defined in Chapter 2.1.4.2 (in kg an <sup>-1</sup> = kg pl <sup>-1</sup> ro <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{round, tf}}$	duration of round (female turkeys) (in d ro <sup>-1</sup> )

For male turkeys these equations are applied by analogy.

For feed requirements, some information is available. More can be deduced from the final live weight and the feed conversion.

Die Gleichungen gelten für männliche Puten sinngemäß.

Informationen über den Futterbedarf sind in geringem Umfang vorhanden, weitere werden aus dem Endgewicht und der Futterverwertung abgeleitet.

The XP content of the feed is assumed to be constant with time and is calculated as a weighted mean using the data provided in Table 9.28.

The mean overall N content of the animal is taken to be 0.035 kg kg<sup>-1</sup> N (DLG, 2005, pg. 12).

Der XP-Gehalt des Futters wird im Mittel als zeitlich konstant angesehen und als gewichtetes Mittel aus den Angaben in Table 9.28 errechnet.

Der mittlere N-Gehalt der Tierkörper wird nach DLG (2005), S. 12 mit 0,035 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt.

#### 9.8.6.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

Bedding is considered to be straw. For the properties of straw see Chapter 3.6.

All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of bedding material to be applied per animal place and year is given in the following table:

Die gesamte Einstreu wird als Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh wird auf Kapitel 3.6 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren

Nachfolgende Tabelle gibt die jährlich pro Tierplatz zu berücksichtigende Einstreumenge an:

Table 9.30: Turkeys, amounts of N inputs with straw in German turkey houses

straw input <sup>a</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	dry matter (DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N input (in DM) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	TAN kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
10.3	8.9	44.3 · 10 <sup>-3</sup>	22.1 · 10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: see text

#### 9.8.6.3 *Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren*

According to EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, a NH<sub>3</sub> emission factor of 0.35 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N (related to UAN excretion; for UAN see Chapter 3.5.4) is used in the inventory.

For the partial NH<sub>3</sub> emission factor for storage, the value given in EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, is used: 0.24 kg kg<sup>-1</sup> N. The factor relates to the UAN amount entering the storage.

For spreading, a factor of 0.45 kg kg<sup>-1</sup> related to UAN is used, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 9.4).

An overall uncertainty of 30 % is assumed for NH<sub>3</sub> emission factors with a normal distribution.

Nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, wird für den Stall ein NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor von 0,35 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N bezogen auf die UAN-Ausscheidung angesetzt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.5.4).

Der partielle NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2009)-4B-26, Table 3-8, mit 0,24 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von 0,45 kg kg<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>-N bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 9.4, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Eine Gesamtunsicherheit von 30 % für NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren (normal verteilt) erscheint angemessen.

The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for house and storage, see Chapter 9.2.2, Table 9.3.

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe Kapitel 9.2.2, Table 9.3.

#### 9.8.7 *Emissions of particulate matter / Emissionen von Staub*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.7.

EMEP(2009)-4B-17, Table 3-4, list the following particle emission factors for turkeys: 0.032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0.004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.7 verwiesen.

Nach EMEP(2009)-4B-17, Table 3-4, lauten PM-Emissionsfaktoren für Puten: 0,032 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>10</sub>, 0,004 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> PM<sub>2.5</sub>.

### 9.8.8 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

For reference to information provided with the data CD see Table 9.31.

Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen finden sich in der nachfolgenden Table 9.31.

Table 9.31: Turkeys, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.25	EM1005.26
		NM VOC	EM1005.56	EM1005.57
		NH <sub>3</sub>	EM1009.27	EM1009.28
		N <sub>2</sub> O	EM1009.112	EM1009.117
		NO	EM1009.159	EM1009.160
		PM <sub>10</sub>	EM1010.21	EM1010.22
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.45	EM1010.46
Activity data	Aktivitäten		AC1005.33	AC1005.35
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.25	IEF1005.27
		NM VOC	IEF1005.52	IEF1005.53
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.24	IEF1009.26
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.90	IEF1009.92
		NO	IEF1009.122	IEF1009.124
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.20	IEF1010.21
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.42	IEF1010.43
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.62	AI1005POU.83

## 9.9 Poultry – collective description / Geflügel - zusammenfassende Daten

For greenhouse gases, emissions have to be reported for poultry as a single category. The aggregation of data sets is described in Chapter 9.9.1.

For air pollutants, a differentiation has to be made between laying hens, broilers and “other poultry”. For the aggregation of “other poultry” data the methods listed in Chapter 9.9.1 are used by analogy.

Treibhausgasemissionen sind für Geflügel insgesamt zu berichten. Die Aggregation der Daten wird in Kapitel 9.9.1 beschrieben.

Bei den luftverschmutzenden Gasen und Stoffen ist nach Legehennen, Masthähnchen und -hühnchen sowie „anderes Geflügel“ zu unterscheiden. Die Datenaggregation für „anderes Geflügel“ folgt sinngemäß den Ausführungen in Kapitel 9.9.1.

### 9.9.1 Aggregated data for poultry / Zusammenfassende Daten für Geflügel

#### 9.9.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The total number of pigs in the official statistics is the sum of all subcategories in Table 9.1.

Die Gesamtzahl des Geflügels in der amtlichen Tierzählung gibt die Summe aller Unterkategorien in Table 9.1 wieder.

$$n_{\text{poultry}} = n_{\text{AA}} + n_{\text{AB}} + n_{\text{AC}} + n_{\text{AD}} + n_{\text{AE}} + n_{\text{AF}} \quad (9.59)$$

where

$n_{\text{AA}}$  etc. number of animals in census subcategory AA, etc. (see Table 9.1)

The uncertainty in the census based animal numbers is between 4 and 5 %.

Die Unsicherheiten der Tierzahlen in der amtlichen Statistik wird etwa 4 bis 5 % betragen.

#### 9.9.1.2 Animal weights / Tiergewichte

The mean animal weight of poultry is calculated from the mean weights of the various poultry categories:

Das mittlere Gewicht von Geflügel wird aus den mittleren Gewichtenen der einzelnen Geflügelkategorien berechnet:

$$w_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot w_{\text{mean, lh}} + n_{\text{br}} \cdot w_{\text{mean, br}} + n_{\text{pu}} \cdot w_{\text{mean, pu}} + n_{\text{ge}} \cdot w_{\text{mean, ge}} + n_{\text{du}} \cdot w_{\text{mean, du}} + n_{\text{tu}} \cdot w_{\text{mean, tu}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.60)$$

where

$w_{\text{mean, poultry}}$  mean weight of poultry (in kg an<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $w_{\text{mean, lh}}$  mean weight of laying hens (in kg an<sup>-1</sup>)  
 etc.

The mean animal weights of the poultry categories are estimated as follows:

- The mean weight of laying hens is the arithmetic mean of the weights at the beginning and the end of the laying period.
- The mean weight of pullets and broilers is half the sum of chicklet weight and final weight, where the final pullet weight is the initial weight of laying hens.
- The mean weight of geese, ducks and turkeys is

Die mittleren Gewichte der Geflügelkategorien werden wie folgt geschätzt:

- Als mittleres Gewicht von Legehennen wird das arithmetische Mittel der Gewichte zu Beginn und zum Ende der Legeperiode angesehen.
- Das mittlere Gewicht von Junghennen sowie Masthähnchen und -hühnchen wird als Hälfte der Summe von Küken- und Endgewicht berechnet, wobei das Endgewicht der Junghennen dem Anfangsgewicht der Legehennen entspricht.

calculated in a simplified manner as half the final fattening weight, where different final fattening weights of male and female turkeys are accounted for.

- Das mittlere Gewicht von Gänsen, Enten und Puten wird vereinfachend mit der Hälfte des Mastendgewichtes gleichgesetzt, wozu bei Puten das unterschiedliche Mastendgewicht von Hähnen und Hennen berücksichtigt wird.

### 9.9.1.3 Calculation of mean VS and N excretions / Berechnung mittlerer VS- und N-Ausscheidungen

The mean VS excretions for poultry are assessed using calculated data for laying hens, broilers, pullets, ducks and turkeys. There is no IPCC default values for geese. As the number of geese is small, geese are not included in the determination of the mean.

Die mittleren VS-Ausscheidungen für Geflügel werden aus berechneten Daten für Legehennen, Masthähnchen und –hühnchen, Enten und Puten berechnet. Ein IPCC-default-Wert für Gänse ist nicht angegeben. Da die Zahl der Gänse gering ist, werden Gänse in die Mittelwertbildung nicht einbezogen.

$$VS_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot VS_{\text{lh}} + n_{\text{br}} \cdot VS_{\text{br}} + n_{\text{pu}} \cdot VS_{\text{pu}} + n_{\text{du}} \cdot VS_{\text{du}} + n_{\text{tu}} \cdot VS_{\text{tu}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.61)$$

where

$VS_{\text{mean, poultry}}$  mean VS excretion of poultry (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $VS_{\text{lh}}$  VS excretion of layinghens (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.

In contrast to VS excretions, mean N excretions can be obtained including all subcategories:

Im Gegensatz zu mittleren VS-Ausscheidungen können die mittleren N-Ausscheidungen unter Einbeziehung aller Unterkategorien berechnet werden:

$$m_{\text{excr, mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot m_{\text{excr, lh}} + n_{\text{br}} \cdot m_{\text{excr, br}} + n_{\text{pu}} \cdot m_{\text{excr, pu}} + n_{\text{ge}} \cdot m_{\text{excr, ge}} + n_{\text{du}} \cdot m_{\text{excr, du}} + n_{\text{tu}} \cdot m_{\text{excr, tu}}}{n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}}} \quad (9.62)$$

where

$m_{\text{excr, mean, poultry}}$  mean N excretion of poultry (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of laying hens (in pl)  
 $m_{\text{excr, lh}}$  N excretion of laying hens (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.

### 9.9.1.4 Implied emission factors / Mittlere Emissionsfaktoren

For the calculation of mean implied emission factors  $IEF_{\text{poultry, i}}$  of a species i, the total of the emissions of the species i is derived from the animal numbers in each subcategory and the respective emission factor  $EF_i$ , and then divided by the overall number of poultry.

For CH<sub>4</sub> emissions, geese are not accounted for.

Zur Berechnung der mittleren Emissionsfaktoren  $IEF_{\text{poultry, i}}$  für eine Spezies i wird die Summe aller berechneten Emissionen einer Spezies i aus Tierzahlen und mittleren Emissionsfaktoren  $EF_i$  errechnet und durch die Gesamtzahl des Geflügels dividiert.

Bei CH<sub>4</sub>-Emissionen werden Gänse nicht berücksichtigt.



$$IEF_{\text{poultry}, i} = \frac{n_{lh} \cdot EF_{lh, i} + n_{br} \cdot EF_{br, i} + n_{pu} \cdot EF_{pu, i} + n_{ge} \cdot EF_{ge, i} + n_{du} \cdot EF_{du, i} + n_{tu} \cdot EF_{tu, i}}{n_{lh} + n_{br} + n_{pu} + n_{ge} + n_{du} + n_{tu}} \quad (9.63)$$

where

$IEF_{\text{poultry}, i}$  implied emission factor of a species  $i$  for poultry (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_{lh}$  number of laying hens (in pl)  
 $EF_{lh, i}$  emission factor of a species  $i$  for laying hens (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.

### 9.9.2 Intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors with those of neighbouring countries / Vergleich von emissionserklärenden Variablen und resultierenden Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

In this chapter, a comparison is made of implied emission factors ( $IEF$ ) between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions (latest published results), and German data in this inventory.

In diesem Kapitel werden die platzbezogen Emissionsfaktoren ( $IEF$ ) und wichtige emissionserklärende Variablen mit denen benachbarter Länder (letzte verfügbare Daten) mit ähnlicher Landwirtschaft verglichen.

#### 9.9.2.1 Mean implied emission factors for gases and emission explaining variables / Mittlere Emissionsfaktoren für Gase und emissionserklärende Variablen

Table 9.32: Poultry, intercomparison of emission explaining variables and implied emission factors (Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	mean animal weight kg an <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	$IEF$				
				CH <sub>4, ent</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	CH <sub>4, MM</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	N <sub>2</sub> O kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NO kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	1.10	0.10	0.55	0.02	0.07	0.40		
Belgium	1.60	0.03	0.58		0.04	0.14		
Czech Republic			0.60		0.08	0.21		
Denmark	2.00	0.00	0.79		0.04	0.27		
Germany	1.99	0.024 <sup>1</sup>	0.78		0.03	0.42	0.0012	0.0002
France		0.10	0.60		0.12	0.48		
Netherlands			0.64		0.03	0.20		
Poland	1.10	0.10	0.35		0.08	0.13		
Switzerland		0.10	0.54	0.01	0.12	0.19		
United Kingdom			0.58		0.08	0.19		
IPCC (2006)-10.82, Western Europe, cool region, developed countries	0.9 to 6.8	0.01 to 0.07	0.63 <sup>2,3</sup>	NE	0.02 to 1.28			
IPCC (2000)-B1090-9			0.6 to 2.0			0.28 to 0.92		
IPCC (1996)-3-4.12, 4.47, 4.99, Western Europe, cool region, developed countries	1.10	0.10	0.6	NE	0.078			
EMEP (2009)-4.B-26, 64, 65			0.55 to 1.64			0.22 to 0.95		0.001 to 0.004

Sources: UNFCCC 2010, Table 4.A, 4B; EMEP (2010)

<sup>1</sup> calculated without geese

<sup>2</sup> calculated according to IPCC (2006) using the German mean animal weights of poultry subcategories (submission 2011)

<sup>3</sup> assumption: missing IPCC (2006) default value for geese replaceable by default value for turkeys

Some countries still use the default values provided in IPCC(1996)-3-4.47, i.e. a mean animal weight of 1.1 kg an<sup>-1</sup> and a mean VS excretion of 0.10 kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. If one considers the information provided in IPCC(2006)-10.82, mean animal weights must definitively exceed the former values, whereas VS

Als Tiergewichte geben einige Länder den default-Wert von 1,1 kg an<sup>-1</sup>, als VS-Ausscheidung den default-Wert von 0,10 kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> nach IPCC(1996)-3-4.47 an. Die Tiergewichte nach IPCC(2006)-10.82 würden dagegen zu einem deutlich höheren mittleren Gewicht führen, wohingegen die VS-Ausscheidungen

mean VS excretions fall below. The German result for the mean VS excretion of poultry is based on the data given in IPCC (2006).

IPCC(1996) suppose a default CH<sub>4</sub> emission factor of 0.078 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Again, the data listed in IPCC(2006) result in lower means. Calculated emission factors reported by Belgium, Denmark and the Netherlands confirm the German data.

Like all other means, the mean NH<sub>3</sub> emission factor greatly depends on the composition of the poultry population. Here, no additional information is available. The comparison with a default factor is impossible.

in IPCC (2006)-10.82 deutlich geringer sind als in IPCC (1996). Der deutsche Wert für die VS-Ausscheidungen beruht auf den Daten von IPCC (2006).

Als default-CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor gibt IPCC(1996) 0,078 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> an. Nach IPCC(2006) ergeben sich auch hier geringere Mittelwerte. Die Rechnungen für Belgien, Dänemark und die Niederlande bestätigen den deutschen Wert.

Wie alle anderen Mittelwerte, so hängen auch die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren stark von der Zusammensetzung der Tierpopulation ab. Hier fehlen Angaben der Nachbarländer. Ein Vergleich mit default-Werten ist nicht möglich.

#### 9.9.2.2 *Mean implied emission factors for particulate matter / Mittlere Emissionsfaktoren für Partikel*

Emission factors for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> reported values differ without any discernible reason.

Again, information about the composition of the population is missing.

Die Angaben zu Staub-Emissionsfaktoren für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> variieren ohne erkennbare Ursache.

Wiederum fehlen Angaben zur Zusammensetzung der Populationen.

Table 9.33: Poultry, intercomparison of PM implied emission factors  
(Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	<i>IEF</i> <sub>PM10, poultry</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub>	<i>IEF</i> <sub>PM2.5, poultry</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub>	<i>IEF</i> <sub>TSP, poultry</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TSP <sup>1</sup>
Austria			
Belgium	0.028	0.007	0.059
Czech Republic	0.004	0.001	0.008
Denmark	0.067	0.011	0.067
Germany	0.052	0.008	0.052
France	0.037	0.008	0.082
Netherlands	0.057	0.011	0.057
Poland	0.032	0.001	0.071
Switzerland	0.011	0.076	0.076
United Kingdom	0.055	0.010	
EMEP (2009)-4.B-27	0.017 to 0.052	0.002 to 0.007	

Source: EMEP (2010), calculated from original data supplied

<sup>1</sup> Total suspended particulate matter (TSP) refers to the entire range of ambient air matter that can be collected, from the sub-micron level up to 100 µm in *d* (EMEP(2007)-B1010-9).

#### 9.9.3 *Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen*

Reference to information provided with the data CD is provided in the subsequent table.

Hinweise auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen finden sich in der nachfolgenden Tabelle.

Table 9.34: Poultry, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.28	
		NM VOC	EM1005.59	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.30	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.121	EM1009.123
		NO	EM1009.162	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.23	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.47	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.36	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.28	
		NM VOC	IEF1005.54	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.28	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.94	
		NO	IEF1009.126	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.22	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.44	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.84	AI1005POU.94
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.57	EXCR.59

Table 9.35: Other poultry (poultry except laying hens and broilers), related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.27	
		NM VOC	EM1005.58	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.29	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.118	EM1009.120
		NO	EM1009.161	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Activity data	Aktivitäten			
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management		
		NM VOC		
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.27	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.93	
		NO	IEF1009.125	
		PM <sub>10</sub>		
		PM <sub>2.5</sub>		
Additional information	zusätzliche Informationen			

## 10 Emissions from cultures with nitrogen fertilizers / Emissionen aus mit Stickstoff gedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen

Fertilised agricultural areas comprise

- permanent crops,
- arable land crops,
- market gardening and
- fertilised grassland

which are intentionally treated with nitrogen fertilizers (mineral fertilizers and manures).

N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source with respect to level and trend (UBA 2008, pg. 85 f). NH<sub>3</sub> and NO emissions from agricultural soils are also regarded to be key sources (EMEP 2005).

Emissions of NMVOC from plants and emissions of CO<sub>2</sub> resulting from the application of mineral fertilizers are no key sources.

Soil bacteria are able to oxidise CH<sub>4</sub> which results in a CH<sub>4</sub> deposition. The rate of oxidation depends on the microbial activity and the availability of reduced N. The sink strength of soils with respect to CH<sub>4</sub> consumption is affected by N fertilisation. During the process of the drawing up of IPCC(2000) no agreement could be found for an adequate description (communicated by Annette Freibauer, co-ordinating lead author of the respective chapter in IPCC(2000)).- This is why greenhouse gas reporting does not take into account CH<sub>4</sub> consumption.

The emissions are calculated according to the procedures compiled in Table 10.1.

Gedüngte landwirtschaftliche Nutzflächen sind

- Dauerkulturen,
- Ackerland,
- Gartenland und
- gedüngtes Grünland,

die absichtlich mit stickstoffhaltigen Düngemitteln (Mineral- und Wirtschaftsdüngern) behandelt werden.

N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen sind eine Hauptquellgruppe hinsichtlich Niveau und Trend (UBA 2008, S. 85f); NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen sind nach EMEP (2005) jeweils eine Hauptquellgruppe.

Die Emissionen von NMVOC aus Pflanzen und von CO<sub>2</sub> aus der Anwendung von Mineraldüngern sind keine Hauptquellgruppen.

Bodenbakterien können CH<sub>4</sub> veratmen. Dies resultiert in einer CH<sub>4</sub>-Deposition. Die Menge ist eine Funktion der mikrobiellen Aktivität und des Angebots an reduziertem N. Die Senkenstärke der Böden für die natürliche CH<sub>4</sub>-Konsumption wird durch N-Düngung reduziert. Hierüber konnte im Rahmen der Erstellung von IPCC (2000) kein Konsens gefunden werden (Mitteilung von Annette Freibauer, koordinierende Erstautorin des entsprechenden Abschnittes in IPCC(2000)). Daher wird die CH<sub>4</sub>-Konsumption in der Treibhausgas-Berichterstattung nicht berücksichtigt.

Die Berechnung der Emissionen aus gedüngten landwirtschaftlichen Böden erfolgt nach den in Table 10.1 zusammengestellten Verfahren.

Table 10.1: Cultures with fertilizers, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
NH <sub>3</sub>	mineral fertilizer	2	EMEP	federal states	federal states	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	mineral fertilizer	1	IPCC	federal states	national	1 a
CO <sub>2</sub>	urea	1	IPCC	federal states	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	animal manures	1	IPCC	federal states	national	1 a
N <sub>2</sub> O	sewage sludge	1	IPCC	federal states	national	1 a
N <sub>2</sub> O	histosols	1	IPCC	federal states	national	1 a
NMVOC	Plants	1	national	federal states	national	1 a
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	Arable agriculture	1	EMEP	federal states	national	1 a

For emission reporting, emissions from agricultural soils are calculated on federal state level. Calculations on district level are possible only for the years 1999 and 2003 as only for these years the input data needed are available.

Die Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden werden für die Emissionsberichterstattung auf Länderebene berechnet, da die notwendigen Eingangsdaten auf Kreisebene nur in Ausnahmejahren (1999 und 2003) vorliegen.

## 10.1 Application of mineral fertilizers / Mineraldüngeranwendung

Application of mineral fertilizers leads to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions.

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils are a key source.

Die Ausbringung von Mineraldünger führt zu  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

### 10.1.1 Activity data / Aktivitätsdaten

#### 10.1.1.1 Amounts of fertilizers used / Berücksichtigte Düngermengen

Data on amounts of fertilizers is not available. Hence, the missing data is replaced by the amounts of fertilizers sold which are recorded on federal state level (StatBA FS 4, R 8.2, annually). This corresponds to the assumption that the fertilizer sold in one year is applied the same year which, at least on the basis of averaging over several years, seems plausible.

Transports crossing federal state borders cannot be taken into account due to lack of data. However, the error caused by this simplification should be small.

The calculation of the inventory of emissions from the application of mineral fertilizers is generally performed for federal states. However, Chapter 10.1.1.2 describes a procedure to disaggregate these data onto district level. This procedure is intended as a tool in policy making but is *not* used in emission reporting.

The German national classification for N fertilizers as used in the statistics is translated into SNAP categories according to Table 10.2.

Daten ausgebrachter Düngermengen sind nicht verfügbar. Daher wird mit den statistisch erfassten Düngerverkaufsmengen auf Bundeslandebene (StatBA FS 4, R 8.2, für jedes Jahr) gerechnet. Dies entspricht der zumindest im mehrjährigen Mittel zutreffenden Annahme, dass in einem Jahr soviel Mineraldünger ausgebracht wird, wie verkauft wird.

Transporte über Bundeslandgrenzen können mangelndes Daten nicht berücksichtigt werden. Der damit verbundene Fehler wird aber als gering eingeschätzt.

Die Inventarberechnung der Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung erfolgt routinemäßig für Bundesländer. Kapitel 10.1.1.2 beschreibt ein Verfahren zur Disaggregation der Düngermengen auf Kreisebene. Dieses für die Politikberatung gedachte Verfahren wird *nicht* für die Emissionsberichterstattung eingesetzt.

Die nationalen Bezeichnungen für N-Dünger werden wie in Table 10.2 den SNAP-Bezeichnungen zugeordnet:

Table 10.2: Attribution of German national classes of N fertilizers to SNAP categories

German classification	SNAP 100100
<i>Any time</i>	
Kalkammonsalpeter	calcium ammonium nitrate
Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung	ammonium nitrate urea solutions
<i>in 1994 and thereafter</i>	
Ammonsalpetersorten	ammonium nitrate
Harnstoff	urea
andere Einnährstoffdünger	other complex NK and NPK fertilizers
NP-Dünger	combined NP fertilizers
<i>prior to 1994</i>	
andere Ammonsalpetersorten und Kalkstickstoff	ammonium nitrate

For 1990 to 1993, information about fertilizer in the New Länder (former GDR) was available as total of N sold. The detailed data for 1994 were used to estimate the distribution of fertilizer for the single Länder as well as the frequency distribution of the various fertilizer types.

The missing data for Saarland in 1991 were replaced by the respective data for 1990.

Für die Jahre 1990 bis 1993 lagen für die Neuen Bundesländer Angaben über Düngemittel nur als Summe der verkauften N-Dünger, angegeben als Dünger-N, vor. Unter Verwendung der detaillierten Daten für 1994 wurden die auf die einzelnen Bundesländer und die einzelnen Düngersorten entfallenden Teilmengen proportional erschlossen.

Die für das Saarland fehlenden Angaben für 1991 wurden durch entsprechende Daten für 1990 ersetzt.

The uncertainty of the procedure to estimate the amounts of fertilizer applied is unknown. Hence, the uncertainty of these amounts is unknown as well.

According to EMEP(2007)-B1010-26, the uncertainty (standard error) for the amounts of fertilizers applied is in the order of magnitude of 10 %. In addition, a normal distribution is assumed.

Die Unsicherheit des Verfahrens zur Schätzung der ausgebrachten Düngermengen und damit die Unsicherheit dieser Mengen ist nicht bekannt.

Nach EMEP(2007)-B1010-26 wird für die ausgebrachten Düngermengen mit einer Unsicherheit (Standardfehler) von größenordnungsmäßig 10 % gerechnet. Angenommen wird eine Normalverteilung.

#### 10.1.1.2 *Spatial disaggregation of fertilizer amounts for 1999 and 2003/ Regionalisierung der Düngermengen für 1999 und 2003*

In the following, a procedure is described for the disaggregation of federal state-level fertilizer amounts on district level. This procedure is *not* used in emission reporting. However, it has been used as a tool for policy making purposes for the years 1999 and 2003 which are the only years where all the input data needed are available for.

For the disaggregation, land utilisation data is combined with the fertilizer amounts officially recommended (cf. Table 10.3). Soil N pools and application of manures were not taken into account. The potentially needed amounts of fertilizer N are calculated for each district. The sum of these potential amounts of fertilizer N is compared with the amounts really sold. Thus, a fraction could be derived for each district, which has to be multiplied with the amounts sold in the Federal State. A differentiation between grassland and arable land (incl. horticultural land) is made. No special combinations of fertilizer types and and crop were accounted for.

The amount of fertilizer per district is calculated as follows:

$$m_{\text{fert}, i, d} = x_{\text{fert}, i, d} \cdot m_{\text{fert}, i, \text{sold}} \quad (10.1)$$

where

$m_{\text{fert}, i, d}$	amount of fertilizer type i used in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{fert}, i, d}$	share of fertilizer used in a district related to the overall sales in a Federal State (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{fert}, i, \text{sold}}$	amount of fertilizer type i sold in a Federal State (in Gg a <sup>-1</sup> N)

with

$$x_{\text{fert}, i, d} = \frac{\sum_j A_{j, d} \cdot m_{\text{rec}, j}}{\sum_j A_{j, \text{FS}} \cdot m_{\text{rec}, j}} \quad (10.2)$$

where

$A_{j, d}$	area of crop j reported for a district (in ha)
$m_{\text{rec}, j}$	amount of fertilizer recommended for a crop j (in kg ha <sup>-1</sup> N, see Table 10.3)
$A_{j, \text{FS}}$	area of crop j reported for a Federal State (in ha)

Im Folgenden wird ein Verfahren zur Disaggregation der auf Bundesland-Ebene verfügbaren Düngermengen auf Kreise beschrieben. Dieses Verfahren wird *nicht* für die Emissionsberichterstattung eingesetzt. Es wurde bislang nur zu Zwecken der Politikberatung verwendet (für die Jahre 1999 und 2003, da nur für diese alle Eingangsdaten bekannt sind).

Zur Disaggregation werden anhand der Flächennutzungsdaten und der Düngeempfehlungen (siehe Table 10.3) ohne Abzug von N-Vorräten in Böden und ohne Berücksichtigung etwaig aufgebracht Wirtschaftsdünger potentielle N-Gaben für jeden Kreis errechnet. Die Summe der potentiellen N-Gaben in einem Bundesland werden den tatsächlich verkauften Düngermengen gegenüber gestellt. Für jeden Kreis wird ein Bruchteil errechnet, der den Anteil einer jeden potentiell angewendeten Düngerart je Kreis beschreibt. Zwischen Düngergaben auf Ackerland (incl. Land für Gemüsebau) und Grünland wird unterschieden. Präferenzen für Kombinationen von Düngertypen und Kulturen werden nicht berücksichtigt.

Die je Kreis angewendete Menge errechnet sich dann wie folgt:

Table 10.3: Cultures with fertilizers, recommended amounts of nitrogen fertilizers

Crop	Fertilizer, kg ha <sup>-1</sup> N, recom- mended	Source	Crop	Fertilizer, kg ha <sup>-1</sup> N, recom- mended	Source
winter wheat	220	LWK-NI (2007)	endive	120	Hortigate (2005)
spring wheat	200	LWK-NI (2007)	lamb's lettuce	80	Hortigate (2005)
Rye	150	LWK-NI (2007)	butterhead lettuce	80	Hortigate (2005)
winter barley	190	LWK-NI (2007)	lollo lettuce	80	Hortigate (2005)
spring barley	130	LWK-NI (2007)	radicchio	80	Hortigate (2005)
Oat	100	LWK-NI (2007)	Romaine lettuce	100	Hortigate (2005)
Triticale	190	LWK-NI (2007)	arugula	80	Hortigate (2005)
grain maize	180	LWK-NI (2007)	other lettuce	80	Hortigate (2005)
maize for silage	180	LWK-NI (2007)	spinach	90	Hortigate (2005)
Rape	200	LWK-NI (2007)	rhubarb	120	Hortigate (2005)
sugar beet	160	LWK-NI (2007)	asparagus	80	Hortigate (2005)
fodder beet	160		celery stalks	140	Hortigate (2005)
clover, clover gras mix- tures, clover alfalfa mix- tures (fodder production on arable land)	0		fennel	140	Hortigate (2005)
Alfalfa	0		celery root	140	Hortigate (2005)
grass (fodder production)	270	KTBL (2004), pg. 301	horseradish	140	Hortigate (2005)
Potatoes	160	LWK-NI (2007)	carrots	80	Hortigate (2005)
broad beans	0		red radish	70	Hortigate (2005)
Peas	0		white radish	100	Hortigate (2005)
other pulses	0		beetroot	180	Hortigate (2005)
pastures and meadows	130	KTBL (2004), pg. 301	gherkin	140	Hortigate (2005)
Cauliflower	220	Hortigate (2005)	cucumber	140	Hortigate (2005)
Broccoli	190	Hortigate (2005)	marrows	120	Hortigate (2005)
Chinese cabbage	80	Hortigate (2005)	courgette	170	Hortigate (2005)
curly kale	160	Hortigate (2005)	sweet corn	150	Hortigate (2005)
Kohlrabi	130	Hortigate (2005)	French beans	80	Hortigate (2005)
Brussels sprouts	300	Hortigate (2005)	broad beans		
red cabbage	190	Hortigate (2005)	runner beans (incl. scarlet runner bean)	120	Hortigate (2005)
white cabbage	195	Hortigate (2005)	peas for threshing (with- out pods)	110	Hortigate (2005)
Savoy cabbage	195	Hortigate (2005)	peas for picking (with pods)	110	Hortigate (2005)
red oak leaf lettuce	80	Hortigate (2005)	spring onions	150	Hortigate (2005)
crisphead lettuce	120	Hortigate (2005)	onions (incl. shallots)	90	Hortigate (2005)
			parsley	180	Hortigate (2005)
			leek	160	Hortigate (2005)
			chives	200	Hortigate (2005)

### 10.1.2 Emission of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 10.1.2.1 Ammonia emissions / Ammoniak-Emissionen

Ammonia emissions are calculated using a detailed methodology according to EMEP(2009)-4.D-12. However, the option of taking into account the pH status of the soil is not used as there are no data on pH soil status available in Germany.

The procedure distinguishes various fertilizer types:

Ammoniak-Emissionen werden nach einem detaillierten Verfahren nach EMEP(2009)-4.D-12 berechnet, wobei die Abhängigkeit vom pH-Wert des Bodens mangels entsprechender Eingangsdaten nicht berücksichtigt werden kann.

Das Verfahren berücksichtigt unterschiedliche Düngertypen:

$$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}} = \frac{\sum_i (m_{\text{fert, i}} \cdot EF_{\text{NH}_3, i})}{\gamma_{\text{NH}_3}} \quad (10.3)$$

with

$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}}$	NH <sub>3</sub> -N emission flux from fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
$\gamma_{\text{NH}_3}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NH}_3} = 17/14 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )
$m_{\text{fert, i}}$	mass of N applied with fertilizer type i (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{NH}_3, i}$	NH <sub>3</sub> emission factor for fertilizer type i (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> )

The emission factors are calculated as functions of the spring temperatures  $t_s$ , see Table 10.4.

Die Emissionsfaktoren werden als Funktion der Frühlingstemperatur  $t_s$  berechnet, siehe Table 10.4.

Table 10.4: Mineral fertilizers, NH<sub>3</sub> emission factors as functions of spring temperature  $t_s$  ( $t_s$  in °C)

Fertilizer type	Emission factor $EF$ in (kg NH <sub>3</sub> ) (kg N) <sup>-1</sup>
ammonium sulphate	$0.0107 + 0.0006 \cdot t_s$
ammonium nitrate	$0.0080 + 0.0001 \cdot t_s$
calcium ammonium nitrate	$0.0080 + 0.0001 \cdot t_s$
anhydrous ammonia	$0.0127 + 0.0012 \cdot t_s$
Urea	$0.1067 + 0.0035 \cdot t_s$
nitrogen solutions <sup>a)</sup>	$0.0481 + 0.0025 \cdot t_s$
ammonium phosphates	$0.0107 + 0.0006 \cdot t_s$
other NK and NPK	$0.0080 + 0.0001 \cdot t_s$
nitrate only (e.g. KNO <sub>3</sub> )	$0.0056 + 0.0001 \cdot t_s$
<sup>a)</sup> saturated solutions of urea and ammonium nitrate	
Source: EMEP(2009)-4D-Table 3-2	

Spring temperatures  $t_s$  are defined as the mean air temperatures of March, April, and May, see Chapter 15.1.

Die Frühlingstemperaturen  $t_s$  werden aus den Mittelwerten der Lufttemperaturen der Monate März, April und Mai gebildet, siehe Kapitel 15.1.

For fertilizer application, the uncertainty of the ammonia emissions is no better than  $\pm 50 \%$  (EMEP (2009)-4.D-18). This value is adopted also for the emission factors as there is no uncertainty defined for emission factors. A lognormal distribution is assumed.

EMEP(2009)-4.D-18 geht davon aus, dass die Unsicherheit der Ammoniak-Emissionen nicht kleiner als  $\pm 50 \%$  ist. Dieser Wert wird, da eine entsprechende Angabe für die Emissionsfaktoren fehlt, für diese übernommen und als Standardfehler interpretiert. Angenommen wird eine Lognormalverteilung.

#### 10.1.2.2 Emissions of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> / N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen

##### 10.1.2.2.1 Method applied / Angewandte Methode

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

For N<sub>2</sub>O, a Tier 1 approach is used according to IPCC(1996)-4.92 ff. It calculates the N<sub>2</sub>O-emission as proportional to the amount of N which results from the amount of N applied after subtracting the N losses by NH<sub>3</sub> and NO. In the German inventory, the calculation of the resulting amount of N is **not** based on the entity  $Frac_{\text{GASF}}$ , but makes use of the explicitly calculated emissions of NH<sub>3</sub> and NO. (For  $Frac_{\text{GASF}}$  see Chapter 13.1.3.)

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Für N<sub>2</sub>O wird ein Stufe-1-Verfahren nach IPCC (1996)-4.92 ff angewandt. Dieses berechnet die N<sub>2</sub>O-Emission proportional zur N-Menge, die von der ausgebrachten N-Menge nach Abzug der N-Verluste durch NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen verbleibt. Die verbleibende N-Menge wird im deutschen Inventar **nicht** mit Hilfe der Größe  $Frac_{\text{GASF}}$  berechnet, sondern unter Verwendung der explizit berechneten NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen. (Zu  $Frac_{\text{GASF}}$  siehe Kapitel 13.1.3.)



$$E_{\text{N}_2\text{O-N, fert}} = (m_{\text{fert}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}} - E_{\text{NO-N, fert}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, fert}} \quad (10.4)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O-N, fert}}$	emission of $\text{N}_2\text{O-N}$ directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}}$	emission of $\text{NH}_3\text{-N}$ due to the application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ ), see Chapter 10.1.2.1
$E_{\text{NO-N, fert}}$	emission of $\text{NO-N}$ directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ ), see below
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, fert}}$	emission factor for emissions of $\text{N}_2\text{O-N}$ due to mineral fertilizer application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ), see Chapter 10.1.2.2.2

For  $\text{NO}$ , the simpler methodology described in EMEP(2007)-B1010-15 is applied. According to the definition of the emission factor,  $\text{NO}$  emissions are calculated as a proportion of the amount of N applied with fertilizers:

$\text{NO}$ -Emissionen werden nach dem einfacheren Verfahren aus EMEP (2007)-B1010-15 berechnet. Entsprechend der Ableitung des Emissionsfaktors erfolgt dies proportional zur N-Menge im ausgebrachten Dünger:

$$E_{\text{NO-N, fert}} = m_{\text{fert}} \cdot EF_{\text{NO-N, fert}} \quad (10.5)$$

where

$E_{\text{NO-N, fert}}$	emission of $\text{NO-N}$ emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$EF_{\text{NO-N, fert}}$	emission factor for emissions of $\text{NO-N}$ due to mineral fertilizer application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{NO-N}$ ), see Chapter 10.1.2.2.2

The calculation of the amount of N available in the soil as basis for the calculation of emissions due to leaching requires also an estimate of the N losses by  $\text{N}_2$  emissions.

Die Berechnung der im Boden verfügbaren N-Menge, die für die Berechnung der indirekten Emissionen aus Auswaschung benötigt wird, erfordert die Schätzung von  $\text{N}_2$ -Emissionen als Verlustglied.

The  $\text{N}_2$  emissions are calculated in analogy to the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions:

Die  $\text{N}_2$ -Emissionen werden dazu in Analogie zur  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission berechnet:

$$E_{\text{N}_2\text{-N, fert}} = (m_{\text{fert}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}} - E_{\text{NO-N, fert}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{-N, fert}} \quad (10.6)$$

where

$E_{\text{NO-N, fert}}$	emission of $\text{N}_2$ directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}}$	emission of $\text{NH}_3\text{-N}$ due to the application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ ), see Chapter 10.1.2.1
$E_{\text{NO-N, fert}}$	emission of $\text{NO-N}$ directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ ), see below
$EF_{\text{N}_2\text{-N, fert}}$	emission factor for emissions of $\text{N}_2$ due to mineral fertilizer application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2$ ), see Chapter 10.1.2.2.2

#### 10.1.2.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

##### Nitrous oxide

Tier 1 methodology: IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18  
 $EF_{\text{fert, N}_2\text{O}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$

##### Distickstoffoxid (Lachgas)

Stufe-1-Verfahren: IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18  
 $EF_{\text{fert, N}_2\text{O}} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$

##### Nitric oxide

Simpler methodology: Stehfest and Bouwman (2006):  
 $EF_{\text{fert, NO}} = 0.012 \text{ kg kg}^{-1} \text{NO-N}$

##### Stickstoffmonoxid

Einfacheres Verfahren: Stehfest und Bouwman (2006):  
 $EF_{\text{fert, NO}} = 0,012 \text{ kg kg}^{-1} \text{NO-N}$

The NO emission factor was calculated from data for Europe collated by Stehfest and Bouwman (2006), Table 6. (Europe). It represents the sum of NO emissions from arable land and grassland and relates them to the amount of N applied by fertilizer and manure.

#### *Dinitrogen*

The emission factor for N<sub>2</sub> is derived from the emission ratio normally observed for N<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O-N, i.e. between 7 and 8 kg kg<sup>-1</sup> (Rolston, 1978, Weier et al., 1993, Walenzik, 1996, Stevens and Laughlin, 1998, Smil, 1999, and literature cited therein; Rudaz et al., 1999, Cai et al., 2001; for contrasting information see also Mosier et al., 1986, Vermosen et al., 1996, Mathieu et al., 2006, Liu et al., 2007). For a valuation of the range of these emissions see Van Cleemput (1998).

For the inventory, a N<sub>2</sub> emission factor of 0.1 kg kg<sup>-1</sup> N is used. It agrees with respective data mentioned in recent publications (see Oura et al., 2001).

#### *Uncertainty of emission factors*

##### *Nitrous oxide*

Fertilizer application: the order of magnitude may be correct for large areas (EMEP(2007)-B1010-26). The evaluation of German long-term experiments results in an emission factor which is slightly below default (slope 0.0072 kg kg<sup>-1</sup> with an intercept of about 2.3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N; Lægheid and Aastveit, 2002). The overall procedure seems to be inappropriate<sup>15</sup>.

Leip et al. (2005) estimate an uncertainty of about 900 %. In contrast to this, IPCC (1996)-4.89 lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225 kg kg<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 14.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

##### *Nitric oxide*

For fertilizer application, the order of magnitude is likely to be correct. Likely uncertainty is about a factor of 10 (EMEP(2007)-B1010-26). A lognormal distribution is assumed.

Der NO-Emissionsfaktor wurde aus Europa-Daten in Table 6 in Stehfest und Bouwman (2006) berechnet. Er entspricht der Summe aus NO-Emissionen aus Ackerland und Grünland bezogen auf die durch Mineral- und Wirtschaftsdünger zugeführte N Menge.

#### *Distickstoff*

Der Emissionsfaktor wird aus dem üblicherweise beobachteten Verhältnis von N<sub>2</sub> zu N<sub>2</sub>O-N abgeleitet, das etwa 7 bis 8 kg kg<sup>-1</sup> beträgt (Rolston, 1978, Weier et al., 1993, Walenzik, 1996, Stevens und Laughlin, 1998, Smil, 1999, und dort zit. Lit.; Rudaz et al., 1999, Cai et al., 2001; dagegen aber auch Mosier et al., 1986, Vermosen et al., 1996, Mathieu et al., 2006, Liu et al., 2007). Zur Deutung der Spannbreite der Ergebnisse siehe Van Cleemput (1998).

Für das Inventar wird ein N<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 0,1 kg kg<sup>-1</sup> N angesetzt. Dieser Emissionsfaktor stimmt mit anderen aus der neueren Literatur überein (vgl. Oura et al., 2001).

#### *Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

##### *Distickstoffoxid (Lachgas)*

Düngeranwendung: Die Größenordnung ist wahrscheinlich zutreffend (EMEP(2007)-B1010-26); Auswertung deutscher Langzeitexperimente ergibt einen geringfügig kleineren Emissionsfaktor von 0,0072 kg kg<sup>-1</sup> bei einem Sockel von etwa 2,3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N (Lægheid und Aastveit, 2002); das Verfahren erscheint insgesamt als unangemessen<sup>15</sup>.

Leip et al. (2005) schätzen die Unsicherheit mit 900 %. In IPCC (1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird dagegen für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225 kg kg<sup>-1</sup> N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventaren (s. Kapitel 14.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

##### *Stickstoffmonooxid*

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich zutreffend. EMEP(2007)-B1010-26 gibt eine Unsicherheit mit dem Faktor 10 an. Eine lognormale Verteilung wird angenommen.

<sup>15</sup> "The German sites show no correlation between applied N and emitted N-N<sub>2</sub>O..." (Jungkunst and Freibauer, 2005). N<sub>2</sub>O emissions decrease in Europe with increasing N application to cereals (Kasimir Klemetsson and Klemetsson, 2002). The direct emissions are likely to be overestimated as compared to the emissions from the soil N pool (Lampe et al., 2006)

*Dinitrogen*

The order of magnitude is likely to be correct. The likely uncertainty amounts to about 1000 %, its distribution is presumably lognormal.

*Distickstoff*

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig. Die Unsicherheit beläuft sich wahrscheinlich auf 1000 %, die Verteilung wird als lognormal angenommen.

**10.1.3 *CO<sub>2</sub> emissions from the application of urea / CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Harnstoff-Anwendung***

CO<sub>2</sub> emissions from the application of urea are not reported as originating from agricultural soils (CRF sector 4.D), but under landuse/landuse change (LULUC, CRF Table 5 IV). The calculation procedure is described in Haenel et al. (2010), Chapter 11.1.3.

Die Berichterstattung über CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Harnstoff-Anwendung erfolgt nicht im Bereich landwirtschaftlicher Böden (CRF-Bereich 4.D), sondern im Bereich Landnutzung/Landnutzungsänderungen (LULUC, CRF-Tabelle 5 IV). Zum Rechenverfahren siehe Haenel et al. (2010), Kapitel 11.1.3.

## 10.2 Application of animal manures / Wirtschaftsdüngeranwendung

Application of manures leads to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions.

$\text{NH}_3$  emissions from the application of animal manures are dealt with in the chapters dealing with animal husbandry (Chapters 4 to 9.8).

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils are a key source.

Die Ausbringung von Wirtschaftsdünger führt zu  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen.

$\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Anwendung von Wirtschaftsdüngern werden bei den Emissionen aus der Tierhaltung (Kapitel 4 bis 9.8) berechnet.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

### 10.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

#### 10.2.1.1 Nitrogen from German animal husbandry returned to soil / Stickstoff-Einträge in die Böden aus der deutschen Tierhaltung

The N inputs resulting from the application of manure are calculated for each animal category according to the detailed methodology using the mass flow concept (see Chapter 3.5). It considers the amounts of N imported into the system both from excreta and straw and the emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ .

Due to lack of data on federal state level, N inputs to soil from buffalo, goats, and mules and asses can be taken into account only on national level.

The uncertainty of N amounts returned to soil by manure application is not known. An order of magnitude of 30 % is assumed (normal distribution). The uncertainty is interpreted as the standard error

Der N-Eintrag durch Wirtschaftsdünger wird für jede Tierkategorie nach einem detaillierten Verfahren berechnet, das anhand des Massenfluss-Konzeptes (vgl. Kapitel 3.5) die ins System gelangenden N-Mengen aus Ausscheidungen und Stroh und die Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  berücksichtigt.

Die N-Einträge durch Büffel, Ziegen, Esel und Maultiere können mangels Daten auf Bundeslandebene nur auf nationaler Ebene berücksichtigt werden.

Die Unsicherheit von N-Einträgen durch die Ausbringung von Wirtschaftsdünger ist unbekannt. Die Größenordnung von 30 % wird angenommen. Die Unsicherheit wird als Standardfehler interpretiert.

#### 10.2.1.2 Imports and exports of animal manures / Im- und Exporte von Wirtschaftsdüngern

Neither IPCC (1996) noch IPCC (2006) consider imports of animal manures as possible additional emission sources. The possibility of manure exports are not considered as well. EMEP (2009)-4D-12 mentions imports of fertilizers.

Due to the requirements for completeness and correctness, the inventory should take into account imports and exports of animal manures.

For previous inventories it was assumed that the German exports of manures be negligible and that imports be originating only from the Netherlands and can be treated as poultry manure, cf. e. g. Haenel et al. (2010), Chapters 10.6 and 11.2.1.2.

Based on the analysis of Dutch data (e. g. Centraal Bureau voor de Statistiek, 2007) performed in the meantime and due to a comparison with the German waste statistics (Federal Environmental Agency) it must be noted that there is no reliable data base to establish a net import-export balance. Subsequently, the reasons will be given in more details:

Weder IPCC (1996) noch IPCC (2006) berücksichtigen Wirtschaftsdüngerimporte als mögliche zusätzliche Emissionsquellen. Die Möglichkeit von Wirtschaftsdüngerexporten wird ebenfalls nicht in Betracht gezogen. EMEP (2009)-4D-12 erwähnt Importe von Düngemitteln.

Aus Gründen der Vollständigkeit und der Korrektheit sollte das Inventar Wirtschaftsdüngerim- und -exporte berücksichtigen.

In bisherigen Inventaren wurde von der Annahme ausgegangen, dass deutsche Wirtschaftsdüngerexporte vernachlässigbar seien, und dass Importe nur aus den Niederlanden stammen und als Geflügelkot angesehen werden können (s. z. B. Haenel et al., 2010, Kapitel 10.6 und 11.2.1.2).

Aufgrund einer zwischenzeitlich erfolgten genaueren Analyse niederländischer Daten (u. A. Centraal Bureau voor de Statistiek, 2007) und eines Abgleichs mit der deutschen Abfallstatistik (Umweltbundesamt) ist festzustellen, dass keine belastbare Datenbasis für die Erstellung einer Import-Export-Bilanz existiert. Zur Begründung im Einzelnen:

- According to Dutch statistics manure exports do not only consist of poultry manure. Different types of manures show different emission patterns during landspreading.
- German waste statistics do not list different types of animal manures. Hence, the German data base does not allow for a differentiation of animal manures.
- Dutch statistics do not name the countries to which animal manures are exported. As a consequence, former German inventories followed the expert judgement of H. Luesink (LEI, Den Haag) and assumed that 75 % of the Dutch exports went to Germany.
- When the total manure N amounts resulting from the Dutch statistics is related to the total amounts of animal manure imports from the Netherlands listed in the German waste statistics, unrealistically high mean N contents are obtained (order of 10 % instead of 1 %).
- German waste statistics exhibit an essential change in the methodology between 2007 and 2008. The animal manure imports reported in 2008 amount to no more than about 5 % of the amounts reported in 2007. There is no way to deal with this inconsistency.

Due to the lack of other data at the time being, it is not possible to estimate the German net import balance of animal manures. Hence, until further notice, German inventories will no longer account for imports and exports of manures. This implicitly corresponds to the assumption that the import-export balance be in equilibrium with respect to the amounts as well as the N contents. Such an assumption would be supported by the data of the German waste statistics at least for the years 2006 to 2008. For future inventories improvements of the data base are intended.

- Laut niederländischer Statistik wird keinesfalls nur Geflügelkot exportiert. Unterschiedliche Wirtschaftsdüngerarten weisen aber unterschiedliches Emissionsverhalten bei der Ausbringung auf.
- Die deutsche Abfallstatistik unterscheidet nicht nach unterschiedlichen Wirtschaftsdüngerarten, so dass keine Differenzierung auf Basis deutscher Daten möglich ist.
- Die niederländische Statistik gibt nicht an, in welche Länder exportiert wird. Daher wurde bisher für das deutsche Inventar aufgrund einer Experteneinschätzung (H. Luesink, LEI, Den Haag) angenommen, dass 75 % der niederländischen Exporte nach Deutschland gehen.
- Vergleicht man die so aus der niederländischen Statistik gewonnenen Gesamt-N-Mengen mit der in der deutschen Abfallstatistik bis 2007 angegebenen Mengen für Wirtschaftsdüngerimporte aus den Niederlanden, so ergeben sich daraus unrealistisch hohe mittlere N-Gehalte (Größenordnung 10 % statt 1 %).
- In der deutschen Abfallstatistik tritt von 2007 zu 2008 ein drastischer Wechsel in der Erhebungsmethode auf. Die 2008 berichteten Wirtschaftsdüngerimporte betragen nur noch rund 5 % der 2007 berichteten Mengen. Diese Inkonsistenz ist nicht zu beheben.

Da es mangels anderweitiger Daten derzeit nicht möglich ist, die deutsche Wirtschaftsdünger-Netto-Importbilanz zu schätzen, wird bis auf Weiteres im Inventar davon abgesehen, Importe und Exporte zu berücksichtigen. Dies kommt implizit der Annahme gleich, dass die Import-Export-Bilanz bzgl. der Mengen als auch der Inhaltsstoffe ausgeglichen ist. Eine solche Annahme würde durch die Daten der deutschen Abfallstatistik zumindest für die Jahre 2006 bis 2008 gestützt. Für zukünftige Inventare wird eine Verbesserung der Datenbasis angestrebt.

## 10.2.2 Emissions of $N_2O$ , NO and $N_2$ / $N_2O$ -, NO- and $N_2$ -Emissionen

### 10.2.2.1.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct  $N_2O$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $N_2O$  emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

Direct  $N_2O$  as well as NO and  $N_2$  emissions are calculated in analogy to the application mineral fertilizers (see Chapter 10.1.2.2) as follows.

For  $N_2O$ , a Tier 1 approach is used according to IPCC(1996)-4.92 ff. It calculates the  $N_2O$ -emission as proportional to the amount of N which results from the amount of N applied after subtracting the N losses by  $NH_3$  and NO:

Die direkten  $N_2O$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $N_2O$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Direkte  $N_2O$ - sowie NO- und  $N_2$ -Emissionen werden in Analogie zur Anwendung von Mineraldünger (s. Kapitel 10.1.2.2) wie folgt berechnet.

Für  $N_2O$  wird ein Stufe-1-Verfahren nach IPCC (1996)-4.92 ff angewandt. Dieses berechnet die  $N_2O$ -Emission proportional zur N-Menge, die von der ausgebrachten N-Menge nach Abzug der N-Verluste durch  $NH_3$ - und NO-Emissionen verbleibt:

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, man}} = (m_{\text{man}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, man}} - E_{\text{NO-N, man}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, man}} \quad (10.7)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O-N, man}}$	emission of $\text{N}_2\text{O-N}$ directly emitted from soils due to application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ )
$m_{\text{man}}$	amount of N applied with animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, man}}$	emission of $\text{NH}_3\text{-N}$ due to the application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ ), see Chapter 10.1.2.1
$E_{\text{NO-N, man}}$	emission of $\text{NO-N}$ directly emitted from soils due to application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ ), see below
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, man}}$	emission factor for emissions of $\text{N}_2\text{O-N}$ due to animal manure application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ), see Chapter 10.2.2.1.2

For  $\text{NO}$ , the simpler methodology described in EMEP(2007)-B1010-15 is applied. According to the definition of the emission factor,  $\text{NO}$  emissions are calculated as a proportion of the amount of N applied with fertilizers:

$\text{NO}$ -Emissionen werden nach dem einfacheren Verfahren aus EMEP (2007)-B1010-15 berechnet. Entsprechend der Ableitung des Emissionsfaktors erfolgt dies proportional zur N-Menge im ausgebrachten Dünger:

$$E_{\text{NO-N, man}} = m_{\text{man}} \cdot EF_{\text{NO-N, man}} \quad (10.8)$$

where

$E_{\text{NO-N, man}}$	emission of $\text{NO-N}$ emitted from soils due to application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ )
$m_{\text{man}}$	amount of N applied with animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$EF_{\text{NO-N, man}}$	emission factor for emissions of $\text{NO-N}$ due to animal manure application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{NO-N}$ ), see Chapter 10.2.2.1.2

The calculation of the amount of N available in the soil as basis for the calculation of emissions due to leaching requires also an estimate of the N losses by  $\text{N}_2$  emissions.

The  $\text{N}_2$  emissions are calculated in analogy to the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions:

Die Berechnung der im Boden verfügbaren N-Menge, die für die Berechnung der indirekten Emissionen aus Auswaschung benötigt wird, erfordert die Schätzung von  $\text{N}_2$ -Emissionen als Verlustglied.

Die  $\text{N}_2$ -Emissionen werden dazu in Analogie zur  $\text{N}_2\text{O}$ -Emission berechnet:

$$E_{\text{N}_2\text{-N, man}} = (m_{\text{man}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, man}} - E_{\text{NO-N, man}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{-N, man}} \quad (10.9)$$

where

$E_{\text{NO-N, man}}$	emission of $\text{N}_2$ directly emitted from soils due to application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2$ )
$m_{\text{man}}$	amount of N applied with animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, man}}$	emission of $\text{NH}_3\text{-N}$ due to the application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NH}_3\text{-N}$ ), see Chapter 10.1.2.1
$E_{\text{NO-N, man}}$	emission of $\text{NO-N}$ directly emitted from soils due to application of animal manures (in $\text{Gg a}^{-1} \text{NO-N}$ ), see below
$EF_{\text{N}_2\text{-N, man}}$	emission factor for emissions of $\text{N}_2$ due to animal manure application (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}_2$ ), see Chapter 10.2.2.1.2

#### 10.2.2.1.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

##### *Nitrous oxide*

Tier 1 methodology: IPCC(2006)-11.11

$$EF_{\text{fert, N}_2\text{O}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### *Nitric oxide*

Simpler methodology: Stehfest and Bouwman (2006), see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{fert, NO}} = 0.012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

##### *Dinitrogen*

Simpler methodology: national *EF*, see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{fert, N}_2} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

##### *Distickstoffoxid (Lachgas)*

Stufe-1-Verfahren: IPCC(2006)-11.11

$$EF_{\text{fert, N}_2\text{O}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### *Stickstoffmonoxid*

Einfacheres Verfahren: Stehfest und Bouwman (2006), siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{fert, NO}} = 0.012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

##### *Distickstoff*

Einfacheres Verfahren: nationaler *EF*, siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{fert, N}_2} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### *Uncertainty of emission factors*

##### *Nitrous oxide*

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225 kg kg<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 14.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

##### *Nitric oxide*

The order of magnitude is likely to be correct (EMEP 2007-B1010-26). The likely uncertainty factor is 10, its distribution is presumably lognormal.

##### *Dinitrogen*

The order of magnitude is likely to be correct. The likely uncertainty amounts to about 1000 %, its distribution is presumably lognormal.

#### *Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

##### *Distickstoffoxid (Lachgas)*

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225 kg kg<sup>-1</sup> N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (s. Kapitel 14.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

##### *Stickstoffmonoxid*

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig (EMEP 2007-B1010-26). Wahrscheinlich ist ein Unsicherheitsfaktor von 10; die Verteilung ist wahrscheinlich lognormal.

##### *Distickstoff*

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig. Die Unsicherheit beläuft sich wahrscheinlich auf 1000 %, die Verteilung wird als lognormal angenommen.

### 10.3 Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen

IPCC 1996 (pg. 4.89) recommends not to calculate emissions (“...except for sewage sludge application.... These sources ... are not estimated because emissions are negligible or data are insufficient.”).

In IPCC 2000, the knowledge gained recommended to treat sewage sludge in the same way as mineral fertilizer and animal manure. Hence, according to IPCC(2006)-11.7, this inventory accounts for N inputs with sewage sludge as sources of direct N<sub>2</sub>O emissions. By analogy to the application of mineral fertilizers and animal manures, the emission factor is taken from IPCC (1996).

Direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

IPCC 1996 empfiehlt, Emissionen aus der Anwendung von Klärschlämmen nicht zu berechnen (IPCC 1996, pg. 4.89: “...except for sewage sludge application.... These sources ... are not estimated because emissions are negligible or data are insufficient.”)

In IPCC 2000 führt die aktuellere Erkenntnis zur Empfehlung, Klärschlämme wie Mineral- und Wirtschaftsdünger zu behandeln. Daher berücksichtigt dieses Inventar nach IPCC(2006)-11.7 N-Einträge aus Klärschlämmen als Quelle direkter N<sub>2</sub>O-Emissionen. In Analogie zur Ausbringung von Mineral und Wirtschaftsdünger wird der Emissionsfaktor nach IPCC (1996) verwendet.

Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

#### 10.3.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amounts of N applied with sewage sludge to agricultural systems are assessed from the amounts produced in each single federal state (Schultheiß et al., 2000, and references cited therein; MNULV, 2001), the portion which is applied to agricultural soils, and the respective N content (DWA, 2004) according to:

Die N-Mengen, die mit Klärschlämmen in landwirtschaftliche Systeme eingetragen werden, ergeben sich aus dem Klärschlamm-Aufkommen je Bundesland (Schultheiß et al., 2000, und dort zit. Lit.; MNULV 2001), dem Anteil, der landwirtschaftlich verwertet wird, und dem jeweiligen N-Gehalt der Schlämme (DWA, 2004) gemäß:

$$F_{SS} = m_{SS} \cdot x_{agr} \cdot x_{FS} \cdot (x_{WS} \cdot c_{N,WS} + x_{DHS} \cdot c_{N,DHS} + x_{LS} \cdot c_{N,LS} + x_{DS} \cdot c_{N,DS}) \quad (10.10)$$

where

$F_{SS}$	nitrogen input with sewage sludge (in Mg a <sup>-1</sup> N)
$m_{SS}$	sewage sludge produced (national total) (in Mg a <sup>-1</sup> DM)
$x_{agr}$	fraction of sewage sludge applied in agriculture (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$x_{FS}$	fraction of sewage sludge applied in a single federal state (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$x_{WS}$	fraction of wet sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$c_{N,WS}$	nitrogen content of wet sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> N)
$x_{DHS}$	fraction of dehydrated sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$x_{LS}$	fraction of limed sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )
$x_{DS}$	fraction of dried sewage sludge (in Mg Mg <sup>-1</sup> )

A data set which was derived from this information was provided by Umweltbundesamt (Section III 3.3). Since 2009 the Statistische Bundesamt (Referat G 202) is responsible to provide these data. They are generated for reporting of the recycling of sewage sludge to the EU in compliance with directive 86/278/EEC (EEC, 1986). The reporting frequency is once in three years.

Table 10.5 and Table 10.6 give a review on the raw data available:

Both the amounts of sewage sludge produced and the amounts used in agriculture are available as incomplete time series as national totals for the time

Die hieraus abgeleiteten Daten wurden vom Umweltbundesamt bereitgestellt (Fachgebiet III 3.3). Seit 2009 ist für die Bereitstellung der Daten das Statistische Bundesamt zuständig (Referat G 202). Die Daten werden für die Berichtspflicht gegenüber der EU zu Verwertung von Klärschlämmen erarbeitet. Rechtsgrundlage ist die Richtlinie 86/278/EWG (EEC, 1986). Die Berichte werden dreijährlich erstellt.

Table 10.5 and Table 10.6 geben einen Überblick über die verfügbaren Rohdaten:

Klärschlamm-Mengen und landwirtschaftlich genutzte Klärschlamm-Mengen liegen seit 1991 als unvollständige Zeitreihen für das gesamte Bundesge-



between 1991 and 2000. For 1995 and since 1998, data for single federal states is available.

The data provided by the City States were too incomplete to be utilised.

biet vor. Für 1995 und seit 1998 sind Daten für Bundesländer verfügbar.

Die Informationen zu den Stadtstaaten waren so unvollständig, dass sie nicht ausgewertet wurden.

Table 10.5: Sewage sludge applied within agriculture (in Gg a<sup>-1</sup> dry matter) (statistical data)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW						106			83	83	76	63	52	52	39	28	19	8	6	
BY						159			141	138	128	98	86	84	73	63	60	57	53	
BB						16			26	23	20	17	21	17	17	15	16	17	25	
HE						76			68	67	63	64	55	58	53	42	43	51	53	
MV						9			22	29	32	31	27	25	26	46	46	35	52	
NS						198			173	179	176	157	164	170	162	152	149	144	138	
NW						168			146	157	166	128	133	126	121	117	107	101	97	
RP						57			56	57	65	69	66	64	63	64	61	61	76	
SL						6			4	5	5	5	5	5	5	5	4	7	7	
SN						10			1	7	8	5	5	6	2	4	4	4	12	
ST						22			37	26	29	28	23	27	26	22	21	16	18	
SH						81			67	70	70	73	73	69	65	66	61	63	62	
TH						6			6	8	8	7	7	11	12	11	10	10	16	
StSt						20			13	14	16	12	10	10	9	9	11	11	12	
Germany		732	699			941		910	842	862	862	759	727	723	672	645	613	583	627	

Source: Umweltbundesamt, reports to EU; Schultheiß et al., 2000.

Table 10.6: Sewage sludge, nitrogen content (in g kg<sup>-1</sup> N, related to dry matter) (statistical data)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
BW									28.2	29.2	32.2	34.1	38.9	35.1	40.8	36.4	36.1	42.1	38.4	
BY									39.0	36.0	39.5	40.4	39.9	42.1	44.6	47.1	45.8	45.2	45.2	
BB									36.8	43.8	33.9	37.0	39.6	41.9	46.1	48.2	55.6	53.2	52.4	
HE									30.5	29.8	29.6	27.7	30.6	31.6	32.0	34.3	33.2	31.6	33.5	
MV									48.1	50.5		51.4	51.0	57.3	54.1	46.9	46.9	43.9	45.5	
NS									53.6	53.7	55.3	56.3	56.4	56.1	56.8	58.4	60.6	65.3	58.9	
NW									35.0	36.0	31.0	33.0	29.0	32.0	32.0	33.0	29.0	33.8	33.1	
RP									33.9	31.5	33.1	31.1	34.4	36.8	37.2	39.1	39.7	39.7	40.9	
SL									42.4	42.0	40.5	44.1	44.2	50.7	46.6	45.1	42.6	44.8	53.2	
SN									30.0	26.0	27.0	36.0	25.0	22.0	37.0	35.0	35.0	35.0	36.0	
ST									32.7	30.5	29.5	44.7	29.5	42.6	43.5	38.3	43.2	37.0	47.0	
SH									17.3	6.2	26.0	27.0	25.0	24.0	28.0	27.0	37.0	30.0	32.0	
TH									29.0	33.0	31.0	33.0	36.0	38.0	35.0	35.0	40.0	37.0	44.0	
StSt																				
Germany									37.5	36.6	38.3	39.4	38.8	40.5	42.0	42.5	43.9	44.5	44.1	

Source: Umweltbundesamt, reports to EU; Schultheiß et al., 2000.

In the time series for national activities, missing data were replaced by those from previous years. For 1990, data from 1991 were used.

The missing N contents before 1998 were replaced by the mean concentrations from 1998 for each Federal State.

In Mecklenburg-Vorpommern the amount of sewage sludge was available for 2000, but not the respective N content. The N content of 1999 was combined with the amount spread to estimate the amount of N applied.

The missing information of the amount of sewage sludge applied in the Federal States from 1990 until 1994 and 1996 until 1997 were replaced in the following way: the fraction of the amount applied in each federal state in 1995 of the total amount of sewage sludge applied in 1995 in Germany was multiplied by the amount of sewage sludge that was applied in the whole of Germany in the missing years. Multiplying

Bei den Zeitreihen der nationalen Aktivitäten wurden fehlende Werte durch Vorjahreswerte ersetzt. Für 1990 wurde der Wert für 1991 angesetzt.

Für die fehlenden N-Gehalte der Schlämme vor 1998 wurde in den Ländern jeweils der Wert von 1998 angenommen.

In Mecklenburg-Vorpommern war für das Jahr 2000 die Klärschlamm Menge, aber kein N-Gehalt verfügbar. Hier wurde der N-Gehalt von 1999 eingesetzt und die ausgebrachte N Menge vervollständigt.

Die fehlenden Angaben der ausgebrachten Menge an Klärschlämmen in den Ländern von 1990 bis 1994 und 1996 bis 1997 wurden folgendermaßen ersetzt: Der Anteil der 1995 im jeweiligen Bundesland ausgebrachten Menge an der insgesamt 1995 in Deutschland ausgebrachten Klärschlammmenge wurde mit der in den fehlenden Jahren in ganz Deutschland ausgebrachten Klärschlammmenge multipliziert. Durch Multiplikation mit den N-Gehalten konnte dann auch

by N contents allowed to complete the N amount applied in the concerning years in the Federal States.

Data gaps at the end of the time series are closed by adopting the value last reported.

The uncertainty of the sewage sludge data is not known. The preliminary assumption is that officially recorded data do not deviate more than 20 %, with a mean of 10 %. The N contents reported should have a similar uncertainty: for the emission inventory the boundaries of the 95 % confidence interval are assumed to be located at  $\pm 20$  % of the mean. A normal distribution is assumed.

die ausgebrachte N Menge in den betroffenen Jahren für die Bundesländer vervollständigt werden.

Für am Ende der Zeitreihe fehlende Daten werden die letzten berichteten Werte eingesetzt.

Die Unsicherheit der Klärschlamm-Daten ist unbekannt. Vorläufig wird angenommen, dass offiziell gemeldete Mengen mit einem Fehler von höchstens 20 %, im Mittel von 10 % behaftet sind. Die Unsicherheit der N-Gehalte sollte in der gleichen Größenordnung liegen: Für das Emissionsinventar werden die 95-%-Konfidenzintervall-Grenzen mit  $\pm 20$  % des Mittelwertes angesetzt. Die Verteilung ist normal.

### 10.3.2 $N_2O$ Emissions / $N_2O$ -Emissionen

The direct  $N_2O$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $N_2O$  emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

For the direct  $N_2O$  emissions, IPCC(2006)-11.7 provide a Tier 1 methodology with the following equation:

$$E_{N_2O, SS} = F_{SS} \cdot x_{GASM} \cdot EF_{N_2O, SS} \cdot \gamma_{N_2O} \quad (10.11)$$

where

$E_{N_2O, SS}$	emission flux of $N_2O$ directly emitted from soils (application of sewage sludge) (in $Gg\ a^{-1}\ N_2O$ )
$F_{SS}$	amount of nitrogen spread with sewage sludge (in $Gg\ a^{-1}\ N$ )
$x_{GASM}$	fraction of N lost as $NH_3$ and NO (in $kg\ kg^{-1}\ N$ )
$EF_{N_2O, SS}$	emission factor for $N_2O$ (application of sewage sludge) (in $kg\ kg^{-1}\ N_2O-N$ ), see below
$\gamma_{N_2O}$	mass conversion factor ( $\gamma_{N_2O} = 44/28\ g\ g^{-1}\ mol\ mol^{-1}$ )

The application of the emission factor for mineral fertilizers appears to be plausible. According to IPCC(2006)-11.11 it is  $0.0125\ kg\ kg^{-1}\ N_2O-N$ .

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225  $kg\ kg^{-1}\ N$ . The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 14.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

Die direkten  $N_2O$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $N_2O$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

IPCC(2006)-11.7 gibt für die direkten  $N_2O$ -Emissionen ein Stufe-1-Verfahren mit folgender Gleichung vor:

Die Anwendung des Emissionsfaktors für Mineraldünger erscheint plausibel. Er beträgt nach IPCC(2006)-11.11  $0,0125\ kg\ kg^{-1}\ N_2O-N$ .

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225  $kg\ kg^{-1}\ N$  angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (s. Kapitel 14.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

#### 10.4 Histosols (managed organic soils) / Bewirtschaftete organische Böden (ehem. Moorflächen)

The agricultural soil use of histosols results in N<sub>2</sub>O losses due to soil degradation. The amount emitted strongly depends on soil type, intensity of management and climate. However, these processes cannot be covered in detail by the simple methodology provided by IPCC for the calculation of the inventory. This calculation procedure relates N<sub>2</sub>O emissions to the area of managed organic soils.

Direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

Die Bewirtschaftung organischer Böden führt zu N<sub>2</sub>O-Verlusten als Folge ihrer Degradierung. Das Ausmaß dieser Emissionen hängt stark vom Bodentyp, der Intensität der Nutzung und Klima ab. Für die Inventarerstellung steht allerdings nur ein einfaches Verfahren zur Verfügung, das die N<sub>2</sub>O-Emissionen proportional zur Fläche der bewirtschafteten organischen Böden berechnet.

Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

##### 10.4.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The area of managed organic soils area was taken from the data set used for the calculation of the emission inventory for land use and land use change (Gensior, 2010, personal communication).

These area data are available for each federal state and year.

Estimates of the uncertainty of these data are not yet available. Temporarily, an uncertainty (standard error) of 10 % and a normal distribution are assumed.

Die Flächenangaben wurden aus den Daten zur Erstellung der Emissionsinventare für Landnutzung und Landnutzungsänderungen übernommen (Gensior 2010, persönliche Mitteilung).

Es liegen für jedes Bundesland in jedem Jahr Flächenangaben vor.

Aussagen zur Unsicherheit der Daten können noch nicht gemacht werden. Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von 10 % mit normaler Verteilung.

##### 10.4.2 Emissions of N<sub>2</sub>O / N<sub>2</sub>O-Emissionen

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

The direct N<sub>2</sub>O emissions are calculated as follows (IPCC(1996)-3-4.92, IPCC(2006)-11.6 ff):

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden wie folgt berechnet (IPCC(1996)-3-4.92, IPCC(2006)-11.6 ff):

$$E_{\text{N}_2\text{O, hist}} = A_{\text{hist}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O, hist}} \cdot \beta \quad (10.12)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O, hist}}$	emission flux of N <sub>2</sub> O directly emitted from soils (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$A_{\text{hist}}$	area of histosols (in ha)
$EF_{\text{N}_2\text{O, hist}}$	emissions factor for N <sub>2</sub> O emissions from cultivated organic soils
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )

According to IPCC(2000)-4.60 and IPCC(2006)-11.10 f an emission factor of 8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N is used.

IPCC(2006)-11.11 lists an uncertainty range from 2 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N to 24 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval.

This interval is used to describe the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 14.6) according to IPCC(2006)-6.14, and amounts to 200 % of the emission factor.

The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor is 75 % of the

Nach IPCC(2000)-4.60 und IPCC(2006)-11.10 f beträgt der Emissionsfaktor 8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N.

In IPCC(2006)-11.11 gibt einen Unsicherheitsbereich zwischen 2 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N und 24 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N an, der als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst wird.

Damit entspricht das nach IPCC (2000)-6.14 in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (s. Kap. 14.6) eingehende Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 200 % des Emissionsfaktors. Das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze

emission factor used.

A lognormal distribution is assumed.

und verwendetem Emissionsfaktor beträgt 75 % des  
verwendeten Emissionsfaktors. Es wird von einer  
lognormalen Verteilung ausgegangen.

## 10.5 Non-methane volatile organic compounds (NMVOC) from agricultural plants / Flüchtige organische Stoffe außer Methan (NMVOC) aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen

To a lesser extent, agricultural plants emit non-methane organic compounds to the atmosphere. The chemical composition and the amount emitted depend on the crop grown and the area under cultivation.

Landwirtschaftliche Nutzpflanzen emittieren in geringem Umfang flüchtige organische Stoffe. Art und Menge der emittierten Stoffe ist von der Art des Pflanzenbestandes und der Anbaufläche abhängig.

### 10.5.1 Activity data / Aktivitätsdaten

For each crop, the area under cultivation is reported by official statistics (StatBA FS 3, R 3.1.2 (before 2005: FS 3, R 1.1.1))

Quantitative judgements on the uncertainty if the activity data do not exist (communicated by Statistisches Bundesamt).

An uncertainty of < 5 % is assumed, distribution normal.

Die Anbauflächen werden für jede Kultur vom Statistischen Bundesamt bereitgestellt (StatBA FS 3, R 3.1.2 (vor 2005: FS 3, R 1.1.1))

Quantitative Aussagen zur Unsicherheit der Aktivitätsdaten liegen nicht vor (Mitt. Statistisches Bundesamt).

Angenommen wird eine Unsicherheit von < 5 % mit Normalverteilung.

### 10.5.2 Assessment of NMVOC emissions / Bestimmung der NMVOC-Emission

#### 10.5.2.1 Method applied / Angewandte Methode

Emissions are calculated separately for different crops. The respective biomass and the time spans during which the plants are emitting, are considered. The emission factors include partial emission factors for isoprene, terpenes, alcohols, aldehydes, ketones, ethers and other organic compounds and their contribution to overall emissions.

Although the calculation procedure is rated a simpler methodology in EMEP(2007)-B1010-16, it is regarded to be a first estimate.

Die Emissionen werden für die verschiedenen Kulturen separat berechnet. Dabei gehen die Biomasse und der Zeitanteil, in dem die Pflanzen emittieren, in die Rechnung ein. Der Emissionsfaktor berücksichtigt die unterschiedlichen Anteile von Isopren, Terpenen, Alkoholen, Aldehyden, Ketonen, Ethern und anderen organischen Verbindungen an der Gesamtemission.

Das Rechenverfahren wird in EMEP(2007)-B1010-16 als einfacheres Verfahren aufgeführt, hat aber lediglich die Qualität einer ersten Schätzung.

$$E_{\text{NMVOC, crop}} = \sum A_i \cdot m_{\text{D},i} \cdot x_{\text{t},i} \cdot EF_{\text{NMVOC},i} \cdot \alpha \cdot \alpha_2 \cdot \beta \quad (10.13)$$

where

$E_{\text{NMVOC, crop}}$	NMVOC emission flux from cropped areas (in Gg a <sup>-1</sup> NMVOC)
$A_i$	area covered by crop i (in ha)
$m_{\text{D},i}$	mean dry matter of crop i ( $m_{\text{D},i} = 2 \text{ Mg ha}^{-1}$ , EMEP(2007)-B1010-17)
$x_{\text{t},i}$	fraction of year during which crop i is emitting (in a a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{NMVOC},i}$	NMVOC emission factor for crop i (in kg kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> NMVOC, see Chapter 10.5.2.2)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\alpha_2$	time units conversion factor ( $\alpha_2 = 24 \text{ h d}^{-1}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6} \text{ Gg kg}^{-1}$ )

#### 10.5.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

For grassland, wheat and rape, recommendations for the assessment of NMVOC emissions are made in EMEP(2007)-B1010-17.

This inventory makes use of the more detailed set of emission factors provided by König et al. (1995).

In order to get a more realistic view of the order of

Für Grünland, Weizen und Raps werden in EMEP(2007)-B1010-17 erste Angaben über NMVOC-Emissionen gemacht.

In diesem Inventar wird auf den ausführlicheren Satz von Emissionsfaktoren von König et al. (1995) zurückgegriffen.

magnitude of these emissions, the emission factor for wheat was also applied to rye and triticale for the time being.

The emission factors used are compiled in Table 10.7.

Um die Größenordnung der Emissionen insgesamt besser abschätzen zu können, wurde vorläufig der Emissionsfaktor für Weizen auch auf Roggen, Gerste und Triticale angewendet.

Die Emissionsfaktoren sind in Table 10.7 zusammengestellt.

Table 10.7: Agricultural crops, NMVOC emission factors and duration of emission  
( $EF_{\text{NMVOC}, i}$  in  $\text{kg kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  NMVOC; fraction of year, in a  $\text{a}^{-1}$ )

Crop	isoprene	terpenes	alcohols	aldehydes	ketones	ethers and others	fraction of year emitting
wheat			$8.0 \cdot 10^{-10}$	$2.8 \cdot 10^{-9}$	$2.2 \cdot 10^{-9}$	$5.1 \cdot 10^{-9}$	0.3
rye			$8.0 \cdot 10^{-10}$	$2.8 \cdot 10^{-9}$	$2.2 \cdot 10^{-9}$	$5.1 \cdot 10^{-9}$	0.3
winter barley			$8.0 \cdot 10^{-10}$	$2.8 \cdot 10^{-9}$	$2.2 \cdot 10^{-9}$	$5.1 \cdot 10^{-9}$	0.3
spring barley			$8.0 \cdot 10^{-10}$	$2.8 \cdot 10^{-9}$	$2.2 \cdot 10^{-9}$	$5.1 \cdot 10^{-9}$	0.3
oat							
triticale			$8.0 \cdot 10^{-10}$	$2.8 \cdot 10^{-9}$	$2.2 \cdot 10^{-9}$	$5.1 \cdot 10^{-9}$	0.3
grain maize							
maize for silage							
rape		$7.5 \cdot 10^{-8}$	$5.2 \cdot 10^{-8}$	$1.1 \cdot 10^{-8}$		$6.4 \cdot 10^{-8}$	0.3
sugar beet							
fodder beet							
clover, clover gras mixtures, clover alfalfa mixtures (fodder production on arable land)							
alfalfa							
grass (incl. pastures and meadows)	$2 \cdot 10^{-10}$	$6.3 \cdot 10^{-9}$	$7.5 \cdot 10^{-10}$	$1.3 \cdot 10^{-9}$		$1.8 \cdot 10^{-9}$	0.5
potatoes							

EMEP(2007)-B1020-27 uses a factor of 30 to describe the uncertainty of NMVOC emissions. As the activity data involved show a comparatively small uncertainty (see Chapter 10.5.1), the overall uncertainty is to a large extent the result of uncertain emission factors. Hence the uncertainty of the emission factors themselves is assumed to be in the order of magnitude of 30.

EMEP(2007)-B1020-27 gibt für die Unsicherheit von NMVOC-Emissionen den Faktor 30 an. Diese Unsicherheit wird in Anbetracht der relativ niedrig eingeschätzten Unsicherheit der Aktivitätsdaten (s. Kapitel 10.5.1) im Wesentlichen durch die Unsicherheit der Emissionsfaktoren bestimmt. Somit ist von einem Unsicherheitsfaktor für die Emissionsfaktoren auszugehen, der wie der der Emissionen selbst in der Größenordnung von 30 liegt.

## 10.6 Emissions of particulate matter (PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>) from arable agriculture / Staubemissionen (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) aus der Bewirtschaftung von Ackerland

The cultivation of arable and grassland causes emissions of particulate matter. Both the amount and the frequency distribution of particle diameters depend on the emitting process, crop, soil and weather.

EMEP(2009)-4D-13 describes a Tier 2 methodology for the assessment of particle emissions from area sources in agriculture. However, this methodology requires knowledge of the number of times the emitting practices are carried out, which is not available for Germany. Hence, the Tier 1 methodology described in (EMEP(2009)-4D-10 f) is used.

The procedure allows for a first estimate of the order of magnitude to be expected for these emissions.

Bei der Bewirtschaftung von Ackerland und Grünland werden Stäube emittiert. Die Menge und die Korngrößenverteilung hängen vom Arbeitsvorgang, der Feldfrucht, dem Boden und dem Wetter ab.

EMEP(2009)-4D-13 beschreibt eine Stufe-2-Vorschrift zur Berechnung von Staub-Emissionen aus landwirtschaftlichen Flächenquellen. Da die Häufigkeiten der PM-Emissionen erzeugenden Aktivitäten für Deutschland nicht bekannt sind, werden die PM-Emissionen nach der Stufe-1-Methode (EMEP(2009)-4D-10 f) berechnet.

Das Verfahren ermöglicht eine erste Schätzung der Größenordnung der Emissionen.

### 10.6.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The approach deals with arable land only. The areas of horticultural land are regarded as arable land.

The respective areas are provided by official statistics. (StatBA FS 3, R 3.1.2) (before 2005: FS 3, R 1.1.1).

Quantitative judgements of the activity data uncertainty do not exist (communicated by Statistisches Bundesamt). An uncertainty (standard error) of < 5 % is assumed, distribution normal.

Das Verfahren schätzt ausschließlich Emissionen aus Ackerland. Die Flächen für Gemüseanbau werden dem Ackerland zugeordnet.

Das Statistische Bundesamt stellt entsprechende Flächen bereit (StatBA FS 3, R 3.1.2) (vor 2005: FS 3, R 1.1.1).

Quantitative Aussagen zur Unsicherheit der Aktivitätsdaten liegen nicht vor (Mitt. Statistisches Bundesamt). Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von < 5 % mit Normalverteilung.

### 10.6.2 Assessment of emissions of particulate matter / Bestimmung der Staub-Emission

The emissions are calculated according to EMEP(2009)-4D-11. The emission factors are taken from Hoek and Hinz (2007):

Die Emissionen werden nach EMEP(2009)-4D-11 berechnet, wobei die Emissionsfaktoren aus Hoek und Hinz (2007) entnommen wurden:

$$E_{PM10, crop} = \sum A_a \cdot EF_{PM10, crop} \cdot \beta \quad (10.14)$$

$$E_{PM2.5, crop} = \sum A_a \cdot EF_{PM2.5, crop} \cdot \beta \quad (10.15)$$

where

$E_{PM10, crop}$	PM <sub>10</sub> emission flux from cropped areas (in Gg a <sup>-1</sup> PM <sub>10</sub> )
$E_{PM2.5, crop}$	PM <sub>2.5</sub> emission flux from cropped areas (in Gg a <sup>-1</sup> PM <sub>2.5</sub> )
$A_a$	area of arable land (in ha)
$EF_{PM10, crop}$	emission factor ( $EF_{PM10, crop} = 1.56 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{10}$ )
$EF_{PM2.5, crop}$	emission factor ( $EF_{PM2.5, crop} = 0.06 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ PM}_{2.5}$ )
$\beta$	mass units conversion ( $\beta = 10^{-6} \text{ Gg kg}^{-1}$ )

The emission factors of this methodology do not include emissions from fertilizer, pesticides or from grassland (e. g. hay making).

The uncertainty of the emission factors is defined by EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1: the 95 % confidence interval for PM<sub>10</sub> is given by 0.78 and 7.8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, for PM<sub>2.5</sub> by 0.03 und 0.3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Die Emissionsfaktoren schließen Emissionen aus Düngieranwendung, Pestiziden und aus Grünlandflächen (z. B. durch Heumachen) nicht ein.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren gibt EMEP(2009)-4D-11, Table 3-1 an, dass die Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalles bei 0.78 und 7.8 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für PM<sub>10</sub> und 0.03 und 0.3 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für PM<sub>2.5</sub> liegen.

### 10.7 Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

For the intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries see Chapter 11.6.

Zum Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten wird auf Kapitel 11.6 verwiesen.

### 10.8 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD zusammengestellten Informationen

Table 10.8: Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	NH <sub>3</sub> , mineral fertilizer	EM1001.01	
		N <sub>2</sub> O mineral fertilizer	EM1001.02	
		NO, mineral fertilizer	EM1001.07	
		CO <sub>2</sub> , mineral fertilizer	EM1001.15	
		N <sub>2</sub> O, animal manure	EM1001.03	
		NO, animal manure	EM1001.08	
		N <sub>2</sub> O, sewage sludge	EM1001.04	
		N <sub>2</sub> O, histosols	EM1001.05	
		NM VOC, crops	EM1001.14	
		PM <sub>10</sub> , arable land	EM1001.16	
		PM <sub>2.5</sub> , arable land	EM1001.17	
Activity data	Aktivitäten	mineral fertilizer	AC1001.01	AC1001.06
		animal manure	AC1001.07	AC1001.09
		sewage sludge	AC1001.10	
		histosols	AC1001.11	
		areas, arable and grassland	AC1001.12	AC1001.17
Emission factors	Emissionsfaktoren	NH <sub>3</sub> , mineral fertilizer	IEF1001.01	
		N <sub>2</sub> O mineral fertilizer	IEF1001.02	
		NO, mineral fertilizer	IEF1001.06	
		N <sub>2</sub> O, animal manure	IEF1001.03	
		NO, animal manure	IEF1001.07	
		N <sub>2</sub> O, sewage sludge	IEF1001.04	
		N <sub>2</sub> O, histosols	IEF1001.05	
		NM VOC, crops	IEF1001.10	
		PM <sub>10</sub> , arable land	IEF1001.11	
		PM <sub>2.5</sub> , arable land	IEF1001.12	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1001.01	AI1001.03



## 11 Emissions from cultures without fertilizers / Emissionen aus ungedüngten landwirtschaftlichen Nutzflächen

The assessment of emissions from areas without intentional nitrogen fertilisation comprises the following sources:

- biological N fixation: legumes,
- excreta from grazing animals returned to the soil,
- crop residues and
- indirect emissions from depositions of reactive N originating from agriculture.

The emissions are calculated on the national level according to the procedures compiled in Table 11.1. (Calculations with higher spatial resolution (districts) are possible only for the years 1999 and 2003 as only for those years the input data needed for higher-resolution calculations are available.)

Die Erfassung der Emissionen aus Flächen ohne absichtliche Stickstoff-Düngung berücksichtigt die folgenden Quellen:

- biologische N-Fixierung: Leguminosenanbau,
- tierische Ausscheidungen auf der Weide,
- Ernterückstände und
- indirekte Emissionen aus Depositionen von reaktivem N aus der Landwirtschaft.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt auf nationaler Ebene nach den in Table 11.1 zusammengestellten Verfahren. (Eine Berechnung in höherer räumlicher Auflösung (Kreise) kann nur für die Jahre 1999 und 2003 durchgeführt werden, da nur für diese Jahre die entsprechenden Eingangsdaten vorliegen.)

Table 11.1: Cultures without fertilizers, calculation procedures applied

Species	Origin	Tier	Method applied	Resolution in space		Resolution in time
				activities	EF	EF
NH <sub>3</sub>	legumes	2	EMEP	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO	legumes	1	IPCC	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	animal grazing	1	IPCC	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O, NO	crop residues	1	IPCC	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O	indirect, deposition	1	IPCC	states	national	1 a
N <sub>2</sub> O	indirect, leaching	1	IPCC	states	national	1 a

### 11.1 Biological N fixation: legumes / Biologische N-Fixierung: Leguminosenanbau

Biological N fixation leads to NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- and N<sub>2</sub>-emissions.

Biological N fixation worth considering takes place in legumes only.

Direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

Biologische N-Fixierung führt zu NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen.

Biologische N-Fixierung findet in nennenswertem Umfang nur durch Leguminosen statt.

Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

#### 11.1.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amount of nitrogen fixed biologically is considered the actual activity. It is obtained from the area cultivated with a legume and the specific N fixation rate.

The German inventory also takes clover-grass and alfalfa-grass mixtures into account. Double counting of the relevant areas is avoided.

##### *Area under cultivation:*

StatBA FS 3, R 3.1.2 (arable land, permanent grassland) (before 2005: FS 3, R 1.1.1), for each year

The German methodology uses the mean N fixation of legumes listed in Faustzahlen (1993), pg. 277 and SLL (2005), pg. 86:

Als eigentliche Aktivitätsgröße wird der biologisch gebundene Stickstoff angesehen. Er errechnet sich aus den Anbauflächen und der spezifischen N-Fixierungsrate.

Deutschland berücksichtigt auch die Flächen von Klee-Gras- und Luzerne-Gras-Gemischen. Eine Doppelzählung dieser Mengen wird vermieden.

##### *Anbauflächen:*

StatBA FS 3, R 3.1.2 (Ackerland, Dauergrünland) (vor 2005: FS 3, R 1.1.1), für jedes Jahr

Das deutsche Verfahren berücksichtigt die in den Faustzahlen (1993), S. 277 und in SLL (2005), S. 86, gemachten Angaben über die durchschnittliche N-Fixierung von

- Pulses 270 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N,
- clover, grass clover and clover alfalfa mixtures 200 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- alfalfa 300 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- horticultural peas 100 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- horticultural beans 40 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N

#### Uncertainty of activity data

Areas: Quantitative judgements of the areas reported do not exist for Germany (communicated by Statistisches Bundesamt).

EMEP(2007)-B1020-14 assumes that the typical uncertainty falls below 10 %. Assumed are 5 %, distribution: normal.

For N contents of crop residues of legumes the uncertainty is likely to be less than 25 % (EMEP(2007)-B1020-14). The inventory uses an uncertainty of 25 %. Normal distribution is assumed.

- Hülsenfrüchten 270 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N,
- Klee, Klee-Gras- und Klee-Luzerne-Gemischen 200 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- Luzerne 300 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- Gemüseeerbsen 100 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N
- Gemüsebohnen 40 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> N

#### Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Flächen: Quantitative Aussagen zur Genauigkeit der Flächenermittlung liegen für Deutschland nicht vor (Mitt. Statistisches Bundesamt).

EMEP(2007)-B1020-14 geht davon aus, dass der typische Fehler < 10 % ist. Angenommen werden 5 %, Verteilung: normal.

Die N-Gehalte der Ernterückstände in Leguminosen weisen wahrscheinlich eine Unsicherheit (Standardfehler) von weniger als 25 % auf (EMEP(2007)-B1020-14). Das Inventar geht von 25 % aus. Angenommene Verteilung: normal.

### 11.1.2 Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 11.1.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

A detailed calculation procedure for ammonia is described in (EMEP(2007)-B1020-12). In principle, it is applied to the other gases by analogy.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

EMEP(2007)-B1020-12 beschreibt eine detaillierte Methode für Ammoniak. Sie wird sinngemäß auch auf die anderen Gase angewendet.

$$E_{\text{NH}_3, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{NH}_3, \text{NF}} \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{NH}_3} \quad (11.1)$$

$$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}} \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.2)$$

$$E_{\text{NO}, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{NO}, \text{NF}} \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{NO}} \quad (11.3)$$

$$E_{\text{N}_2, \text{NF}} = \sum A_i \cdot m_{\text{N}, i} \cdot EF_{\text{N}_2, \text{NF}} \cdot \beta \quad (11.4)$$

where

$E_{\text{NH}_3, \text{NF}}$	NH <sub>3</sub> emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)
$A_i$	area of a crop i (in ha)
$m_{\text{N}, i}$	nitrogen fixed by crop i (in kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{NH}_3, \text{NF}}$	NH <sub>3</sub> -N emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> NH <sub>3</sub> -N)
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )
$\gamma_{\text{NH}_3}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NH}_3} = 17/14$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> )
$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}}$	N <sub>2</sub> O emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)
$EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{NF}}$	N <sub>2</sub> O emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> )
$E_{\text{NO}, \text{NF}}$	NO emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)
$EF_{\text{NO}, \text{NF}}$	NO emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> NO-N)
$\gamma_{\text{NO}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NO}} = 30/14$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> )
$E_{\text{N}_2, \text{NF}}$	N <sub>2</sub> emission due to nitrogen fixation (in Gg a <sup>-1</sup> of the respective species)
$EF_{\text{N}_2, \text{NF}}$	N <sub>2</sub> emission factor for nitrogen fixation (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> -N)

#### 11.1.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

The following emission factors are used (note that the emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ , and  $\text{N}_2$  are adopted from the application of N fertilizers, see Chapter 10.1.2.2.2):

##### *Ammonia*

Detailed methodology, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{\text{N}, \text{NH}_3} = 0.01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$$

##### *Nitrous oxide*

Simpler methodology, see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N}, \text{N}_2\text{O}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### *Nitric oxide*

Simpler methodology, see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N}, \text{NO}} = 0.012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

##### *Dinitrogen*

Simpler methodology: see Chapter 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N}, \text{N}_2} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### *Uncertainty of emission factors*

##### *Ammonia*

For the  $\text{NH}_3$  emission factor, EMEP(2007)-B1020-14 assumes an uncertainty of 10 %. This value is taken to be the standard error within a normal distribution.

##### *Nitrous oxide*

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225  $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$ . The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 14.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval.

The symmetry allows the use of a normal distribution.

##### *Nitric oxide*

The order of magnitude is likely to be correct (EMEP 2007-B1010-26). The likely uncertainty factor is 10, its distribution is presumably lognormal.

##### *Dinitrogen*

The order of magnitude is likely to be correct. The likely uncertainty amounts to about 1000 %, its distribution is presumably lognormal.

Folgende Emissionsfaktoren werden verwendet, wobei für  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  auf die Faktoren aus der N-Dünger-Ausbringung (Kapitel 10.1.2.2.2) zurückgegriffen wird:

##### *Ammoniak*

Detailliertes Verfahren, EMEP(2007)-B1020-12

$$EF_{\text{N}, \text{NH}_3} = 0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$$

##### *Distickstoffoxid (Lachgas)*

Einfacheres Verfahren, siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N}, \text{N}_2\text{O}} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### *Stickstoffmonoxid*

Einfacheres Verfahren, siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N}, \text{NO}} = 0,012 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

##### *Distickstoff*

Einfacheres Verfahren: siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$$EF_{\text{N}, \text{N}_2} = 0,1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

#### *Unsicherheit der Emissionsfaktoren*

##### *Ammoniak*

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors wird nach EMEP(2007)-B1020-14 mit 10 % angesetzt. Dieser Wert wird als Standardfehler interpretiert.

##### *Distickstoffoxid (Lachgas)*

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225  $\text{kg kg}^{-1}$  angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (s. Kapitel 14.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

##### *Stickstoffmonoxid*

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig (EMEP 2007-B1010-26). Wahrscheinlich ist ein Unsicherheitsfaktor von 10; die Verteilung ist wahrscheinlich lognormal.

##### *Distickstoff*

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich richtig. Die Unsicherheit beläuft sich wahrscheinlich auf 1000 %, die Verteilung ist wahrscheinlich lognormal.

## 11.2 Emissions of from excretions during grazing / Emissionen aus tierischen Ausscheidungen auf der Weide

N excretions during grazing lead to  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - and  $\text{N}_2$ -emissions.

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils are a key source.

Aus den tierischen Ausscheidungen beim Weidegang folgen  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

### 11.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are considered proportional to the N input with excreta, see Chapter 11.2.2.1.

N excretions are described in Chapters 4 to 8.2 for each animal category. Animal excreta dropped during grazing are calculated as a function of the duration of grazing. Considering that the N fluxes of importance are described with a comparatively high accuracy, the uncertainty (standard error) should be in the order of magnitude of 20 %, with normal distribution.

$\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen aufgrund von Weidegang werden proportional zur Menge des auf der Weide entfallenden N berechnet, siehe Kapitel 11.2.2.1.

Die N-Ausscheidungen werden in den Kapiteln 4 bis 8.2 für jede Tierkategorie beschrieben. Der auf die Weide entfallende Anteil wird für alle Tierkategorien mit Weidegang als Funktion der Weidedauer berechnet. Berücksichtigt man, dass die mengenmäßig bedeutenden N-Flüsse recht genau beschrieben werden, so sollte der Fehler (Standardfehler) in der Größenordnung von 20 %, normal verteilt, liegen.

### 11.2.2 Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 11.2.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions are dealt with in this chapter. For the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

$\text{NH}_3$  emissions from excretions during grazing are dealt with in Chapters 4 to 8.2 for each animal category.

For direct  $\text{N}_2\text{O}$  as well as  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ , the calculation structure according to IPCC (2006) -11.6 ff is used. It allows for the differentiation between animal categories and provides two different emission factors. The same set of equations can be used to calculate emissions according to IPCC(1996), where the two factors are treated as equals.

The emission factors used are listed in Chapter 11.2.2.2.

Die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Die ebenfalls entstehenden  $\text{NH}_3$ -Emissionen werden in den Kapiteln 4 bis 8.2 für jede Tierkategorie behandelt.

Das Inventar verwendet für die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ - sowie die  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen eine Gleichungsstruktur nach IPCC (2006) -11.6 ff, die es ermöglicht, zwei nach Tierkategorien unterschiedene Emissionsfaktoren zu benutzen. Der Gleichungssatz ist unmittelbar auch für IPCC (1996) anwendbar, indem jeweils die beiden Emissionsfaktoren gleich gesetzt werden.

Zu den verwendeten Emissionsfaktoren siehe Kapitel 11.2.2.2.

$$E_{\text{N}_2\text{O, graz}} = (m_{\text{N, graz, 1}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 1}} + m_{\text{N, graz, 2}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 2}}) \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.5)$$

$$E_{\text{NO, graz}} = (m_{\text{N, graz, 1}} \cdot EF_{\text{NO, graz, 1}} + m_{\text{N, graz, 2}} \cdot EF_{\text{NO, graz, 2}}) \cdot \beta \cdot \gamma_{\text{NO}} \quad (11.6)$$

$$E_{\text{N}_2, \text{graz}} = (m_{\text{N, graz, 1}} \cdot EF_{\text{N}_2, \text{graz, 1}} + m_{\text{N, graz, 2}} \cdot EF_{\text{N}_2, \text{graz, 2}}) \cdot \beta \quad (11.7)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O, graz}}$	N <sub>2</sub> O emission due to animal grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$m_{\text{N, graz, 1}}$	amount of N excreted during grazing of cattle, buffalo, pigs and poultry (in kg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 1}}$	N <sub>2</sub> O emission factor for grazing (cattle, buffalo, pigs and poultry) (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)
$m_{\text{N, graz, 2}}$	amount of N excreted during grazing of sheep, goats and horses (in kg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 2}}$	N <sub>2</sub> O emission factor for grazing (sheep, goats and horses) (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)
$\beta$	mass units conversion ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> )
$E_{\text{NO, graz}}$	NO emission due to animal grazing (in Gg a <sup>-1</sup> NO)
$EF_{\text{NO, graz, 1}}$	NO emission factor for grazing (cattle, buffalo, pigs and poultry) (in kg kg <sup>-1</sup> NO-N)
$EF_{\text{NO, graz, 2}}$	NO emission factor for grazing (sheep, goats and horses) (in kg kg <sup>-1</sup> NO-N)
$\gamma_{\text{NO}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NO}} = 30/14$ g g <sup>-1</sup> mol mol <sup>-1</sup> )
$E_{\text{N}_2, \text{graz}}$	N <sub>2</sub> emission due to animal grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 1}}$	N <sub>2</sub> emission factor for grazing (cattle, buffalo, pigs and poultry) (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> )
$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 2}}$	N <sub>2</sub> emission factor for grazing (sheep, goats and horses) (in kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> )

#### 11.2.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

For the gases considered the following emission factors were used:

##### Nitrous oxide

Tier 1 method, IPCC(1996), Table 4-22, pg. 4.104

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 1}} = 0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 2}} = 0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### Nitric oxide

Simpler methodology, emission factor equals that of N<sub>2</sub>O, in accordance with EMEP(2007)-B1020-11,12

$$EF_{\text{NO, graz, 1}} = 0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

$$EF_{\text{NO, graz, 2}} = 0.02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

##### Dinitrogen

Similar to the proportions used for the calculation of the emissions from mineral fertilizers, a 7-fold amount (see Chapter 10.1.2.2), with respect to N<sub>2</sub>O emission factors, is assumed:

$$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 1}} = 0.14 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

$$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 2}} = 0.14 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

##### Uncertainty of emission factors

##### Nitrous oxide

IPCC (1996) does not provide information about the uncertainty of the emission factor. Thus the uncertainty range given in IPCC(2006)-11.11 is used. It lists a range of uncertainty of 0.007 – 0.06 kg kg<sup>-1</sup> N in combination with the emission factor of 0.02 kg kg<sup>-1</sup> N. This is taken to be the 95 % confidence interval.

Für die einzelnen Gase wurden die folgenden Emissionsfaktoren benutzt:

##### Distickstoffoxid

Stufe-1-Verfahren, IPCC(1996), Tab. 4-22, pg. 4.104

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 1}} = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

$$EF_{\text{N}_2\text{O, graz, 2}} = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$$

##### Stickstoffmonoxid

Einfaches Verfahren, Emissionsfaktor wie für N<sub>2</sub>O in Anlehnung an EMEP(2007)-B1020-11,12

$$EF_{\text{NO, graz, 1}} = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

$$EF_{\text{NO, graz, 2}} = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$$

##### Distickstoff

In Anlehnung an die Proportionen bei der Berechnung der Emissionen aus Mineraldüngern wird hier die 7-fache Menge der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren angesetzt (siehe Kapitel 10.1.2.2):

$$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 1}} = 0,14 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

$$EF_{\text{N}_2, \text{graz, 2}} = 0,14 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$$

##### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

##### Distickstoffoxid (Lachgas)

IPCC (1996) gibt für den Emissionsfaktor keine Unsicherheit an. Daher wird auf den in IPCC(2006)-11.11 für den Emissionsfaktor von 0,02 kg kg<sup>-1</sup> N angegebenen Unsicherheitsbereich zurückgegriffen: 0,007 – 0,06 kg kg<sup>-1</sup> N. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Daraus folgt, dass die

Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 200 % of this emission factor. The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor equals 70 % of the emission factor used.

#### *Nitric oxide and dinitrogen*

The orders of magnitude of the emission factors for NO and N<sub>2</sub> are likely to be correct.

According to EMEP(2007)-B1020-15 the uncertainty for NO is likely to be greater than a factor of 5. The distribution assumed is lognormal.

Due to lack of information, N<sub>2</sub> is treated like NO.

Differenz zwischen oberer Grenze des Konfidenzintervalles und verwendetem Emissionsfaktor 200 % des verwendeten Emissionsfaktors beträgt. Die Differenz zwischen verwendetem Emissionsfaktor und unterer Grenze beträgt rund 70 % des Emissionsfaktors.

#### *Stickstoffmonoxid und Distickstoff*

Die Größenordnung des Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> ist wahrscheinlich zutreffend.

Nach EMEP(2007)-B1020-15 ist die Unsicherheit für NO wahrscheinlich größer als Faktor 5. Die angenommene Verteilung ist lognormal.

Wegen fehlender Erkenntnisse wird N<sub>2</sub> wie NO behandelt.

### 11.3 Emissions from crop residues / Emissionen aus Ernterückständen

Emissions from crop residues comprise N<sub>2</sub>O-, NO- and N<sub>2</sub>-emissions.

Direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

Aus Ernterückständen resultieren N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen.

Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

#### 11.3.1 Activity data / Aktivitätsdaten

N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions are calculated from the amounts of N stored in the above and below ground biomass liable to mineralisation after harvest. Prerequisites for their assessment are the areas of cultivation, the respective crop yields and the N contents of the crop residues, in the case of horticultural crops the N contents of the parts normally harvested are needed in addition. The data used are compiled in Table 11.2 and Table 11.3, unless they are variables.

The amounts of N removed with the straw used as bedding, are calculated for the respective animal categories, and their sum subtracted accordingly ( $m_{N, \text{straw}}$ ).

The uncertainty of the activity data is addressed in Chapter 11.3.1.13.

N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen werden aus den in den oberirdischen und unterirdischen Ernterückständen verbleibenden N-Mengen berechnet. Benötigt werden die jeweiligen Anbauflächen, die Erträge und die N-Gehalte der Ernterückstände, bei Gemüse auch die N-Gehalte der normalerweise geernteten Produkte. Die benötigten Daten sind in Table 11.2 und Table 11.3 zusammengestellt, sofern sie nicht als Variablen eingehen.

Die N-Mengen, die mit Stroh als Einstreu von der Fläche entfernt werden, werden für die einzelnen Tierkategorien berechnet und insgesamt abgezogen ( $m_{N, \text{straw}}$ ).

Zur Unsicherheit der Aktivitätsdaten siehe Kapitel 11.3.1.13.

##### 11.3.1.1 Area under cultivation / Anbauflächen

For federal states, areas under cultivation are reported annually in the official statistics in StatBA FS 3, R 3. For districts, data are available for the years 1991, 1995, 1999, 2003 (StatLA, R CI).

For the emission reporting only the data on federal-state level are used.

The area reported for "Sommermenggetreide" (mix of spring barley and oats) is treated as being spring barley, the area covered with "Wintermenggetreide" (mix of wheat and rye) is attributed to rye.

Data gaps are filled with data of the latest year with without data gaps.

Die Anbauflächen werden jährlich vom Statistischen Bundesamt StatBA FS 3, R 3 auf Bundeslandebene bereitgestellt. Auf Kreisebene stehen Daten für 1991, 1995, 1999, 2003 zur Verfügung (StatLA R CI).

Für die Emissionsberichterstattung werden ausschließlich die Daten auf Bundeslandebene verwendet.

Die Fläche für Sommermenggetreide wird der Fläche für Hafer zugeschlagen; die Fläche für Wintermenggetreide wird unter Roggen erfasst.

Bei fehlenden einzelnen Werten wird auf die Anbauflächen des letzten verfügbaren Jahres zurückgegriffen.

##### 11.3.1.2 Yields / Erträge

For federal states, yields are reported annually in the official statistics in StatBA FS 3, R 3. For districts, data are available for the years 1991, 1995, 1999, 2003 (StatLA, R CI).

For the emission reporting only the data on federal-state level are used.

Data gaps are filled with data of the latest year with without data gaps.

On district level yields are missing for fodder production, grass and clover-grass mixtures as well as, in parts, for legumes. For fodder production yields of 34

Erträge werden jährlich vom Statistischen Bundesamt StatBA FS 3, R 3 auf Bundeslandebene bereitgestellt. Auf Kreisebene existieren stehen Daten für 1991, 1995, 1999, 2003 zur Verfügung (StatLA R CI).

Für die Emissionsberichterstattung werden ausschließlich die Daten auf Bundeslandebene verwendet.

Datenlücken werden durch Anbauflächen des letzten verfügbaren Jahres geschlossen.

Auf Kreisebene fehlen Ertragsangaben für Feldfutterbau, Gras und Klee-Gras-Gemische und teilweise für Hülsenfrüchte. Für Feldfutterbau wurden Erträge

Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> for grass and 50 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> for clover-grass mixtures and alfalfa are assumed; for meadows and pastures mean yields of 45 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> are used (KTBL 2004, pg. 303 ff, pg. 300, pg. 322; expert judgement Rogasik). If yields were not provided by the census, standard yields were taken instead: broad beans 4.0 Mg ha<sup>-1</sup>, peas 3.5 Mg ha<sup>-1</sup> (Faustzahlen, KTBL, 2005, pg 159), lupins 3.7 Mg ha<sup>-1</sup> (UFOP, 2004; Versuchswesen Pflanzenbau Rheinland-Pfalz, 2005). If no data was available, the area was considered as “other pulses” and the yield for “other pulses” (lupins) of 3.7 Mg ha<sup>-1</sup> was used instead. For other missing data on district level, the mean yields on federal-state level are used: For Berlin the data of Brandenburg, for Bremen the data of Lower Saxony and for Hamburg the data of Schleswig-Holstein.

von 34 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für Gras und 50 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für Klee-Gras-Gemische und Luzerne zugrunde gelegt, für Weiden im Mittel 45 Mg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (KTBL 2004, S. 303 ff, S. 300, S. 322; Expertenurteil Rogasik). Sind bei Hülsenfrüchten keine Erträge angegeben, werden Standard-Erträge nach KTBL (2005), S. 159 verwendet: Ackerbohnen 4,0 Mg ha<sup>-1</sup>, Futtererbsen: 3,5 Mg ha<sup>-1</sup>. Für Süßlupine werden 3,7 Mg ha<sup>-1</sup> angenommen (UFOP, 2004; Versuchswesen Pflanzenbau Rheinland-Pfalz, 2005). Sind Angaben nicht vorhanden, wurde als mittlerer Ertrag der Körnerleguminosen der Wert für „andere Körnerleguminosen“ von 3,7 Mg ha<sup>-1</sup> (Süßlupine) angenommen. Andere fehlende Werte für Kreise werden jeweils durch die Mittelwerte der Bundesländer ersetzt: Für Berlin werden die Daten von Brandenburg, für Bremen von Niedersachsen und für Hamburg von Schleswig-Holstein angenommen.

### 11.3.1.3 *Duration of cropped system ( $x_{\text{renew}, i}$ ) and frequency of harvesting ( $x_{\text{mow}, i}$ ) / Dauer der Kultur ( $x_{\text{renew}, i}$ ) und Erntefrequenz der Kultur ( $x_{\text{mow}, i}$ )*

For pastures and meadows and fodder production (grass or clover grass mixtures) crop residues only occur at a noticeably extent, when the field is ploughed up, which does not occur every year.

All crops apart from permanent grassland and fodder production systems (grass and clover grass mixtures) are annual crops. For permanent grassland a mean lifetime of 10 a is assumed, for fodder production 2 to 5 a are usual. A mean of 2.5 a for grass and 3 a for clover grass mixtures was used in this inventory (expert judgement Rogasik).

The factor  $x_{\text{renew}, i}$  equals  $1/x$ , where  $x$  represents the duration of the cropped system in years. For annual crops  $x_{\text{renew}, i} = 1$ . For permanent grassland  $x_{\text{renew}, i} = 0.1$ , meaning that 10 % of the area with permanent grassland is producing crop residues which have to be taken into account.

For permanent grassland and fodder production (grass or clover grass mixtures) it is further assumed, that they are mowed three times a year but that crop residues are produced once only.

The factor  $x_{\text{mow}, i}$  equals  $1/x$ , where  $x$  is the frequency of mowing. For annual crops  $x_{\text{mow}, i} = 1$ . For the exceptions mentioned  $x_{\text{mow}, i} = 0.33$ .

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Ernterückstände fallen bei Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) nur dann in nennenswertem Ausmaß an, wenn nach der Ernte gepflügt wird, was nicht in jedem Jahr der Fall ist.

Alle Kulturen mit Ausnahme von Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) sind einjährig. Für Grünland wird eine mittlere Dauer von 10 a angenommen, für Feldfutterbau 2 bis 5 a, im Mittel 2,5 a für Gras und 3 a für Graskleegemische (Expertenurteil Rogasik).

Der Faktor  $x_{\text{renew}, i}$  ist gleich  $1/x$ , wobei  $x$  der Dauer der jeweiligen Kultur in Jahren entspricht. Bei einjährigen Kulturen gilt:  $x_{\text{renew}, i} = 1$ . Für Dauergrünland gilt  $x_{\text{renew}, i} = 0,1$ , das bedeutet auf 10 % der Grünlandfläche entstehen Ernterückstände, die berücksichtigt werden müssen.

Für Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) wird weiter angenommen, dass drei Mal im Jahr gemäht wird, aber nur ein Mal Ernterückstände anfallen.

Der Faktor  $x_{\text{mow}, i}$  ist gleich  $1/x$ , wobei  $x$  der Mähhäufigkeit pro Jahr entspricht. Bei den einjährigen Kulturen gilt:  $x_{\text{mow}, i} = 1$ . Bei den genannten Ausnahmen gilt  $x_{\text{mow}, i} = 0,33$ .

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.4 *Dry matter content ( $x_{\text{DM}, i}$ ) / Trockenmassegehalte ( $x_{\text{DM}, i}$ ):*

Data for maize: from Faustzahlen (KTBL, 2005), pg 306.

Data for rape, permanent grassland and fodder production (grass, clover grass mixtures, alfalfa):

Daten für Mais: Faustzahlen (KTBL, 2005, S. 306).

Daten für Raps, Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische, Luzerne): Expertenurteil



expert judgement Rogasik.

All other data: IPCC(2006)-11.17; These data is consistent with German data (expert judgement Rogasik).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Rogasik.

Alle anderen Daten wurden aus IPCC(2006)-11.17 übernommen. Sie sind konsistent mit deutschen Daten (Expertenurteil Rogasik).

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.5 Ratio of above ground crop residues to yield ( $a_{\text{above}, i}$ ) / Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ( $a_{\text{above}, i}$ )

Figure 11.1 illustrates the relations between the various parts of the plants used to establish the ratios between above ground biomass, below ground biomass and yield.

Die Zusammenhänge zur Berechnung der unterschiedlichen Verhältnisse von oberirdischen und unterirdischen Biomasse sowie Erträgen gehen aus Figure 11.1 hervor.

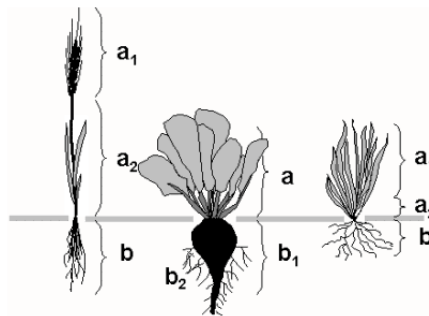


Figure 11.1: Above and below ground parts of crops, tuber crops and grasses

For tuber crops (Figure 11.1, centre), to  $a_{\text{above}, i} = a/b_1$ , which is the reciprocal of the root leaf ratio  $a_1/a_2$ . The ratio of above ground crop residues to yield was taken from Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1).

For permanent grassland and fodder production (grass, clover grass mixtures, alfalfa) (Figure 11.1, right)  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ . These ratios were calculated according to IPCC(2006)-11.17.

It is assumed that the grain to straw ratios and the root to leaf ratios have not changed during the reporting period.

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Für Hackfrüchte (Figure 11.1, Mitte) gilt  $a_{\text{above}, i} = a/b_1$ ; das entspricht dem Kehrwert des Knolle/Wurzel-Laub-Verhältnisses. Das Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte wurde aus der Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1) entnommen.

Für Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische, Alfalfa) (Figure 11.1, rechts) gilt  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ . Diese Verhältnisse wurden gemäß IPCC(2006)-11.17 ausgerechnet.

Es wird davon ausgegangen, dass sich das Korn-Stroh-Verhältnis bzw. das Knolle/Wurzel-Laub-Verhältnis im Berichtszeitraum nicht geändert hat.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.6 Nitrogen content of the above-ground crop residues ( $x_{N, \text{above}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der oberirdischen Ernterückstände ( $x_{N, \text{above}, i}$ )

The values used were taken from Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1).

Die benötigten Daten wurden der Düngeverordnung (2007, Anlage 1, Tabelle 1) entnommen.

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

### 11.3.1.7 *Ratio of below ground crop residues to yield ( $a_{\text{below}, i}$ ) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur Erntemenge ( $a_{\text{below}, i}$ )*

The relations needed to calculate the ratio of below ground crop residues to yield are shown in Figure 11.1:

For cereals and legumes (Figure 11.1, left):

$$a_{\text{below}, i} = b/a_1$$

For beet and potatoes (Figure 11.1, centre):

$$a_{\text{below}, i} = b_2/b_1$$

For permanent grassland and fodder production (grass, clover grass mixtures, alfalfa) (Figure 11.1, right)

$$a_{\text{below}, i} = b/a_1.$$

These ratios were calculated from the ratio of the below ground residues to above ground biomass  $a_{\text{below, bio}, i}$  ( $= R_{\text{BG-BIO}}$  from IPCC 2006, 11.17) and from the ratio of above ground residues to yield  $a_{\text{above}, i}$ :

For cereals, legumes, permanent grassland and fodder production  $a_{\text{below}, i}$  can be obtained as follows:

$$a_{\text{below}, i} = a_{\text{below, bio}, i} \cdot (1 + a_{\text{above}, i}) \quad (11.8)$$

where

$a_{\text{below}, i}$	ratio of below ground crop residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
$a_{\text{below, bio}, i}$	ratio of the below ground residues to above ground biomass ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
$a_{\text{above}, i}$	ratio of above ground residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )

For tuber crops the following equation is used:

Für Hackfrüchte gilt entsprechend:

$$a_{\text{below}, i} = a_{\text{below, bio}, i} \cdot a_{\text{above}, i} \quad (11.9)$$

where

$a_{\text{below}, i}$	ratio of below ground crop residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
$a_{\text{below, bio}, i}$	ratio of the below ground residues to above ground biomass ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
$a_{\text{above}, i}$	ratio of above ground residues to yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ )

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

11.3.1.8 Nitrogen content of below ground crop residues ( $x_{N, \text{below}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der unterirdischen Ernterückstände ( $x_{N, \text{below}, i}$ )

All data for  $x_{N, \text{below}, i}$  except for rape were taken from IPCC(2006)-11.17, as they agree with German data. For rape, an expert judgement (Rogasik, JKI-PB) was used.

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Die Werte für  $x_{N, \text{below}, i}$  mit Ausnahme von Raps wurden IPCC(2006)-11.17 entnommen; sie entsprechen den deutschen Werten. Für Raps wurde einer Expertenschätzung (Rogasik, JKI-PB) verwendet.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

11.3.1.9 Ratio of crop residues to yield ( $a_i$ ) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte ( $a_i$ )

For horticultural crops, only the ratio of crop residues to yield was available. It was calculated using informations using data from IGZ (2007).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Für Gemüse stand nur das Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte zur Verfügung. Sie wurden berechnet aus Angaben aus IGZ (2007).

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

11.3.1.10 Nitrogen content of crop residues ( $x_{N, i}$ ) and harvested crop products ( $x_{N, \text{yield}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände ( $x_{N, i}$ ) und der geernteten Produkte ( $x_{N, \text{yield}, i}$ )

Nitrogen content of crop residues for all horticultural crops and nitrogen content of harvested crop products from red oak leaf lettuce, lollo lettuce, arugula, other lettuce, celery root and spring onions were taken from IGZ (2007). Nitrogen content of harvested crop products from the other horticultural crops were obtained from Düngeverordnung (2007).

Table 11.2 und Table 11.3 in Chapter 11.3.1.12 list the data used to estimate the activity data.

Aus IGZ (2007) wurden alle Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände und die Stickstoff-Gehalte der geernteten Produkte von Eichblattsalat, Lollo Salat, Rucola Salat, sonstige Salats, Knollensellerie und Bundzwiebeln übernommen. Für die anderen Gemüsesorten wurden Daten aus der Düngeverordnung (2007) übernommen.

Table 11.2 und Table 11.3 in Kapitel 11.3.1.12 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

11.3.1.11 Factor for not harvested horticultural crops ( $\delta_{HC}$ ) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse ( $\delta_{HC}$ )

Following expert judgement Feller (IGZ Großbeeren and Erfurt) it is to be expected that only 70 to 90 % of the horticultural crops grown are actually harvested. The rest is not marketable and has to be added to the crop residues. In order to simplify the procedure, a quota of 20 % of the grown horticultural crops was assumed to remain on the fields as additional crop residues.

Laut Expertenurteil Feller (IGZ Großbeeren und Erfurt) muss davon ausgegangen werden, dass nur zwischen 70 und 90 % des aufgewachsenen Gemüses auch geerntet werden, die restlichen 10 bis 30 % verbleiben als nicht vermarktbar auf dem Feld und müssen zu den Ernterückständen hinzugezählt werden. Vereinfachend wird eine Quote von 20 % des Gesamtaufwuchses angenommen, die zusätzlich auf dem Feld verbleibt.

11.3.1.12 Overview of data used to estimate the activity data / Übersicht über die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten

Table 11.2 und Table 11.3 list the data used to estimate the activity data.

Table 11.2 und Table 11.3 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten wieder.

Table 11.2: Crop residues (agricultural crops), data used to calculate N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions

Agricultural Crop	$x_{\text{renew},i}$	$x_{\text{mow},i}$	$x_{\text{DM},i}$	grain- straw- ratio	$a_{\text{above},i}$	$x_{\text{N},\text{above},i}$	$a_{\text{below},\text{Bio},i}$	$a_{\text{below},i}$	$x_{\text{N},\text{below},i}$
	ha ha <sup>-1</sup>		kg kg <sup>-1</sup>		kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N
winter wheat	1	1	0.86	1/0.8	0.8	0.0050	0.23	0.41	0.009
spring wheat	1	1	0.86	1/0.8	0.8	0.0050	0.28	0.51	0.009
Rye	1	1	0.86	1/0.9	0.9	0.0050	0.22	0.42	0.011
winter barley	1	1	0.86	1/0.7	0.7	0.0050	0.22	0.37	0.014
spring barley	1	1	0.86	1/0.8	0.8	0.0050	0.22	0.40	0.014
Oat	1	1	0.86	1/1.1	1.1	0.0050	0.25	0.53	0.008
Triticale	1	1	0.86	1/0.9	0.9	0.0050	0.22	0.42	0.008
grain maize	1	1	0.86	1/1.0	1.0	0.0090	0.22	0.44	0.007
maize for silage	1	1	0.28	1/1.0	1.0	0.0038	0.22	0.44	0.007
Rape	1	1	0.91	1/1.7	1.7	0.0070	0.22	0.59	0.010
sugar beet	1	1	0.23	1/0.7	0.7	0.0040	0.20	0.14	0.014
fodder beet	1	1	0.12	1/0.3	0.3	0.0024	0.20	0.08	0.014
clover, clover grass mixtures, clover alfalfa mixtures (fodder production on arable land)	0.33	0.33	0.20	1/0.5	0.5	0.0052	0.80	1.20	0.012
Alfalfa	1	1	0.20	1/0.3	0.3	0.0060	0.40	0.52	0.019
grass (fodder production)	0.4	0.33	0.20	1/0.5	0.5	0.0048	0.80	1.20	0.012
Potatoes	1	1	0.22	1/0.2	0.2	0.0020	0.20	0.04	0.014
broad beans	1	1	0.86	1/1.0	1.0	0.0150	0.19	0.38	0.022
Peas	1	1	0.86	1/1.0	1.0	0.0150	0.19	0.38	0.022
other pulses	1	1	0.86	1/1.0	1.0	0.015	0.19	0.38	0.022
pastures and meadows	0.1	0.33	0.20	1/0.5	0.5	0.0050	0.80	0.80	0.012

Sources: see text above

Table 11.3: Crop residues (horticultural crops), data used to calculate N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions

Horticultural Crop	$a_i$	$x_{\text{N},i}$	$x_{\text{N},\text{yield},i}$	Horticultural Crop	$a_i$	$x_{\text{N},i}$	$x_{\text{N},\text{yield},i}$
	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N	kg kg <sup>-1</sup> N		kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup> N	kg kg <sup>-1</sup> N
cauliflower	1.29	0.0034	0.0032	fennel	0.75	0.0030	0.0024
broccoli	3.67	0.0035	0.0037	celery root	0.50	0.0030	0.0025
chinese cabbage	0.71	0.0018	0.0016	horseradish	1.30	0.0037	0.0051
curly kale	1.25	0.0035	0.0046	carrots	0.17	0.0017	0.0017
kohlrabi	0.33	0.0035	0.0030	red radish	0.17	0.0020	0.0020
Brussels sprouts	2.60	0.0040	0.0047	white radish	0.20	0.0017	0.0017
red cabbage	0.80	0.0030	0.0028	beetroot	0.67	0.0025	0.0027
white cabbage	0.56	0.0030	0.0026	gherkin	0.71	0.0020	0.0017
Savoy cabbage	1.00	0.0040	0.0038	cucumber	0.71	0.0020	0.0017
red oak leaf lettuce	0.31	0.0019	0.0019	marrows	1.00	0.0025	0.0025
crisphead lettuce	0.33	0.0013	0.0013	courgette	0.85	0.0030	0.0023
endive	0.33	0.0020	0.0025	sweet corn	2.00	0.0030	0.0032
lamb's lettuce	0.25	0.0045	0.0045	French bean	1.83	0.0040	0.0035
butterhead lettuce	0.20	0.0018	0.0018	broad bean	1.80	0.0030	0.0013
lollo lettuce	0.31	0.0019	0.0019	runner bean (incl. scarlet runner bean)	1.80	0.0032	0.0035
radicchio	0.79	0.0025	0.0025	peas for threshing (without pods)	4.57	0.0040	0.0049
Romaine lettuce	0.22	0.0020	0.0020	peas for picking (with pods)	4.57	0.0040	0.0049
arugula	0.71	0.0030	0.0040	spring onions	0.18	0.0020	0.0020
other lettuce	0.31	0.0019	0.0019	onions (incl. shallots)	0.25	0.0040	0.0022
spinach	0.60	0.0036	0.0043	parsley	0.15	0.0040	0.0044
rhubarb	0.54	0.0050	0.0029	leek	0.68	0.0030	0.0027
asparagus	0.33	0.0046	0.0025	chive	0.20	0.0050	0.0050
celery stalks	0.60	0.0025	0.0027				

Sources: see text above

### 11.3.1.13 Uncertainty of activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Quantitative judgements with respect to uncertainties of areas do not exist in Germany (communicated by Statistisches Bundesamt). EMEP(2007)-B1020-14 assumes that the typical uncertainty is less than 10 % (distribution normal).

No uncertainties are available for the yield data used in the inventory.

EMEP(2007)-B1020-14 states that uncertainty concerning the N contents in crop residues is likely to fall below 25 % (distribution normal).

For the inventory, an overall uncertainty (standard error) of 25 % is assumed (Gaussian normal distribution).

Quantitative Aussagen zur Genauigkeit der Flächenermittlung liegen in Deutschland nicht vor (Mitteilung des Statistischen Bundesamtes). EMEP(2007)-B1020-14 geht davon aus, dass der typische Fehler < 10 % ist (normal verteilt).

Zu den Ertragswerten sind keine Unsicherheitsangaben verfügbar.

Für die N-Gehalte der Ernterückstände wird von einem Fehler in der Größenordnung von 25 %, normal verteilt, ausgegangen (EMEP(2007)-B1020-14).

Insgesamt wird für Inventar das von einem Fehler (Standardfehler) der Aktivitätsdaten von 25 % ausgegangen, wobei Normalverteilung angenommen wird.

### 11.3.2 Assessment of emissions of nitrogen species / Bestimmung der Emissionen von Stickstoff-Spezies

#### 11.3.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The direct N<sub>2</sub>O emissions are dealt with in this chapter. For the indirect N<sub>2</sub>O emissions see Chapters 11.4 und 11.5.

In principle, the calculation procedure applied is given in IPCC(2006)-11.13 as Tier 2 methodology. Due to different base data, the formula used for the calculation of crop residues derived from horticultural crops differs from the formula for agricultural crops.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in diesem Kapitel behandelt. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen siehe Kapitel 11.4 und 11.5.

Das prinzipiell angewendete Rechenverfahren ist bei IPCC(2006)-11.13 als Stufe-2-Verfahren beschrieben. Aufgrund unterschiedlicher Datengrundlagen weicht die Berechnung für Ernterückstände aus Gemüse von der aus Ackerfrüchten ab:

$$E_{N_2O, CR} = E_{N_2O, CR, AC} + E_{N_2O, CR, HC} \quad (11.10)$$

$$E_{NO, CR} = E_{NO, CR, AC} + E_{NO, CR, HC} \quad (11.11)$$

$$E_{N_2O, CR, AC} = \left( \sum_i A_i \cdot x_{renew, i} \cdot x_{mow, i} \cdot y_i \cdot (a_{above, i} \cdot x_{N, above, i} + a_{below, i} \cdot x_{N, below, i}) - m_{N, straw} \right) \cdot EF_{N_2O, CR} \cdot \beta \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.12)$$

$$E_{NO, CR, AC} = \left( \sum_i A_i \cdot x_{renew, i} \cdot x_{mow, i} \cdot y_i \cdot (a_{above, i} \cdot x_{N, above, i} + a_{below, i} \cdot x_{N, below, i}) - m_{N, straw} \right) \cdot EF_{NO, CR} \cdot \beta \cdot \gamma_{NO} \quad (11.13)$$

$$E_{N_2O, CR, HC} = \left( \sum_j A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N, j} + A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N, j} \cdot \delta_{HC} + A_j \cdot y_j \cdot x_{N, yield, j} \cdot \delta_{HC} \right) \cdot EF_{N_2O, CR} \cdot \beta \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.14)$$

$$E_{NO, CR, HC} = \left( \sum_j A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N, j} + A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N, j} \cdot \delta_{HC} + A_j \cdot y_j \cdot x_{N, yield, j} \cdot \delta_{HC} \right) \cdot EF_{NO, CR} \cdot \beta \cdot \gamma_{NO} \quad (11.15)$$

where

$E_{N_2O, CR}$	N <sub>2</sub> O emission due to rotting of crop residues in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$E_{N_2O, CR, AC}$	N <sub>2</sub> O emission due to rotting of agricultural crop residues in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$E_{N_2O, CR, HC}$	N <sub>2</sub> O emission due to rotting of horticultural crop residues in a district (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O)
$E_{NO, CR}$	NO emission due to rotting of crop residues of a crop i (in Gg a <sup>-1</sup> NO)
$E_{NO, CR, AC}$	NO emission due to rotting of agricultural crop residues of a crop i (in Gg a <sup>-1</sup> NO)
$E_{NO, CR, HC}$	NO emission due to rotting of horticultural crop residues of a crop i (in Gg a <sup>-1</sup> NO)

$i$	running index for agricultural crops
$j$	running index for horticultural crops
$A_i$	area covered by crop $i$ (in ha)
$x_{\text{renew}, i}$	fraction of crop $i$ that is harvested annually (in ha ha <sup>-1</sup> )
$x_{\text{mow}, i}$	1 / quantity of harvests of crop $i$ in a year (no dimension)
$y_i$	yield of crop $i$ , in fresh matter (in kg ha <sup>-1</sup> )
$a_{\text{above}, i}$	ratio of above ground residues to crop yield of crop $i$ (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N}, \text{above}, i}$	N content of above ground residues of crop $i$ , related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$a_{\text{below}, i}$	ratio of below ground residues to crop yield of crop $i$ (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N}, \text{below}, i}$	N content of below ground residues of crop $i$ , related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{N}, \text{straw}}$	amount of nitrogen removed with straw used as bedding in a district (in kg N)
$EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{CR}}$	N <sub>2</sub> O emission factor for crop residues ( $EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{CR}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6} \text{ Gg kg}^{-1}$ )
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )
$EF_{\text{NO}, \text{CR}}$	NO emission factor for crop residues ( $EF_{\text{NO}, \text{CR}} = 0.007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$ )
$\gamma_{\text{NO}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NO}} = 30/14 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )
$a_j$	ratio of crop residues to crop yield of crop $j$ (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N}, j}$	N content of crop residues of crop $j$ , related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$x_{\text{N}, \text{yield}, j}$	N content of normally harvested parts of crop $j$ , related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$\delta_{\text{HC}}$	not harvested horticultural crops factor ( $\delta_{\text{HC}} = 20/80 \text{ kg kg}^{-1}$ )

### 11.3.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

The following emission factors were used:

#### Nitrous oxide

Default: IPCC 1996, Table 4-18, pg. 4.89

$EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{crop}} = 0.0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$

#### Nitric oxide

Simpler methodology: EMEP(2007)-1020-12

$EF_{\text{NO}, \text{crop}} = 0.007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$

#### Dinitrogen

Simpler methodology: see Chapter 10.1.2.2.2

$EF_{\text{N}_2, \text{crop}} = 0.1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$

#### Uncertainty of emission factors

##### Nitrous oxide

IPCC(1996)-4.89, Table 4-18, lists an uncertainty range for this emission factor of 0.0025 to 0.0225 kg kg<sup>-1</sup> N. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval and is used for the calculation of the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory (see Chapter 14.6). Hence, the difference between the upper limit of the confidence interval amounts to 80 % of this emission factor. The same applies to the difference between the lower limit of the confidence interval. The symmetry allows the use of a normal distribution.

##### Nitric oxide and dinitrogen

For fertilizer application, the order of magnitude is likely to be correct. Likely uncertainty is about a factor of 10 (EMEP(2007)-B1010-26). A lognormal distribution is assumed.

Due to lack of information, N<sub>2</sub> is treated like NO.

Folgende Emissionsfaktoren wurden benutzt:

#### Distickstoffoxid

Default: IPCC 1996, Tabelle 4-18, S. 4.89

$EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{crop}} = 0,0125 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$

#### Stickstoffmonoxid

Einfacheres Verfahren: EMEP(2007)-1020-12

$EF_{\text{NO}, \text{crop}} = 0,007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$

#### Distickstoff

Einfacheres Verfahren: siehe Kapitel 10.1.2.2.2

$EF_{\text{N}_2, \text{crop}} = 0,1 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$

#### Unsicherheit der Emissionsfaktoren

##### Distickstoffoxid

In IPCC(1996)-4.89, Tabelle 4-18, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0025 bis 0,0225 kg kg<sup>-1</sup> N angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst und der Berechnung der Gesamtunsicherheit im Treibhausgasinventar (s. Kapitel 14.6) zugrundegelegt. Somit entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 80 % dieses Emissionsfaktors. Gleiches gilt für das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor. Aufgrund der Symmetrie wird Normalverteilung angenommen.

##### Stickstoffmonoxid und Distickstoff

Die Größenordnung des Emissionsfaktors ist wahrscheinlich zutreffend. EMEP(2007)-B1010-26 gibt eine Unsicherheit mit dem Faktor 10 an. Eine lognormale Verteilung wird angenommen.

Wegen fehlender Erkenntnisse wird N<sub>2</sub> wie NO behandelt.

#### 11.4 Indirect N<sub>2</sub>O emissions from depositions of reactive nitrogen originating from agriculture / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Landwirtschaft

Atmospheric deposition of reactive nitrogen species results in N<sub>2</sub>O emissions.

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

Die atmosphärische Deposition von reaktiven Stickstoff-Spezies führt zu N<sub>2</sub>O-Emissionen.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

##### 11.4.1 Activity data / Aktivitätsdaten

In the German inventory, the calculation of the indirect N<sub>2</sub>O emissions caused by deposition assumes that all emissions of reactive nitrogen listed below are deposited:

- NH<sub>3</sub> emissions from fertilizer application,
- NO emissions from fertilizer application,
- NH<sub>3</sub> emissions from manure management including spreading (housing including N input with bedding material, storage)
- NO emissions, from manure management including NO emissions from soils due to manure spreading
- NH<sub>3</sub> emissions from grazing,
- NO emissions from grazing,
- NH<sub>3</sub> emissions from N fixing crops,
- NO emissions from N fixing crops,
- NO emissions from crop residues.

(Application of sewage sludge is not considered as there is no calculation of NH<sub>3</sub> and NO emissions from sewage sludge, see Chapter 10.3.)

The relevant activities are the amounts of NH<sub>3</sub>-N and NO-N emitted from agricultural sources as listed above.

Chemical reactions which transform these emissions to inert N species do not occur in practice. Hence, they are not considered in the inventory.

##### Uncertainty of activity data

A discussion of the uncertainty of these emissions presupposes the knowledge of the uncertainties of the respective emissions.

An uncertainty (standard error) of 25 % is assumed, normal distribution.

Das deutsche Inventar berechnet die depositionsbedingten N<sub>2</sub>O-Emissionen unter der Annahme, dass alle nachstehend aufgeführten Emissionen reaktiven Stickstoffs als Deposition eingehen:

- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Mineraldüngeranwendung,
- NO-Emissionen aus Mineraldüngeranwendung,
- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management incl. Ausbringung (Stall incl. N aus Einstreu),
- NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management incl. NO als Folge der Wirtschaftsdünger-Ausbringung
- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Weidegang,
- NO-Emissionen aus dem Weidegang,
- NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Leguminosenanbau,
- NO-Emissionen aus dem Leguminosenanbau,
- NO-Emissionen aus Ernterückständen.

(Die Klärschlamm-Ausbringung wird nicht berücksichtigt, da hierfür keine NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen berechnet werden, siehe Kapitel 10.3.)

Die eigentlichen Aktivitäten sind die aus den oben genannten landwirtschaftlichen Quellen emittierten NH<sub>3</sub>-N und NO-N-Mengen.

Atmosphärenchemische Reaktionen, die zu nicht reaktivem N führen, finden praktisch nicht statt und werden daher im Inventar nicht berücksichtigt.

##### Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Die Unsicherheit der Depositionen ist erst bestimmbar, wenn die Unsicherheit der Emissionen hinreichend bekannt ist.

Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von 25 %, Verteilung normal.

#### 11.4.2 Assessment of N<sub>2</sub>O emissions / Bestimmung der N<sub>2</sub>O-Emissionen

##### 11.4.2.1 The method applied / Angewandte Methode

A Tier 1 approach similar to the treatment of N<sub>2</sub>O emissions from the application of mineral fertilizer is used (IPCC (1996)-4.112 f).

Es wird ein Stufe-1-Verfahren analog zur Beschreibung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Mineraldünger-Anwendung eingesetzt (IPCC (1996)-4.112 f).

$$E_{N_2O, dep} = [(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{MM} + (E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{graz} + (E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{fert} + (E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{NF} + E_{NO-N, res}] \cdot EF_{N_2O-N, dep} \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.16)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O, dep}}$	indirect $\text{N}_2\text{O}$ emission resulting from the deposition of all emissions of reactive nitrogen species from agriculture (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O}$ )
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{MM}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO-N}$ emissions from manure management (housing including N input with bedding material, storage, application) (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{graz}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO-N}$ emissions from grazing (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{fert}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO-N}$ emissions from mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{NF}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO-N}$ emissions from N fixing crops (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{NO-N, res}}$	$\text{NO-N}$ emissions from crop residues (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$	emission factor for indirect emissions from deposition (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ , see Chapter 11.4.2.2)
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )

Using the entities  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  und  $\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}}$  (see Chapters 13.1.3 und 13.1.4), the  $E_{\text{N}_2\text{O, dep}}$  equation can be transformed as follows:

Die Gleichung für  $E_{\text{N}_2\text{O, dep}}$  lässt sich mit Hilfe der in Kapitel 13.1.3 und 13.1.4 definierten Größen  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  und  $\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}}$  umformulieren:

$$E_{\text{N}_2\text{O, dep}} = [(m_{\text{excr}} + m_{\text{straw}}) \cdot \text{Frac}_{\text{GASM, Germany}} + m_{\text{fert}} \cdot \text{Frac}_{\text{GASF}} + (E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{NF}} + E_{\text{NO-N, res}}] \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}} \cdot \gamma_{\text{N}_2\text{O}} \quad (11.17)$$

where

$E_{\text{N}_2\text{O, dep}}$	indirect $\text{N}_2\text{O}$ emission resulting from the deposition of all emissions of reactive nitrogen species from agriculture (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}_2\text{O}$ )
$m_{\text{excr}}$	amount of N excreted in animal houses and during grazing (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$m_{\text{straw}}$	amount of N added by bedding (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$\text{Frac}_{\text{GASM, Germany}}$	fraction of total nitrogen from animal excretion and N import with bedding that volatilizes as $\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO-N}$ , German definition (in $\text{Gg Gg}^{-1}$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizers (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$\text{Frac}_{\text{GASF}}$	fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as $\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO-N}$ (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{NF}}$	$\text{NH}_3\text{-N}$ and $\text{NO-N}$ emissions from N fixing crops (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$E_{\text{NO-N, res}}$	$\text{NO-N}$ emissions from crop residues (in $\text{Gg a}^{-1} \text{N}$ )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$	emission factor for indirect emissions from deposition (in $\text{kg kg}^{-1} \text{N}$ , see Chapter 11.4.2.2)
$\gamma_{\text{N}_2\text{O}}$	mass conversion factor ( $\gamma_{\text{N}_2\text{O}} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )

In principle, this equation corresponds to equation 9 in IPCC (1996)-4.112. However, equation 9 in IPCC (1996b)-4.112 makes use of a differently defined entity  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ , see also Chapter 13.1.4.

Diese Gleichung entspricht dem Sinn der Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112, wobei allerdings in der IPCC-Gleichung eine abweichend definierte  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ -Größe eingesetzt wird, siehe Kapitel 13.1.4.

#### 11.4.2.2 Emission factors / Emissionsfaktoren

The emission factor is to a large extent depending on land use (Denier van der Gon et al., 2004).

For the inventory, the emission factor provided by IPCC(1996)-4.105 is to be used ( $EF_{\text{N}_2\text{O}} = 0.01 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$ ).

IPCC (1996) does not provide information about the uncertainty of the emission factor. Hence, the respective information given in IPCC (2006) is used.

The uncertainty range given in IPCC(2006)-11.24 is  $0.02 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  -  $0.05 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$ . This is taken to be the 95 % confidence interval. According to IPCC (2000)-6.14, the difference between the upper limit of

Der Emissionsfaktor hängt in großem Umfang von der Landnutzung ab (Denier van der Gon et al., 2004).

Für das Inventar ist der in IPCC(1996)-4.105 gegebene Emissionsfaktor  $EF_{\text{N}_2\text{O}} = 0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}_2\text{O-N}$  zu verwenden.

IPCC (1996) äußert sich nicht zur Unsicherheit des Emissionsfaktors, weshalb auf Informationen aus IPCC (2006) zurückgegriffen wird.

In IPCC(2006)-11.24 wird ein Unsicherheitsbereich angegeben, der zwischen  $0,02 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  und  $0,05 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{N}$  liegt. Dieser Bereich wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Damit entspricht das



the confidence interval and the emission factor is used to derive the overall uncertainty (see Chapter 14.6). It amounts to 400 % of the emission factor used. The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor equals 80 % of the emission factor used.

It is assumed that the distribution is lognormal.

nach IPCC (2000)-6.14 in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (s. Kap. 14.6) eingehende Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 400 % des verwendeten Emissionsfaktors. Das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor beträgt 80 % des Emissionsfaktors.

Es wird von einer lognormalen Verteilung ausgegangen.

## 11.5 Indirect N<sub>2</sub>O emissions from leached and run off N originating from agriculture / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem N aus der Landwirtschaft

Nitrogen inputs into soils are to some extent liable to run-off and leaching. The inputs into surface and ground waters give rise to indirect nitrous oxide emissions.

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are a key source.

Stickstoff-Einträge in Böden gelangen teilweise durch Oberflächenabfluss in Oberflächengewässer und durch Auswaschung ins Grundwasser. Sie sind dort Quelle indirekter Lachgas-Emissionen.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden sind insgesamt eine Hauptquellgruppe.

### 11.5.1 Activity data / Aktivitätsdaten

Relevant sources are the amounts of nitrogen imported into the soils with fertilizers, animal manures, mineral sewage sludges, crop residues, N fixation by legumes and the mineralization of histosols. The amounts of N imported are determined as follows:

#### Mineral fertiliser:

The activity  $m_{\text{fert},s}$  is defined as the amounts of fertilisers N applied minus the N losses due to NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions caused by fertiliser N (Chapter 10.1).

Quellgrößen sind die Mengen an Stickstoff, die durch , Mineraldünger, Wirtschaftsdünger, Weidegang, Klärschlämme, Ernterückstände und Leguminosenanbau in den Boden gelangen. Sie werden wie folgt bestimmt:

#### Mineraldünger:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{fert},s}$  dienen die ausgebrachten N-Mengen, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 10.1).

#### Manure:

The activity  $m_{\text{man},s}$  is defined as the amount of N available for landspreading minus the N losses due to NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions caused by landspreading (Chapter 10.2).

#### Wirtschaftsdünger:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{man},s}$  dient die zur Ausbringung gebrachte N-Menge, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 10.2).

#### Grazing:

The activity  $m_{\text{graz},s}$  is defined as the amount of N excreted on pasture minus the N losses due to NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions caused by N excretions on pasture (Chapter 11.2).

#### Weidegang:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{graz},s}$  dient die auf der Weide ausgeschiedene N-Menge, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 11.2).

#### Sewage sludge:

The activity  $m_{\text{sl},s}$  is defined as the amounts of sewage sludge N applied minus the N losses due to N<sub>2</sub>O emissions caused by fertiliser N (Chapter 10.3).

#### Klärschlamm:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{sl},s}$  dienen die ausgebrachten N-Mengen, von denen N-Verluste durch N<sub>2</sub>O-Emissionen subtrahiert werden (Kapitel 10.3).

#### Production of legumes

The activity  $m_{\text{fix},s}$  is defined as the amounts of N fixed minus the N losses due to NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions caused by fixed N (Chapter 11.1).

#### Leguminosenanbau:

Als Aktivitätsgröße  $m_{\text{fix},s}$  dienen die fixierten N-Mengen, vermindert um darauf zurückgehende N-Verluste durch NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen (Kapitel 11.1).

### Crop residues

The activity  $m_{cr,s}$  is defined as the amount of N contained in crop residues minus the N losses due to  $N_2O$ , NO and  $N_2$  emissions caused by crop residue N (Chapter 11.3).

### Uncertainty of activity data

The uncertainty (i. e. the standard error) of the N input data is assumed to be 30 %. A normal distribution seems to be appropriate.

According to IPCC, the amount of N leached, which is the source of  $N_2O$  emissions, is deduced from the N input using a constant factor  $x_{leach}$ , for which IPCC (1996), Table 4-24, and IPCC(2006)-11.24 give a variability of 167 % (defined as the interval between the value used in the inventory and the upper boundary of the 95 % confidence interval).

This leads, according to the calculation rules given in Chapter 14.1, to an overall uncertainty of the activity data of 170 %, which corresponds to a lognormal distribution.

### Ernterückstände

Als Aktivitätsgröße  $m_{cr,s}$  dienen die in den Ernterückständen vorhandenen N-Mengen, vermindert um die darauf zurückgehenden N-Verluste aus  $N_2O$ -, NO- und  $N_2$ -Emissionen (Kapitel 11.3).

### Unsicherheit der Aktivitätsdaten

Die Unsicherheit (d. h. der Standardfehler) der N-Einträge wird mit 30 % bei Normalverteilung angenommen.

Die zur  $N_2O$ -Freisetzung führende ausgewaschene N-Menge wird nach IPCC mit einem konstanten Faktor  $x_{leach}$  ermittelt, für den in IPCC (1996), Table 4-24, und IPCC(2006)-11.24 ein Unsicherheitsbereich von 167 % angegeben wird (definiert als Intervall zwischen verwendetem Wert und oberer Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles).

Daraus ergibt sich nach der in Kapitel 14.1 beschriebenen Berechnungsmethode eine Gesamtunsicherheit der Aktivitätsdaten von 170 %. Dementsprechend ist von einer lognormal Verteilung auszugehen.

## 11.5.2 Assessment of $N_2O$ emissions / Bestimmung der $N_2O$ -Emissionen

### 11.5.2.1 The method applied / Angewandte Methode

Agricultural soils are considered a key source with respect to indirect  $N_2O$  emissions. Hence, this applies to the emissions resulting from leached and run off nitrogen.

For the Tier 1 methodology in IPCC(1996)-4.113 activity data consider animals' excretions and the amounts of synthetic fertilizers applied. In analogy to the methodology described in IPCC (2006)-11.21f, the German approach additionally includes N inputs from sewage sludge, crop residues and legumes. The methodology in IPCC(1996) does not subtract N emissions precedent to the process of leaching. The German methodology, however, does account for the N losses by these emissions (see Chapter 11.5.1) and calculates the amount of N leached as a constant share of the amount of N available in the soil, using the factor  $FRAC_{leach} = 0.3 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (IPCC(1996)-4.106).

Landwirtschaftliche Böden gelten hinsichtlich der indirekten  $N_2O$ -Emissionen als Hauptquellgruppe. Dies gilt dann auch für die Emissionen aus ausgewaschenem und abgeflossenem N.

Das Stufe-1-Verfahren nach IPCC(1996)-4.113 berücksichtigt als Aktivitätsdaten die tierischen Ausscheidungen sowie die ausgebrachten Mineraldüngermengen. Das deutsche Verfahren berücksichtigt in Anlehnung an IPCC(2006)-11.21f zusätzlich N-Einträge aus Klärschlämmen, Ernterückständen und Leguminosenabbau. Bei IPCC(1996)-4.113 werden N-Emissionen, die dem Auswaschungsprozess vorausgehen, nicht subtrahiert. Das deutsche Verfahren subtrahiert diese Verluste (siehe Kapitel 11.5.1) und berechnet die ausgewaschene N-Menge proportional zur im Boden verfügbaren N-Menge mit dem Faktor  $FRAC_{leach} = 0,3 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (IPCC(1996)-4.106).

$$E_{N_2O, leach} = m_{leach} \cdot EF_{N_2O, leach} \cdot \gamma_{N_2O} \quad (11.18)$$

where

$E_{N_2O, leach}$	emission rate of $N_2O$ due to leaching and run off (in $\text{Gg a}^{-1} \text{ N}_2\text{O}$ )
$m_{leach}$	amount of N leached (in $\text{Gg a}^{-1} \text{ N}$ )
$EF_{N_2O, leach}$	emission factor for N from leaching and run off (in $\text{kg kg}^{-1} \text{ N}$ )
$\gamma_{N_2O}$	mass conversion factor ( $\gamma_{N_2O} = 44/28 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )

with

$$m_{leach} = m_{soil} \cdot FRAC_{leach} \quad (11.19)$$

and

$$m_{\text{soil}} = m_{\text{man},s} + m_{\text{graz},s} + m_{\text{fert},s} + m_{\text{sl},s} + m_{\text{cr},s} + m_{\text{fix},s} \quad (11.20)$$

where

$m_{\text{leach}}$	amount of N leached (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{man},s}$	N available in the soil due to manure application (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{graz},s}$	N available in the soil due to excretions during grazing (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{fert},s}$	N available in the soil due to fertilizers (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{sl},s}$	N available in the soil due to sewage sludge application (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{cr},s}$	N available in the soil due to crop residues (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{fix},s}$	N available in the soil due to biological N fixation (see Chapter 11.5.1) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$FRAC_{\text{leach}}$	fraction of N liable to leaching and run off (in kg kg <sup>-1</sup> N), see above and Chapter 13.1.6

### 11.5.2.2 Emission factor / Emissionsfaktor

The IPCC(1996)-3-4.106 ff emission factor ( $EF_5 = 0.025 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) represents the knowledge available at the time.

The emission factor derived for IPCC (2006), Table 11.3 ( $EF_5 = 0.0075 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) includes the knowledge gained since then (see dates of publications listed in IPCC (2006), Table 11.3, and footnote 23).

Nevertheless, due to the decision of the ERT in the In Country Review in September 2010, the default emission factor proposed in IPCC (1996) is used again for the inventory at hand and subsequent inventories.

IPCC(1996)-3-4.105, Table 4-23, provides an uncertainty range of the emission factor (i. e. the 95% confidence interval) of  $0.002 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  to  $0.12 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . Hence, the distribution is asymmetric (lognormal). The larger of the two resulting uncertainties is used in accordance with IPCC(2000)-6.14. The ratio of  $0.12/0.025 = 4.8$  then results in a relative uncertainty of 380 % of the emission factor used. This uncertainty is defined as the interval between the emission factor used and the upper boundary of the 95 % confidence interval.

Der in IPCC(1996)-3-4.106 ff beschriebene Emissionsfaktor ( $EF_5 = 0.025 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) ist Ausdruck des Stands des Wissens zu dieser Zeit.

Der in IPCC (2006), Tabelle 11.3 aufgeführte Emissionsfaktor ( $EF_5 = 0.0075 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) verdeutlicht den Wissenszuwachs seitdem, siehe auch die Erscheinungsdaten der in IPCC (2006), Tabelle 11.3 und Fußnote 23, hinzugezogenen Veröffentlichungen.

Dennoch wird aufgrund der Entscheidung des ERT im In-Country-Review im September 2010 ab diesem Inventar wieder der in IPCC (1996) angegeben Emissionsfaktor verwendet.

Der Unsicherheitsbereich des Emissionsfaktors (interpretiert als 95 %-Konfidenzintervall) wird von IPCC(1996)-3-4.105, Table 4-23, mit  $0,002 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  bis  $0,12 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angegeben. Demnach handelt es sich um eine asymmetrische Verteilung (lognormal). Von den beiden daraus resultierenden unterschiedlichen Unsicherheiten wird entsprechend IPCC(2000)-6.14 die größere verwendet: Aus dem Verhältnis von  $0,12/0,025 = 4,8$  ergibt sich eine relative Unsicherheit (d. h. ein Intervall zwischen verwendetem Emissionsfaktor und oberer Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles) von 380 % des Emissionsfaktors.

## 11.6 Intercomparison of N<sub>2</sub>O emission factors with those in neighbouring countries / Vergleich von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren mit denen benachbarter Staaten

In Table 11.4 a comparison is made of N<sub>2</sub>O emission factors for soils between countries whose agricultural practice may be compared to German conditions (latest published results) and German data in this inventory.

In the inventory at hand, Germany makes use of the default emission factors according to IPCC(1996) as is done by most of the neighbouring countries. However, for the indirect N<sub>2</sub>O emissions from leached and run off N Germany applies the emission factor given by IPCC (2006) as is justified in Chapter

In Table 11.4 erfolgt für Böden eine Gegenüberstellung von N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren für Deutschland und Länder, deren Landwirtschaft der deutschen ähnlich ist. Die Daten des vorliegenden Inventars werden den zuletzt veröffentlichten der anderen Länder gegenüber gestellt.

Deutschland verwendet im Inventar wie die meisten Nachbarstaaten die default-Emissionsfaktoren nach IPCC(1996). Eine Ausnahme stellen die deutschen indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus ausgewaschenem und abgefließenem N dar, wofür auf den Emissionsfaktor aus IPCC(2006) zurückgegriffen wird (zur

## 11.5.2.2.

Begründung siehe Kapitel 11.5.2.2).

Table 11.4: Soils, intercomparison of N<sub>2</sub>O implied emission factors  
(Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	$EF_{N_2O, \text{min\_fert}}$ kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N	$EF_{N_2O, \text{manure}}$ kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N	$EF_{N_2O, \text{legumes}}$ kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N	$EF_{N_2O, \text{crop\_residues}}$ kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N	$EF_{N_2O, \text{grazing}}$ kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N	$EF_{N_2O, \text{deposition}}$ kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N	$EF_{N_2O, \text{leaching}}$ kg kg <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N
Austria	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0200	0.0100	0.0250
Belgium	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0200	0.0100	0.0250
Czech Republic	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0200	0.0100	0.0250
Denmark	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0200	0.0100	0.0250
Germany	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0200	0.0100	0.0250
France	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0200	0.0100	0.0250
Netherlands	0.0099	0.0200	0.0100	0.0100	0.0165	0.0098	0.0243
Poland	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0200	0.0100	0.0251
Switzerland	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0200	0.0100	0.0250
United Kingdom	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0200	0.0100	0.0250
IPCC(2006)- 11.6, 11.11, 11.24	0,01	0,01	0.00	0,01	0.01 / 0.02	0,01	0,0075
IPCC(1996)-2- 4.37, -3-4.104, 4.105	0,0125	0,0125	0,0125	0,0125	0,0200	0,0100	0,0250

Source: UNFCCC (2010), Table 4.Ds1

**11.7 Reference to information provided with the data CD / Hinweis auf die auf der Daten-CD  
zusammengestellten Informationen**

Table 11.5: Cultures with fertilizers, related tables provided with the data CD

			from	to
Emissions	Emissionen	NH <sub>3</sub> , legumes	EM1002.01	
		N <sub>2</sub> O, legumes	EM1002.04	
		NO, legumes	EM1002.11	
		NH <sub>3</sub> , animal grazing	EM1002.02	
		N <sub>2</sub> O, animal grazing	EM1002.05	
		NO, animal grazing	EM1002.12	
		N <sub>2</sub> O, crop residues	EM1002.06	
		NO, crop residues	EM1002.13	
		N <sub>2</sub> O, indirect, deposition	EM1002.07	
		N <sub>2</sub> O, indirect, leaching	EM1002.08	
Activity data	Aktivitäten	areas and yields, arable and grassland	AC1002.01	AC1002.121
		N fixed by legumes	AC1002.122	
		N inputs grazing	AC1002.123	AC1002.125
		N in crop residues	AC1002.126	
		N deposited	AC1002.127	
		N input liable to leaching	AC1002.128	AC1002.131
Emission factors	Emissionsfaktoren	NH <sub>3</sub> , legumes	IEF1002.01	
		N <sub>2</sub> O, legumes	IEF1002.03	
		NO, legumes	IEF1002.08	
		NH <sub>3</sub> , animal grazing	IEF1002.02	
		N <sub>2</sub> O, animal grazing	IEF1002.04	
		NO, animal grazing	IEF1002.09	
		N <sub>2</sub> O, crop residues	IEF1002.05	
		NO, crop residues	IEF1002.10	
		N <sub>2</sub> O, indirect, deposition	IEF1002.06	
		N <sub>2</sub> O, indirect, leaching	IEF1002.07	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1002.01	AI1002.04

## 12 Pesticides and Limestone / Pestizide und Düngekalk

### 12.1 Pesticides / Pestizide

Pesticides are taken into consideration as a consequence of the POPs protocol. Only the C emissions of a limited number of pesticides have to be reported.

In Germany, the application of those pesticides has been banned by law since many years. Only lindane was still applied in the 1990ies.

Instead of the amounts applied, the amounts sold on national level are used as activities. Amounts were communicated by Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry (BBA), Institute for Technology Assessment in Plant Protection, Klein Machnow. Activity data are communicated voluntarily by the producers. Uncertainties are not reported. In this inventory, 10 % are assumed with a normal distribution.

Emissions are directly related to the amounts applied (EMEP(2007)-B1060-3):

$$E_{\text{pest}} = \sum_i m_{\text{pest}, i} \cdot EF_{\text{pest}, i} \quad (12.1)$$

where

$E_{\text{pest}}$	total emission of pesticides (in Mg a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{pest}}$	mass of C applied with pesticide i (in Mg a <sup>-1</sup> C)
$EF_{\text{pest}}$	emission factor for individual pesticide i (in kg kg <sup>-1</sup> C), see EMEP(2007)-B1060, Table 8.1

For Germany only the emission factor for C emissions from lindane application is needed: 0.5 kg kg<sup>-1</sup>, related to the amount of C applied with lindane.

For the emission factor uncertainty, EMEP(2007)-B-1060-9 suggests 200 to 500 %. 300 % and a log-normal distribution is assumed for the inventory.

Activity data and calculated emissions are given in specific tables with the data CD, see Table 12.1.

Pestizide werden unter dem Gesichtspunkt des POPs-Protokolls erfasst. Dabei sind nur die C-Emissionen ausgewählter Pestizide berichtspflichtig.

Die Anwendung dieser Pestizide ist in Deutschland seit langem gesetzlich verboten. Lediglich Lindan wurde in den 1990er Jahre noch angewandt.

Statt ausgebrachter Mengen werden die bundesweit verkauften Mengen als Aktivitäten angesehen. Es handelt sich um Angaben der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA), Institut für Folgenabschätzungen im Pflanzenschutz, Klein-Machnow. Sie basieren auf freiwilligen Mitteilungen der Produzenten. Unsicherheiten werden nicht angegeben. Angenommen werden 10 %, normal verteilt.

Die Emissionen werden direkt auf die ausgebrachten Mengen bezogen (EMEP(2007)-B1060-3):

Der für die Lindananwendung in Deutschland erforderliche Faktor für C-Emissionen beträgt 0,5 kg kg<sup>-1</sup>, bezogen auf die ausgebrachte C-Menge.

Für die Unsicherheit des Emissionsfaktors schlägt EMEP(2007)-B-1060-9 200 bis 500 % vor. Das Inventar rechnet mit 300 % und Lognormal-Verteilung.

Aktivitätsdaten und Emissionsergebnisse sind auf der Daten-CD wiedergegeben, siehe Table 12.1.

Table 12.1: Emissions of pesticides, related tables provided with the data CD

Emissions	Emissionen	Pesticides (C)	EM1006.01
Activity data	Aktivitäten	Amount of pesticides (C)	AC1006.01

### 12.2 Limestone / Düngekalk

CO<sub>2</sub> emissions from the application of limestone are not reported as originating from agricultural soils (CRF sector 4.D), but under "Landuse, Landuse change and Forestry" (LULUCF, CRF sector 5), see NIR 2011, Chapter 7.3.1.

CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Düngekalk-Anwendung bei landwirtschaftlichen Böden werden nicht Bereich landwirtschaftlicher Böden (CRF-Sektor 4.D), sondern im Bereich Landnutzung, Landnutzungsänderungen und Forstwirtschaft (LULUCF, CRF-Sektor 5), siehe NIR 2011, Kapitel 7.3.1.

### 13 Calculation of fractions / Berechnung von Verhältniszahlen

#### 13.1 Calculation procedures / Berechnungsverfahren

##### 13.1.1 Fraction of crop residue burned ( $Frac_{BURN}$ ) / Anteil der Ernterückstände, die auf dem Feld verbrannt werden ( $Frac_{BURN}$ )

Burning of crop residues is allowed in a very limited number of cases (see Chapter 4.3). However, the amounts are unseizable. In any case, they are considered to be negligible.

Das Verbrennen von Ernterückständen ist in Deutschland nur in Ausnahmefällen erlaubt (vgl. Kapitel 4.3). Die Mengen sind nicht erfassbar und werden als vernachlässigbar angesehen.

##### 13.1.2 Fraction of livestock N excretion in excrements burned for fuel ( $Frac_{FUEL}$ ) / Anteil der tierischen N-Ausscheidungen in Dung, der als Heizmaterial dient ( $Frac_{FUEL}$ )

In Germany, dung is not used as fuel.

Die Nutzung von Dung als Brennstoff wird in Deutschland nicht praktiziert.

##### 13.1.3 Fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as $NH_3$ -N and $NO_x$ -N ( $Frac_{GASF}$ ) / Anteil der N-Menge, die als Folge der Ausbringung von Mineraldüngern als $NH_3$ -N und $NO_x$ -N emittiert wird ( $Frac_{GASF}$ )

$Frac_{GASF}$  is calculated as follows:

$Frac_{GASF}$  wird wie folgt berechnet:

$$Frac_{GASF} = \frac{E_{NH_3-N, fert} + E_{NO-N, fert}}{m_{fert}} \quad (13.1)$$

where

$Frac_{GASF}$	fraction of synthetic fertilizer N applied to soils that volatilises as $NH_3$ -N and $NO_x$ -N (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{fert}$	amount of N applied with mineral fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$E_{NH_3-N, fert}$	$NH_3$ -N nitrogen emitted due to application of mineral fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> $NH_3$ -N)
$E_{NO-N, fert}$	$NO$ -N nitrogen emission due to application of mineral fertilizers (in Gg a <sup>-1</sup> $NO$ -N)

Gaseous losses from the application of mineral fertilizers are described in Chapter 10.1. They depend on type and amount of the fertilizers applied, the system fertilised, and temperature.

Thus,  $Frac_{GASF}$  is not a constant.

Die gasförmigen N-Verluste aus der Mineraldünger-Anwendung sind in Kapitel 10.1 beschrieben. Ihr Ausmaß ist abhängig von Art und Menge des Düngers, dem gedüngten System und der Temperatur.

$Frac_{GASF}$  ist daher keine Konstante.

##### 13.1.4 Fraction of livestock N excretion that volatilises as $NH_3$ and $NO_x$ ( $Frac_{GASM}$ ) / Anteil der N-Menge, die vor und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern als $NH_3$ und $NO_x$ emittiert wird ( $Frac_{GASM}$ )

The definition given for  $Frac_{GASM}$  in CRF-4.Ds2 („Fraction of livestock N excretion that volatilizes as  $NH_3$  and  $NO_x$ “) agrees with the definition provided implicitly in Equation 11.9 in IPCC (2006)-11.21. This becomes obvious when rearranging Equation 9 in IPCC (1996)-4.112 to solve for  $Frac_{GASM}$ :

Die in CRF-4.Ds2 angegebene Definition von  $Frac_{GASM}$  („Fraction of livestock N excretion that volatilizes as  $NH_3$  and  $NO_x$ “) entspricht der implizit durch Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112 gegebenen Definition. Dies wird deutlich, wenn Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112 nach  $Frac_{GASM}$  umgeformt wird:

$$Frac_{GASM, Eq. 9} = \frac{E_{N_2O} / EF_4 - N_{fert} \cdot Frac_{GASF}}{N_{ex}} \quad (13.2)$$

where

$Frac_{GASM, Eq. 9}$	$Frac_{GASM}$ -Größe aus Gleichung 9 in IPCC (1996)-4.112 (in Gg Gg <sup>-1</sup> )
$E_{N_2O} / EF_4$	Gesamtemission von N <sub>2</sub> O-N aus landwirtschaftlichen Böden aufgrund der Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Emission von NH <sub>3</sub> -N und NO-N (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)
$N_{fert} \cdot Frac_{GASF}$	Emission von N <sub>2</sub> O-N durch Deposition von reaktivem Stickstoff aus der Emission von NH <sub>3</sub> -N und NO-N bei der Anwendung von Mineraldünger (in Gg a <sup>-1</sup> N <sub>2</sub> O-N)
$N_{ex}$	nationale Gesamt-N-Menge aus tierischen Ausscheidung (in Gg a <sup>-1</sup> N)

NH<sub>3</sub>-N and NO-N emissions due to bedding material considered in the German inventory are not accounted for in the definition given above. However, N inputs due to bedding material and the resulting emissions are part of the N flow concept used in the German inventory (see Chapter 3.5) and need to be considered in the definition of a  $Frac_{GASM}$  entity consistent with the emission results of the German inventory. This leads to the specific definition of the  $Frac_{GASM}$  entity reported by Germany:

NH<sub>3</sub>-N und NO-N-Emissionen aus der im deutschen Inventar mitberücksichtigten Einstreu finden in dieser Definition keinen Platz. Die durch Einstreu eingebrachte N-Menge und die daraus resultierenden Emissionen sind aber Bestandteil des von Deutschland angewendeten N-Fluss-Konzeptes (s. Kapitel 3.5) und müssen daher auch in der Definition einer  $Frac_{GASM}$ -Größe mitberücksichtigt werden, um die Konsistenz der deutschen Inventarergebnisse zu gewährleisten. Daraus resultiert die Definition der von Deutschland berichteten Größe  $Frac_{GASM, Germany}$ :

$$Frac_{GASM, Germany} = \frac{(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{MM} + (E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{graz}}{m_{excr} + m_{straw}} \quad (13.3)$$

where

$Frac_{GASM, Germany}$	fraction of total N from animal excretion and N import with bedding that volatilizes as NH <sub>3</sub> -N and NO-N, German definition (in Gg Gg <sup>-1</sup> )
$(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{MM}$	NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from manure management (housing, including N input with bedding material; storage; application) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$(E_{NH_3-N} + E_{NO-N})_{graz}$	NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{excr}$	amount of N excreted in animal houses and during grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{straw}$	amount of N added by bedding (in Gg a <sup>-1</sup> N)

For the treatment of NO as a result of the application of animal manures and of grazing we refer to Chapters 10.2 bzw. 11.2.

$Frac_{GASM, Germany}$  is not a constant entity as the the input data vary with time.

Due to the differences of the  $Frac_{GASM}$  definitions discussed above it is not possible to use  $Frac_{GASM, Germany}$  in Equation 9 in IPCC (1996)-4.112 to check the indirect N<sub>2</sub>O emissions reported in the German inventory (see also Chapter 11.4.2.1).

Zu den NO-Emissionen infolge Wirtschaftsdünger-Ausbringung und Weidegang siehe Kapitel 10.2 bzw. 11.2.

Wegen der zeitlich variierenden Eingangsdaten ist  $Frac_{GASM, Germany}$  keine Konstante.

Wegen der oben genannten Unterschiede in den  $Frac_{GASM}$ -Definitionen ist es nicht möglich, durch Einsetzen von  $Frac_{GASM, Germany}$  in Gleichung 9 aus IPCC (1996b)-4.112 die im deutschen Inventar berichteten indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen nachzuvollziehen, siehe dazu Kapitel 11.4.2.1.

### 13.1.5 Fraction of livestock N excreted and deposited onto soil during grazing ( $Frac_{GRAZ}$ ) / Anteil des beim Weidegang ausgeschiedenen N an der Gesamtausscheidung von N ( $Frac_{GRAZ}$ )

$Frac_{GRAZ}$  is obtained using the following equation:

$Frac_{GRAZ}$  wird mit Hilfe der folgenden Beziehung berechnet:

$$Frac_{GRAZ} = \frac{m_{graz}}{m_{graz} + m_{yard} + m_{house}} \quad (13.4)$$

where

$Frac_{GRAZ}$	fraction of livestock N excreted and deposited onto soil during grazing
$m_{graz}$	amount of nitrogen excreted during grazing (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{yard}$	amount of nitrogen excreted in yards (including milking parlour) (in Gg a <sup>-1</sup> N)
$m_{house}$	amount of nitrogen excreted in the animal house (in Gg a <sup>-1</sup> N)

### 13.1.6 *Fraction of N input to soils that is lost through leaching and runoff ( $Frac_{LEACH}$ ) / Anteil des N-Eintrags in Böden, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren wird ( $Frac_{LEACH}$ )*

The amount of N liable to form N<sub>2</sub>O after leaching of N returned to soil or by runoff of surface waters is estimated in this inventory using a constant default value in accordance with IPCC(2006)-11.21 f.

Der Anteil an N, der durch Auswaschung oder Oberflächenabfluss von im Boden vorhandenem N zur Bildung von N<sub>2</sub>O verfügbar ist, wird nach IPCC(2006)-11.21 f. mit einem festen Wert angesetzt:

$$Frac_{LEACH} = \frac{m_{leach}}{m_{soil}} = 0.3 \text{ kg kg}^{-1} \quad (13.5)$$

where

$Frac_{LEACH}$	Fraction of N input to soils that is lost through leaching and runoff (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{leach}$	amount of N liable to N <sub>2</sub> O formation after leaching and run-off (in Gg a <sup>-1</sup> N), see Chapter 11.5.2.1
$m_{soil}$	total amount of N input available in the soil due to fertilizers, manure application, grazing, crop residues, and biological N fixation (in Gg a <sup>-1</sup> N), see Chapter 11.5.2.1

### 13.1.7 *Fraction of N in non-N-fixing crops ( $Frac_{NCR0}$ ) / N-Anteil in Pflanzen außer Leguminosen ( $Frac_{NCR0}$ )*

$Frac_{NCR0}$  is the fraction of nitrogen in non-N fixing plants without those parts which are removed from the field as crop product. It is calculated as weighted mean for cereals, rape, sugar and fodder beets, potatoes, grass and horticultural crops excluding peas and beans.

$Frac_{NCR0}$  beschreibt den N-Anteil an der Trockenmasse von nicht-N-fixierenden Pflanzen ohne Berücksichtigung der Ernteprodukte. Er wird als gewichtetes Mittel für Getreide, Raps, Zucker- und Futterrüben, Kartoffel, Gras und Gemüse ohne Erbsen und Bohnen ermittelt.



$$Frac_{NCR0} = \frac{Frac_{NCR0, AC} \cdot m_{AC} + Frac_{NCR0, HC} \cdot m_{HC}}{m_{AC} + m_{HC}} \quad (13.6)$$

$$Frac_{NCR0, AC} = \frac{\sum A_i \cdot y_i \cdot (a_{above, i} \cdot x_{N, above, i} + a_{below, i} \cdot x_{N, below, i})}{\sum A_i \cdot y_i \cdot (a_{above, i} + a_{below, i})} \quad (13.7)$$

$$Frac_{NCR0, HC} = \frac{\sum A_j \cdot y_j \cdot (a_i \cdot x_{N, j} + a_j \cdot x_{N, j} \cdot \delta_{HC} + x_{N, yield, j} \cdot \delta_{HC})}{\sum A_j \cdot y_j \cdot (a_j + a_j \cdot \delta_{HC} + \delta_{HC})} \quad (13.8)$$

where

$Frac_{NCR0}$	fraction of N in non-N-fixing agricultural and horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> )
$Frac_{NCR0, AC}$	fraction of N in non-N-fixing agricultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> )
$Frac_{NCR0, HC}$	fraction of N in non-N-fixing horticultural crops (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{AC}$	total mass of agricultural crops (in kg)
$m_{HC}$	total mass of horticultural crops (in kg)
$i$	running index for agricultural crops
$j$	running index for horticultural crops
$A_i$	area covered by crop i (in ha)
$y_i$	yield of crop i, in fresh matter (in kg ha <sup>-1</sup> )
$a_{above, i}$	ratio of above ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, above, i}$	N content of above ground residues of crop i, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$a_{below, i}$	ratio of below ground residues to crop yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, below, i}$	N content of below ground residues of crop i, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$a_j$	ratio of crop residues to crop yield of crop j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, j}$	N content of crop residues of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$x_{N, yield, j}$	N content of normally harvested parts of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$\delta_{HC}$	not harvested horticultural crops factor ( $\delta_{HC} = 20/80$ kg kg <sup>-1</sup> )

The relevant areas and yields are reported in the official statistics. All other parameters needed are listed in Table 11.2 and Table 11.3.

Flächen und Erträge werden dabei der amtlichen Statistik entnommen, alle anderen wesentlichen Größen sind in Table 11.2 und Table 11.3 aufgelistet.

### 13.1.8 Fraction of N in N-fixing crops ( $Frac_{NCRBF}$ ) / N-Anteil in Leguminosen ( $Frac_{NCRBF}$ )

$Frac_{NCRNF}$  is the fraction of nitrogen in N fixing plants without those parts which are removed from the field as crop product. It is calculated as weighted mean for legumes. Here, peas, broad beans, lupines, clover and clover-grass/clover-alfalfa mixtures, alfalfa, horticultural peas, French beans and runner beans are considered. The calculation procedure equals that described in Chapter 13.1.7. The same data source is used.

$Frac_{NCRBF}$  beschreibt den N-Anteil an der Trockenmasse von N-fixierenden Pflanzen ohne Berücksichtigung der Ernteprodukte. Er wird als gewichtetes Mittel für Leguminosen berechnet. Berücksichtigt werden Futtererbsen, Ackerbohnen, Gelblupinen, Klee, kleehaltige Gemische, Luzerne, Gemüseerbsen, Buschbohnen und Stangenbohnen. Das Rechenverfahren entspricht dem in Kapitel 13.1.7 beschriebenen, ebenso die Herkunft der benötigten Daten.

### 13.1.9 Fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product ( $Frac_{Remove}$ ) / Anteil der oberirdischen Biomasse, der als Ernteprodukt abgefahren wird ( $Frac_{Remove}$ )

The calculation of  $Frac_{Remove}$  is not described unambiguously in the underlying IPCC guidance documents: IPCC(2006)-11.15 does not give a calculation procedure.

CRF Table 4.D gives an inconsistent explanation. However, CRF Table 4.Ds2 contains the reasonable information "Fraction of total above-ground crop

Die Berechnung von  $Frac_{Remove}$  nach IPCC(2006)-11.15 ist nicht eindeutig beschrieben oder nicht unmittelbar einsichtig.

Die CRF-Tabelle 4.D gibt eine widersprüchliche Erklärung. Lediglich die aktuelle CRF-Tabelle 4.Ds2 gibt als sinnvolle Rechenvorschrift „den Anteil der oberirdischen Biomasse, die als Erntegut abgefahren

biomass that is removed from the field as a crop product". This serves as a basis for the calculation performed here.

The fraction mentioned can be assessed reasonably for those crops of which above ground crop products are removed. This inventory calculates  $Frac_{\text{Remove}}$  for cereals, rape, peas, beans, lupines, grass and ignores root crops and horticultural crops, the latter due to insufficient data.

For the assessment of  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from crop residues, the amounts of straw used as bedding have to be taken into account. They are quantified for each straw based system as described in the chapters on livestock production. However, these amounts are not considered as crop products.

$$Frac_{\text{Remove}} = Frac_{\text{R}} = \frac{\sum A_i \cdot y_i \cdot x_{\text{DM},i}}{\sum A_i \cdot y_i \cdot x_{\text{DM},i} \cdot (1 + a_{\text{above},i})} \quad (13.9)$$

where

$Frac_{\text{Remove}}$	fraction of total above-ground crop biomass that is removed from the field as a crop product (in kg kg <sup>-1</sup> )
$i$	running index for agricultural crops
$A_i$	area covered by crop $i$ (in ha)
$y_i$	yield of crop $i$ (in kg ha <sup>-1</sup> )
$x_{\text{DM},i}$	dry matter content of crop $i$ (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{\text{above},i}$	ratio of above ground residues to crop yield of crop $i$ (in kg kg <sup>-1</sup> )

### 13.2 Tables volume: tables related to chapters 13.1.1 to 13.1.9/ Tabellenband: Tabellen zu den Kapiteln 13.1.1 to 13.1.9

Table 13.1: Fractions  $Frac_x$ , related tables provided with the data CD

$Frac_{\text{GASF}}$	AI1001.01
$Frac_{\text{GASM}}$	AI1001.02
$Frac_{\text{GRAZ}}$	AI1001.03
$Frac_{\text{LEACH}}$	AI1002.01
$Frac_{\text{NCR0}}$	AI1002.02
$Frac_{\text{NCRBF}}$	AI1002.03
$Frac_{\text{R}}$	AI1002.04

### 13.3 Intercomparison with results from neighbouring countries / Vergleich mit Ergebnissen benachbarter Staaten

In Table 13.2 the fractions  $Frac_{\text{GASF}}$ ,  $Frac_{\text{GASM}}$ ,  $Frac_{\text{GRAZ}}$ ,  $Frac_{\text{LEACH}}$ ,  $Frac_{\text{NCR0}}$ ,  $Frac_{\text{NCRBF}}$  and  $Frac_{\text{Remove}}$  obtained for Germany are compared with those reported for adjoining countries and countries, whose agricultural practice can be compared to German conditions.

wird“ an.

Dieser Anteil lässt sich für diejenigen Feldfrüchte sinnvoll bestimmen, die oberirdische Früchte ausbilden.  $Frac_{\text{Remove}}$  wird in diesem Inventar für Getreide, Raps, Erbsen, Bohnen, Lupinen und Gräser berechnet. Hackfrüchte und Gemüse werden nicht berücksichtigt, letztere wegen unzureichender Datengrundlage.

Bei der Berechnung der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Ernterückständen werden die Strohmenngen, die als Einstreu dienen, berücksichtigt. Sie werden für jedes strohgebundene Verfahren berechnet. Einzelheiten sind für jede Tierkategorie in den Kapiteln zur Tierproduktion aufgeführt. Diese Mengen werden nicht als Ernteprodukte bewertet.

In Table 13.2 sind die für Deutschland ermittelten Anteile  $Frac_{\text{GASF}}$ ,  $Frac_{\text{GASM}}$ ,  $Frac_{\text{GRAZ}}$ ,  $Frac_{\text{LEACH}}$ ,  $Frac_{\text{NCR0}}$ ,  $Frac_{\text{NCRBF}}$  und  $Frac_{\text{Remove}}$  den Ergebnissen solcher Staaten, die benachbart sind oder deren landwirtschaftliche Praxis mit der deutschen vergleichbar ist, gegenüber gestellt.

Table 13.2: Fractions  $Frac_x$ , intercomparison of fractions explaining direct and indirect  $N_2O$  emissions (Germany: submission 2011, all other countries: submission 2010)

	$Frac_{GASF}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{GASM}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{GRAZ}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{LEACH}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{NCR0}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{NCRBF}$ kg kg <sup>-1</sup>	$Frac_{Remove}$ kg kg <sup>-1</sup>
Austria	0.035	0.270	0.058	0.30	0.009	0.026	0.340
Belgium	0.033	0.210	0.310	0.14	0.015	0.030	0.490
Czech Republic	0.100	0.200	0.200	0.30	0.020	0.030	0.450
Denmark	0.018	0.190	0.090	0.33	0.017	0.039	0.730
Germany	0.054	0.305 <sup>1</sup>	0.121	0.30	0.020	0.043	0.552
France	0.100	0.200	0.410	0.30		0.030	
Netherlands	0.035	0.176	0.174	0.30			
Poland	0.100	0.200	0.060	0.30	0.014	0.027	0.440
Switzerland	0.045	0.320	0.190	0.20	0.015	0.023	0.710
United Kingdom	0.100 <sup>2</sup>	0.200 <sup>2</sup>	0.520 <sup>2</sup>	0.30 <sup>2</sup>	0.015 <sup>2</sup>	0.030 <sup>2</sup>	0.450 <sup>2</sup>
IPCC(2006)-11.11, 11.24	0,100	0,200	0.02 / 0.01	0,30	NA	NA	NA
IPCC(1996)-3-4.94, 4.104, 4.106	0,100	0,200	0.0200	0,30	0,015	0,030	0,450

Source: UNFCCC (2010), Table 4.Ds2

<sup>1</sup>  $Frac_{GASM}$ , Germany, see Chapter 13.1.4.

<sup>2</sup> reported in submission 2009, CRF Table 4.Ds2

The scatter in  $Frac_{GASF}$  can be related to the use of urea. However, data on the frequency distribution of the application of the various mineral fertilizers are not available.

For problems with respect to a consistent definition of  $Frac_{GASM}$  see Chapter 13.1.4.

The scatter for  $Frac_{Remove}$  is attributed to differences in the interpretation of the guidance documents.

Die Streuung bei  $Frac_{GASF}$  kann möglicherweise auf unterschiedliche Anteile von Harnstoff zurück geführt werden. Die zur Beurteilung erforderlichen Daten sind jedoch nicht verfügbar.

Zu Problemen hinsichtlich einer konsistenten Definition von  $Frac_{GASM}$  siehe Kapitel 13.1.4.

Die Streuung von  $Frac_{Remove}$  wird auf unterschiedlich interpretierte Rechenweisen zurückgeführt.

## 14 Assessment of the uncertainties of the emission inventory / Bestimmung der Unsicherheiten des Emissionsinventars

The assessment of the overall uncertainty of the emissions of a chemical species is achieved by combining the uncertainties of the respective implied emission factors (IEF) and activities (animal numbers, areas). However, the overall complexity of the emission calculations proves to be quite a problem with respect to a direct derivation of uncertainties of the IEF from the uncertainties of the partial emission factors involved in the calculation procedures.

The following chapters discuss the uncertainties of all relevant implied emission factors. As far as possible at the time being, uncertainties are estimated using a Gaussian error propagation calculation (see Chapter 14.1). This presupposes the (simplifying) assumption that the input data show normal frequency distributions. However, this is in line with the Tier 1 approach recommended in the IPCC (2000) chapter "Quantifying Uncertainties in Practice".

A separate chapter combines the uncertainties of the implied emission factors to assess the overall uncertainty of the greenhouse gas emissions reported for the German agriculture. Again, calculations follow the recommendations of the IPCC (2000) chapter "Quantifying Uncertainties in Practice".

Die Unsicherheiten (Betrag und Verteilungstyp) von effektiven Emissionsfaktoren (IEF) werden – neben der Unsicherheit der Aktivität (Tierzahl, Fläche) – zur Beurteilung der Unsicherheit der nationalen Gesamtemission einer Spezies benötigt. Dabei steht vielfach die Komplexität der Emissionsberechnung einer direkten Ableitung der IEF-Unsicherheiten aus den Unsicherheiten der partiellen Emissionsfaktoren entgegen.

Die nachfolgenden Kapitel gehen auf die Unsicherheiten aller relevanten effektiven Emissionsfaktoren ein. Soweit derzeit möglich wird eine Schätzung auf Grundlage der Gaußschen Fehlerrechnung (s. Kapitel 14.1) vorgenommen. Dazu wird vereinfachend vorausgesetzt, dass die eingehenden Größen normalverteilt sind. Dies entspricht dem in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebenen Stufe-1-Verfahren.

Aufbauend auf den Unsicherheiten der effektiven Emissionsfaktoren wird in einem separaten Kapitel die Unsicherheit des Treibhausgas-Inventars der deutschen Landwirtschaft behandelt. Dies erfolgt ebenfalls auf Grundlage der Ausführungen in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“.

### 14.1 Gaussian error propagation / Gaußsche Fehlerfortpflanzung

In the following chapters, the absolute uncertainty of an entity  $y$  is described using the standard error  $s(y)$  (see context of Equation 6.3 in IPCC, 2000).

The standard error  $s(y)$  of an entity  $y$  which is calculated from more than one entity  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), is derived from the uncertainties of the input data  $s(x_i)$  using the Gaussian error propagation procedure as follows:

$$s(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot s(x_i) \right)^2} \quad (14.1)$$

The relative uncertainty  $u(y)$  is defined as

$$u(y) = \frac{s(y)}{y} \quad (14.2)$$

This leads to the method describing the aggregation of relative uncertainties  $u_{x,i} = s_{x,i}/x_i$ , whenever  $y$  is the sum of  $n$  entities  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) (IPCC, 2000, Equation (6.3)):

Im Folgenden wird die absolute Unsicherheit einer Größe  $y$  durch den Standardfehler  $s(y)$  beschrieben (vgl. Kontext zu Gleichung 6.3 in IPCC, 2000).

Der Standardfehler  $s(y)$  einer Größe  $y$ , die sich aus mehreren Größen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) berechnet, ergibt sich nach dem Gaußsche Fehlerfortpflanzungsgesetz aus den Unsicherheiten  $s(x_i)$  der eingehenden Größen:

Für die relative Unsicherheit  $u(y)$  gilt:

Hieraus folgt die in IPCC (2000) angegebene Regel (Equation (6.3)) zur Aggregation von relativen Unsicherheiten  $u_{x,i} = s_{x,i}/x_i$ , wenn  $y$  eine Summe aus  $n$  Größen  $x_i$  ist ( $i = 1, 2, \dots, n$ ):

$$u(y) = \frac{\sqrt{[u(x_1) \cdot x_1]^2 + [u(x_2) \cdot x_2]^2 + \dots + [u(x_n) \cdot x_n]^2}}{x_1 + x_2 + \dots + x_n} \quad (14.3)$$

This method can be generalized, so that negative entities  $x_i$  can also be dealt with. In this case the term underneath the radical sign remains unchanged, whereas in the denominator the respective sign becomes negative.

If  $y$  is a product from  $n$  entities  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), the error propagation is calculated as in IPCC (2006), Equation (6.4):

$$u(y) = \sqrt{[u(x_1)]^2 + [u(x_2)]^2 + \dots + [u(x_n)]^2} \quad (14.4)$$

This procedure is valid without change if one or more  $x_i$  are divisors.

When the function  $y$  becomes a function  $y' = c \cdot y$  by multiplying with a constant factor  $c$ , the absolute uncertainty calculated using Equation (15.1) becomes  $s(y') = c \cdot s(y)$ . Hence, Equation (15.2) leads to the conclusion that the relative uncertainty of  $y'$  equals that of  $y$ :  $u(y') = u(y)$ . This is made use of in Chapter 14.6.

Any calculation combining the basic arithmetical operations can be dealt with by application of a combination of the error propagation methods described above. However, this leads to an approximation to the correct value only that would be obtained from a strict application of Equation (15.1).

Hence, the Gaussian error propagation calculation is carried out using Equation (15.1) unless otherwise stated.

Diese Regel lässt sich verallgemeinern, so dass auch negative  $x_i$  berücksichtigt werden können. Dazu bleibt der Ausdruck unter der Wurzel unverändert, während im Nenner an entsprechender Stelle das negative Vorzeichen einzusetzen ist.

Wenn  $y$  ein Produkt aus  $n$  Größen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) ist, ergibt sich die in IPCC (2000) als Gleichung (6.4) angegebene Regel:

Diese Regel gilt ohne Veränderung auch für den Fall, dass ein oder mehrere  $x_i$  als Divisoren auftreten.

Wird Funktion  $y$  durch Multiplikation mit einer Konstanten  $c$  zur Funktion  $y' = c \cdot y$ , so ergibt sich aus Gleichung (15.1) die absolute Unsicherheit mit  $s(y') = c \cdot s(y)$ . Damit folgt schließlich aus Gleichung (15.2), dass die relative Unsicherheit von  $y'$  gleich derjenigen von  $y$  ist:  $u(y') = u(y)$ . Hiervon wird in Kapitel 14.6 Gebrauch gemacht.

Soll für eine Berechnung, in der die vier Grundrechenarten kombiniert sind, eine Fehlerfortpflanzungsrechnung durchgeführt werden, ist eine Kombination der oben angeführten Regeln möglich. Das Ergebnis ist allerdings nur eine Näherung des korrekten Ergebnisses nach Gleichung (15.1).

Wenn nicht anders erwähnt, wird im Folgenden die Gaußsche Fehlerrechnung in Form von Gleichung (15.1) angewendet.

## 14.2 Uncertainty of the implied emission factors for methane / Unsicherheit der effektiven Emissionsfaktoren für Methan

### 14.2.1 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation see also Chapter 3.3. The assessment of the respective uncertainty using the Gaussian error propagation calculation remains problematic as not all input data can be characterized by adequate uncertainties. Hence, the uncertainty of the emission factor is fixed to 20 % in accordance with IPCC(2006)-10.33 (30 % for sheep and goats).

Die Berechnung von Methanemissionen aus der Verdauung erfolgt nach Kapitel 3.3. Die Ermittlung der Unsicherheit des Emissionsfaktors ist mit Hilfe der Gaußschen Fehlerfortpflanzungsrechnung problematisch, da nicht für alle eingehenden Größen Unsicherheiten bekannt sind. Daher wird entsprechend der Diskussion in IPCC(2006)-10.33 eine Unsicherheit des Emissionsfaktors von 20 % angesetzt (30 % for Schafe und Ziegen).

### 14.2.2 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of methane emissions from manure management follows IPCC(2006)-10.37, see also Chapter 3.4.3. Again, many of the input data cannot

Zur Berechnung von Methanemissionen aus der Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 3.4.3. Nicht für alle eingehenden Größen sind Unsicherheiten

be characterized by their uncertainties. Hence, a Gaussian error propagation cannot be applied. Instead, the uncertainty of 20 % as recommended by IPCC(2006)-10.48 is used.

ten bekannt, so dass die Gaußschen Fehlerfortpflanzungsrechnung nicht angewendet werden kann. Es wird stattdessen nach IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit von 20 % angesetzt.

### 14.3 Uncertainties of the implied emission factors for N<sub>2</sub>O / Unsicherheiten der effektiven Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O

#### 14.3.1 Uncertainty of the IEF for N<sub>2</sub>O from manure management / Unsicherheit des IEF für N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of the relative uncertainties of IEF for N<sub>2</sub>O emissions from manure management makes use of a Gaussian error propagation calculation on the national scale. The methodology described below is applicable to each animal category.

The N<sub>2</sub>O emission factors used in the inventory are related to the amount of N excreted. Hence, the implied emission factor (IEF) which is related to the animal place is given by:

$$IEF_{N_2O-N, MM} = N_{\text{housing}} \cdot EF_{N_2O-N, MM} \quad (14.5)$$

where

$IEF_{N_2O-N, MM}$	implied N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$N_{\text{housing}}$	N excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$EF_{N_2O-N, MM}$	partial N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management, related to N (in kg kg <sup>-1</sup> N)

Then, according to Chapter 14.1, the relative uncertainty of the IEF is given by:

Nach Kapitel 14.1 gilt dann für die relative Unsicherheit des IEF:

$$u(IEF_{N_2O-N, MM}) = \sqrt{u^2(N_{\text{housing}}) + u^2(EF_{N_2O-N, MM})} \quad (14.6)$$

where

$u(IEF_{N_2O-N, MM})$	relative uncertainty of the implied N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg kg <sup>-1</sup> )
$u(N_{\text{housing}})$	relative uncertainty of the amount of N excreted in the house (in kg kg <sup>-1</sup> )
$u(EF_{N_2O-N, MM})$	relative uncertainty of the partial N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg kg <sup>-1</sup> N)

The data provided in IPCC(2006)-10.67 describing N losses from manure storage are used to quantify the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factors. "Anaerobic lagoons" are not accounted for in Germany. Hence, the uncertainty of the partial emission factor for N<sub>2</sub>O-N is fixed to 50 %. This value is considered an upper limit for all animal categories.

For the N excretions an uncertainty of < 10 % can be assumed. This can be backed up with the results of a model intercomparison (Dämmgen and Lüttich, 2005, Table 2). The inventory uses a relative uncertainty  $u(N) = 0.1$ .

This leads to a relative uncertainty of  $u(IEF_{N_2O-N, storage}) = 51$  %. The preceding calculations do not allow to deduce the shape of the statistical distribution

Die in IPCC(2006)-10.67 angegebenen N-Verluste aus dem Wirtschaftsdünger-Lager werden als Maß für die Unsicherheit auch der N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren verwendet. Unter Vernachlässigung der in Deutschland nicht berücksichtigten „anaerobic lagoon“ folgt eine Unsicherheit des partiellen Emissionsfaktors für N<sub>2</sub>O-N von 50 % (als oberer Schwellenwert für alle Tierkategorien).

Für die N-Ausscheidungen wird nach einem Modellvergleich (Dämmgen und Lüttich, 2005, Tabelle 2) von einem Wert < 10 % ausgegangen. Das Inventar verwendet  $u(N) = 0.1$ .

Damit ergibt sich eine relative Unsicherheit des IEF von  $u(IEF_{N_2O-N, storage}) = 51$  %. Die Berechnung lässt keinen Schluss auf die Form der statistischen

of the IEF. A standard error in the order of magnitude of  $u(IEF_{N_2O-N, storage})$  suggests that the distribution is not symmetric. It is assumed that the distribution can be described adequately using a lognormal distribution.

For the calculation of the uncertainty of the total GHG inventory the characterization of half the the 95 % confidence interval is needed. A value of 100 % is considered appropriate.

Verteilung des IEF zu. Ein Standardfehler in der Höhe von  $u(IEF_{N_2O-N, storage})$  legt allerdings nahe, dass es sich nicht um eine symmetrische Verteilung handelt. Es wird angenommen, dass die Verteilung sich durch eine lognormale Verteilung annähern lässt.

Zur Charakterisierung des halben 95 %-Konfidenzintervalles in der Berechnung der Unsicherheit des Gesamt-THG-Inventars wird ein Wert von 100 % als angemessen angesehen.

#### **14.3.2      Uncertainty of the IEF for N<sub>2</sub>O from agricultural soils / Unsicherheit des IEF für N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlichen Böden**

##### **14.3.2.1      Direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils / Direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden**

Direct N<sub>2</sub>O emissions are subdivided in the following groups (in accordance with the organisation of CRF Table 4.Ds1):

- application of mineral fertilizer,
- application of animal manures,
- N fixation by legumes,
- crop residues,
- cultivation of histosols,
- animal grazing,
- application of sewage sludge.

For the sectors to be reported, standard emission factors according to IPCC (2006)-11.11 are used. Uncertainties for these emission factors are also provided in this document. However, the uncertainties are not symmetric with respect to the mean. A lognormal distribution is assumed. In this case, IPCC(2000)-6.14 proposes to use the higher percentage between mean and the limits of confidence. The resulting uncertainties are given in Table 14.2.

Die direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen werden in die folgenden Gruppen unterteilt (Gliederung entsprechend CRF-Tabelle 4.Ds1):

- Anwendung von Mineraldünger,
- Wirtschaftsdünger-Ausbringung,
- N-Fixierung durch Leguminosen,
- Ernterückstände,
- Bewirtschaftung organischer Böden,
- Weidegang,
- Ausbringung von Klärschlamm.

Für die zu berichtenden Bereiche werden Standard-Emissionsfaktoren nach IPCC (2006)-11.11 verwendet, für die an gleicher Stelle auch Unsicherheitsbereiche angegeben werden. Die Unsicherheitsbereiche sind nicht symmetrisch zum Mittelwert; es ist von lognormalen Verteilungen auszugehen. Daher wird entsprechend der Empfehlung in IPCC (2000)-6.14, die größere Prozentzahl zwischen Mittelwert und Konfidenzgrenze verwendet, s. Table 14.2.

##### **14.3.2.2      Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden**

Indirect emissions originate from the deposition of reactive nitrogen as well as from run-off and leaching of N.

We refer to Chapters 12.4.2.2 and 11.5.2.2 for the uncertainties listed in Table 14.2.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen entstehen infolge von Deposition von reaktivem Stickstoff, sowie aus ausgewaschenem und abgeflussem N.

Zu den in Table 14.2 eingehenden Unsicherheiten siehe Kapitel 11.4.2.2 und 11.5.2.2.

#### **14.4      Uncertainty of the IEF for NO and N<sub>2</sub> from storage / Unsicherheit des IEF für NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager**

For the calculation of relative uncertainties of the implied emission factors for NO and N<sub>2</sub> from storage the procedure described for N<sub>2</sub>O in Chapter 14.3.1 is used by analogy.

The relative uncertainties of the partial emission

Die relative Unsicherheit der effektiven Emissionsfaktoren (IEF) für NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Lager wird analog zu dem in Kapitel 14.3.1 beschriebenen N<sub>2</sub>O-Verfahren berechnet.

Die relative Unsicherheit der partiellen Emissions-

factors for NO and N<sub>2</sub> are estimated to be 50 % (as for N<sub>2</sub>O). The calculations yield an IEF of NO between 51.0 % (cattle) and 51.5 % (pigs) and an IEF of N<sub>2</sub> between 51.1 % (dairy cows, heifers) and 55.2 % (sows, boars).

The calculations do not allow to deduce the shape of the statistical distribution of the IEF. However, a standard error in the order of magnitude as calculated for NO and N<sub>2</sub> suggests that the distribution is not symmetric. It is assumed that the distribution can be described adequately using a lognormal distribution.

faktoren für NO und N<sub>2</sub> wird wie die bei N<sub>2</sub>O mit 50 % eingeschätzt. Für den NO-IEF ergibt sich damit eine Spanne zwischen 51,0 % (Rinder) bis 51,5 % (Schweine), für den N<sub>2</sub>-IEF zwischen 51,1 % (Milchkühe, Färsen) bis 55,2 % (Sauen, Eber).

Die Berechnungen lassen keinen Schluss auf die Form der statistischen Verteilung des IEF zu. Die berechneten Standardfehler legen allerdings nahe, dass es sich nicht um eine symmetrische Verteilung handelt. Es wird angenommen, dass die Verteilung sich durch eine lognormale Verteilung annähern lässt.

#### 14.5 Uncertainty of the implied emission factor for NH<sub>3</sub> from housing and animal waste management / Unsicherheit des effektiven Emissionsfaktors für NH<sub>3</sub> aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement

The derivation of a procedure for the assessment of the relative uncertainty of the implied emission factor for NH<sub>3</sub> from housing and manure management ( $IEF_{NH_3-N, total}$ ) is achieved as in Chapter 14.3.1. As NH<sub>3</sub> emissions occur from three locations that are inter-linked in the N flow system and as the emissions from storage of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> have to be considered in addition, a more complex equation than the one given in Chapter 14.3.1 results.

In order to simplify the style of the equation, indices are introduced to denote the origin of the emission from the house (1), the storage system (2) and the application of manures (3):

Die Ableitung eines Verfahrens zur Berechnung der relativen Unsicherheit des effektiven Emissionsfaktors für NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement ( $IEF_{NH_3-N, total}$ ) erfolgt analog zur Ableitung in Kapitel 14.3.1. Da NH<sub>3</sub>-Emissionen aus drei Bereichen zu berücksichtigen sind, die über das N-Fluss-Schema in Verbindung stehen, und außerdem noch die Emissionen von N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager zu berücksichtigen sind, ergibt sich eine komplexere Formel als für N<sub>2</sub>O in Kapitel 14.3.1.

Zur Vereinfachung der Schreibweise werden im Folgenden die Indizes 1 für Stall, 2 für Lager und 3 für Ausbringung verwendet:

$$IEF_{NH_3-N, total} = IEF_{NH_3-N, 1} + IEF_{NH_3-N, 2} + IEF_{NH_3-N, 3} \quad (14.7)$$

where

$IEF_{NH_3-N, total}$	sum of implied NH <sub>3</sub> -N emission factors (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$IEF_{NH_3-N, j}$	implied NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)

Each implied emission factor is defined as

Dabei ist jeder IEF wie folgt definiert:

$$IEF_{NH_3-N, j} = TAN_j \cdot EF_{NH_3-N, j} \quad (14.8)$$

where

$IEF_{NH_3-N, j}$	implied NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)
$TAN_j$	TAN entering compartment j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)
$EF_{NH_3-N, j}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)

The amounts of TAN are

Für die TAN-Mengen gilt:

$$TAN_2 = TAN_1 \cdot (1 - EF_{NH_3-N, 1}) \quad (14.9)$$

where

$TAN_2$	TAN entering storage from housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)
$TAN_1$	TAN as excreted by an animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)
$EF_{NH_3-N, 1}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for housing, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)



$$TAN_3 = TAN_2 \cdot (1 - EF_{NH_3-N, 2} - ef_2) \quad (14.10)$$

where

$TAN_3$	TAN before spreading (kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)
$TAN_2$	TAN entering storage from housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)
$EF_{NH_3-N, 2}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$ef_2$	sum of the partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)

The resulting implied emission factor for NH<sub>3</sub> emissions from housing and management is

Hieraus folgt schließlich für den effektiven Emissionsfaktor für NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngermanagement:

$$IEF_{NH_3-N, total} = TAN_1 \cdot \left[ \begin{aligned} &(EF_{NH_3-N, 1} + EF_{NH_3-N, 2} + EF_{NH_3-N, 3}) + (EF_{NH_3-N, 1} \cdot EF_{NH_3-N, 2} \cdot EF_{NH_3-N, 3}) \\ &- (EF_{NH_3-N, 1} \cdot EF_{NH_3-N, 2} + EF_{NH_3-N, 2} \cdot EF_{NH_3-N, 3} + EF_{NH_3-N, 1} \cdot EF_{NH_3-N, 3}) \\ &- (1 - EF_{NH_3-N, 1}) \cdot ef_2 \cdot EF_{NH_3-N, 3} \end{aligned} \right] \quad (14.11)$$

where

$IEF_{NH_3-N, total}$	sum of implied NH <sub>3</sub> -N emission factors (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$TAN_1$	TAN as excreted by an animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)
$EF_{NH_3-N, j}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)
$ef_2$	sum of the partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)

Its absolute uncertainty amounts to

Für die absolute Unsicherheit gilt:

$$s(IEF_{NH_3-N, total}) = \sqrt{\left( \frac{\partial IEF_{NH_3-N, total}}{\partial TAN_1} \cdot s(TAN_1) \right)^2 + \sum_{j=1}^3 \left( \frac{\partial IEF_{NH_3-N, total}}{\partial EF_{NH_3-N, j}} \cdot s(EF_{NH_3-N, j}) \right)^2 + \left( \frac{\partial IEF_{NH_3-N, total}}{\partial ef_2} \cdot s(ef_2) \right)^2} \quad (14.12)$$

where

$s(IEF_{NH_3-N, total})$	uncertainty of the total implied NH <sub>3</sub> -N emission factor (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$TAN_1$	TAN as excreted by an animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> TAN)
$EF_{NH_3-N, j}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage, j = 3: spreading)
$s(EF_{NH_3-N, j})$	uncertainty of the partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$ef_2$	sum of the partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$s(ef_2)$	uncertainty of the sum of the partial emission factors for N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> from storage, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> N)

According to Chapter 14.1, the relative uncertainty is

Die relative Unsicherheit folgt dann entsprechend Kapitel 14.1 aus

$$u(IEF_{NH_3-N, total}) = \frac{s(IEF_{NH_3-N, total})}{IEF_{NH_3-N, total}} \quad (14.13)$$

where

$u(IEF_{NH_3-N, total})$	relative uncertainty of the total implied NH <sub>3</sub> -N emission factor (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$s(IEF_{NH_3-N, total})$	uncertainty of the total implied NH <sub>3</sub> -N emission factor (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$IEF_{NH_3-N, total}$	sum of implied NH <sub>3</sub> -N emission factors (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The partial emission factors for  $\text{NH}_3$ -N from housing, storage and application of manure as well as the emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage are integrated in the calculation of the uncertainty. The respective amounts are obtained from aggregated emission assessments on the national scale. The same applies to the amounts of TAN in the house.

The relative uncertainties of the partial emission factors for  $\text{NH}_3$  are fixed to 30 % according to EMEP (2007)-B1090-19.

The relative uncertainties of the sum of the emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  equals that of  $\text{N}_2\text{O}$  and is fixed to 50 % as in Chapter 14.3.1.

The relative uncertainty of the TAN inputs to the house are assumed to be 10 % (see Chapter 14.3.1).

The calculated combined relative uncertainties (for housing, storage and application) are listed in Table 14.1. The data shown here are based in the 2008 data sets. For mules and asses the results calculated for light horses are adopted.

The frequency distribution of the uncertainties can be assumed to be normal due to the numerous data influencing the results.

In die Unsicherheitsberechnung gehend die partiellen Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ -N aus Stall, Lager, und Ausbringung sowie für die Summe von  $\text{N}_2\text{O}$ -N, NO-N und  $\text{N}_2$  aus dem Lager ein. Sie werden auf nationaler Ebene wie aus den aggregierten Ergebnissen der Emissionsberechnungen ermittelt. Gleiches gilt für den TAN-Mengen im Stall.

Die relativen Unsicherheiten der partiellen Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$  werden mit 30 % angesetzt (EMEP 2007-B1090-19).

Die relative Unsicherheit der Summe der partiellen Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ -N, NO-N und  $\text{N}_2$  aus dem Lager wird wie die relative Unsicherheit für  $\text{N}_2\text{O}$  in Kapitel 14.3.1 mit 50 % angesetzt.

Für die relative Unsicherheit der TAN-Einträge werden 10 % angenommen (vgl. Kapitel 14.3.1).

Die berechneten relativen Unsicherheiten (Stall, Lager und Ausbringung zusammengefasst) sind in Table 14.1 aufgeführt. Die Ergebnisse beruhen auf den Daten des Jahres 2008. Für Esel und Maultiere wird das Ergebnis für Kleinpferde und Ponys übernommen.

Die Verteilung der Unsicherheiten kann wegen der Vielzahl der eingehenden Einflussfaktoren als normal angenommen werden.

Table 14.1: Uncertainty of the implied emission factor for  $\text{NH}_3$  from manure management (in %) (for details see text)

dairy cows 22.0	calves 18.1	heifers 21.1	bulls (male beef cattle) 24.3	suckler cows 19.6	bulls (mature males) 20.5
sows 19.4	weaners 19.5	fattening pigs 19.5	boars 19.4		
sheep 22.5	goats 20.1	heavy horses 16.4	light horses 16.5	mules, asses 16.5	buffalo 20.6
laying hens 18.5	broilers 19.5	pullets 20.6	geese 17.5	ducks 20.1	turkeys 16.5

## 14.6 Uncertainty of the German agricultural green house gas inventory / Unsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars

### 14.6.1 Uncertainty table according to IPCC (2000) Tier 1 methodology / Unsicherheitstabelle gemäß IPCC (2000) Stufe-1-Verfahren

In parallel to the establishment of the inventory, an assessment of the total uncertainty of the German agricultural emission inventory was performed (see Table 14.2).

The methodology is based on the Tier 1 approach described in "Quantifying Uncertainties in Practice" in IPCC (2000) (IPCC, 2000, Chapter 6.3.2 and Table 6.1). It is based on a consistent application of the Gauss error propagation calculus. However, it does not consider the fact that this error propagation calculus presupposes a normal distribution of deviations; this is not the case for several activity data and emission factors. In addition, the Gauss error propagation calculus is designed to use standard errors. In contrast to this, the IPCC (2000) approach in "Quantifying Uncertainties in Practice" requires half the 95 % confidence interval as input variable (see pg 6.14 in the context to columns E and F). For normally distributed data this corresponds approximately to double the standard error. However, it can be shown, that the rules of the Gaussian calculus can be extended to deal with multiples of the standard error (cf. Equations 6.3 and 6.4 in IPCC, 2000).

Hence, the calculation of the overall uncertainty of the German agricultural greenhouse gas inventory uses twice the standard errors (expressed as percent of the mean) when dealing with entities distributed normal.

For asymmetric distributions IPCC (2000) stipulates in "Quantifying Uncertainties in Practice" (pg 6.14) that in Tier 1 approaches the larger of the two differences between the 2.5 % percentile and the mean and the 97.5 % percentile be used. This claim was translated into action.

For the relative uncertainties listed in Table 14.2 of the activity data and emission factors see Chapters 14.6.2 and 14.6.3.

Emissions of the single greenhouse gases in Table 14.2 were transformed in CO<sub>2</sub> equivalents using the global warming potentials (GWP) passed forward by the German Federal Environment Agency, i.e. 21 kg kg<sup>-1</sup> for CH<sub>4</sub>, and 310 kg kg<sup>-1</sup> for N<sub>2</sub>O.

Table 14.2 contains the various input data and their uncertainties (expressed as half the 95 % confidence interval) as well as intermediate results obtained during the calculation of the overall uncertainty of the agricultural greenhouse gas emission inventory.

Note that in contrast to the results reported in the last year's inventory (Haenel et al., 2010) Table 14.2 does not consider CO<sub>2</sub> emissions. This is due to the fact that CO<sub>2</sub> emissions are reported in the reporting

Parallel zu den Emissionberechnungen wurde eine Berechnung der Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars vorgenommen, s. Table 14.2.

Grundlage war das in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebene Stufe-1-Verfahren (IPCC, 2000, Kapitel 6.3.2 und Table 6.1). Es beruht auf durchgängiger Anwendung der Gaußschen Fehlerrechnung. Per Konvention bleibt unberücksichtigt, dass das Verfahren Normalverteilung der Abweichungen voraussetzt, eine Forderung, die von einigen Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren nicht erfüllt wird. Überdies arbeitet die Gaußschen Fehlerrechnung mit Standardfehlern. Im Gegensatz dazu verlangt das in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebene Verfahren (s. S. 6.14 im Absatz zu den Spalten E und F) die Eingabe des halben 95 %-Konfidenzintervalles, was bei einer Normalverteilung etwa dem Zweifachen des Standardfehlers entspricht. Es lässt sich allerdings zeigen, dass die Rechenregeln der Gaußschen Fehlerrechnung (vgl. Gleichung 6.3 und Gleichung 6.4 in IPCC, 2000) auch für Vielfache des Standardfehlers gelten. Dementsprechend wurden für die Berechnung der Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars im Falle von normalverteilten Größen als Unsicherheit das Zweifache des Standardfehlers eingegeben (in Prozent des Mittelwertes).

Für asymmetrische Verteilungen schreibt IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ (S. 6.14) vor, dass bei Anwendung der Stufe-1-Methode von den beiden Intervallen [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] das größere zu verwenden ist. Diese Forderung wurde umgesetzt.

Zu den in Table 14.2 eingesetzten relativen Unsicherheiten der Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren siehe Kapitel 14.6.2 und 14.6.3.

Die Umrechnung der Treibhausgas-Emissionen in Table 14.2 in CO<sub>2</sub>-Äquivalente wurde entsprechend der Vorgabe des Umweltbundesamtes mit folgenden Umrechnungsfaktoren (GWP) durchgeführt: 21 kg kg<sup>-1</sup> für CH<sub>4</sub> und 310 kg kg<sup>-1</sup> für N<sub>2</sub>O.

Table 14.2 zeigt die die verschiedenen Eingabedaten (dabei Unsicherheiten in Form des halben 95 %-Konfidenzintervalles) sowie Zwischenergebnisse zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars.

Zu beachten ist, dass im Gegensatz zur Darstellung im Vorjahr (vgl. Haenel et al., 2010) keine CO<sub>2</sub>-Emissionen mehr berücksichtigt werden, da CO<sub>2</sub>-Emissionen im Berichtssektor 5 (LULUCF) berichtet

sector 5 (LULUCF).

The overall uncertainty is expressed as percentage of the total emissions in 2009, and is listed at the very bottom of column H. It was obtained from the partial uncertainties listed in column H using the summation rule of the Gaussian calculus (cf Equation 15.3). The comparison of the entries in column H reveals that the overall uncertainty of the agricultural greenhouse gas inventory is caused mainly by the uncertainties connected to N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils.

The total uncertainty of the GHG inventory of the German agriculture has increased by about a factor 2 compared to the result given in the last year's report (Haenel et al., 2010). To a large extent, this increase is due to the use of a 3.3-fold increased emission factor for leaching and run-off (see Chapter 11.5.2.2), to the higher uncertainty of this emission factor, and to the increased emissions caused by the increased emission factor.

The percentage uncertainties of the trends of the overall emissions from German agriculture is given at the bottom of column M. The calculation procedure applied equals that described for column H.

Due to the modification of the calculation of N<sub>2</sub>O emissions from leaching and run-off as well as the elimination of CO<sub>2</sub> from the total GHG uncertainty assessment, the uncertainty of the trend increases to about 150 % of the value reported in the last year's inventory (Haenel et al., 2010).

werden.

Die Gesamtunsicherheit (als prozentualer Anteil der Gesamtemission des Jahres 2009) findet sich in Spalte H ganz unten. Sie ergibt sich entsprechend der Summenregel der Gaußschen Fehlerrechnung (s. Gleichung 15.3) aus den in Spalte H aufgelisteten Teilbeiträgen. Der Vergleich dieser Teilbeiträge zeigt, dass die Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars überwiegen durch Unsicherheiten von N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Bereich der landwirtschaftlich genutzten Böden verursacht wird.

Der 3,3-fach größere Emissionsfaktor bei den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Auswaschung und Oberflächenabfluss (siehe Kapitel 11.5.2.2), die damit verbundenen erheblich vergrößerten N<sub>2</sub>O-Emissionen sowie die größere Unsicherheit des erwähnten Emissionsfaktors sind der Hauptgrund dafür, dass sich die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgas-Inventars gegenüber der Vorjahresausgabe (Haenel et al., 2010) praktisch verdoppelt hat.

Die prozentuale Unsicherheit des Trends der Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft ist in Spalte M ganz unten dargestellt. Die Berechnung erfolgt analog zum oben beschriebenen Vorgehen bei Spalte H.

Durch die oben erwähnten Änderungen bei der Berechnung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Auswaschung und Oberflächenabfluss sowie der Nichtberücksichtigung von CO<sub>2</sub>-Emissionen steigt die Trendunsicherheit gegenüber der Vorjahresausgabe in Haenel et al. (2010) auf knapp das Eineinhalbfache an.

#### 14.6.2 *Uncertainties of activity data / Unsicherheiten von Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of single activity data we refer to the respective sections in chapters 4 to 12.

Uncertainties may be described in different ways. A differentiation is made between standard errors in normally distributed entities and uncertainties for asymmetric distributions. For the latter, the larger of the two intervals [difference between 2.5 % percentile and mean; difference between mean and 97.5 % percentile] is used (cf Chapter 14.6.1).

For cattle and buffalo numbers, the uncertainty has decreased over the past years. The uncertainty used is an estimated mean uncertainty. A sensitivity analysis showed that the accuracy of this estimated uncertainty has no impact on the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory.

The uncertainties of the activity data regarding direct N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are influenced by a comparatively large number of entities and their respective uncertainties. It is assumed that the overall uncertainty of the activity data does not exceed

Zu den Unsicherheiten der Aktivitätsdaten siehe entsprechende Angaben in den Kapiteln 4 bis 12.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Unsicherheitsangaben in Form des Standardfehlers für normalverteilte Größen und Unsicherheitsangaben für asymmetrische Verteilungen, die das größere der beiden Intervalle [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] wiedergeben, s. dazu auch Kapitel 14.6.1.

Bei den Tierzahlen von Rindern und Büffeln hat die Unsicherheit über die Jahre abgenommen. Es wird daher mit einem geschätzten Mittelwert der Unsicherheit gerechnet. Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheiten ohne Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Treibhausgas-Inventars ist.

Die Unsicherheiten der Aktivitätsdaten bei direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (N-Menge) sind eine Funktion einer größeren Anzahl an Einflussgrößen und deren Unsicherheiten. Es ist aber davon auszugehen, dass die relative Gesamtunsi-

20 to 30 % which is markedly less than the relative uncertainty of the emission factors (see Chapter 14.3.2). Hence the latter uncertainty dominates the overall uncertainty to such an extent that a more accurate assessment of the uncertainty of the activities appears unnecessary at present.

cherheit der Aktivitätsdaten nicht höher als 20 bis 30 % liegen und damit deutlich geringer als die relative Unsicherheit der Emissionsfaktoren (s. Kapitel 14.3.2) sind. Letztere dominiert somit die relative Unsicherheit der resultierenden N<sub>2</sub>O-Emissionen, so dass eine genauere Bestimmung der Aktivitätsunsicherheiten derzeit nicht erforderlich erscheint.

#### **14.6.3      *Uncertainties of emission factors / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren***

For the uncertainties of single emission factors we refer to Chapters 14.2 and 14.3 and the respective sections in Chapters 4 bis 13.

Uncertainties may be described in different ways. A differentiation is made between standard errors in normally distributed entities and uncertainties for asymmetric distributions. Here the larger of the two intervals [difference between 2.5 % percentile and mean; difference between mean and 97.5 % percentile] is used (cf Chapter 14.6.1).

The statement of an uncertainty of 20 % (standard error) for the CH<sub>4</sub> emission factor for poultry ignores that the uncertainty for ducks and geese is likely to be larger (30 %, standard error). This assumption seems justified, because the contribution of ducks and geese to the CH<sub>4</sub> emissions from poultry manure management is negligible. A sensitivity analysis showed that this simplification has no effect on the uncertainty of the poultry emissions and hence no effect on the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory.

The relative uncertainties of the emission factors for CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O can be transferred directly into uncertainties of CO<sub>2</sub> equivalents. The multiplication with a constant factor has no effect on the relative uncertainty (see Chapter 14.1).

Zu den in der Unsicherheitstabelle eingesetzten relativen Unsicherheiten der Emissionsfaktoren wird auf die Kapitel 14.2 und 14.3 sowie die entsprechenden Angaben in den Kapiteln 4 bis 13 verwiesen.

Hierbei ist zu unterscheiden zwischen Unsicherheitsangaben in Form des Standardfehlers bei normalverteilten Größen und Unsicherheitsangaben für asymmetrische Verteilungen, die das größere der beiden Intervalle [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] wiedergeben, s. dazu auch Kapitel 14.6.1

Die Unsicherheit des CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktors für das Geflügel-Wirtschaftsdünger-Management (20 %, Standardfehler) vernachlässigt, dass für Enten und Gänse 30 % (Standardfehler) gelten. Diese Vernachlässigung ist gerechtfertigt, da Enten und Gänse nur geringfügig zu den CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Geflügel-Wirtschaftsdünger-Management beitragen. Beispielberechnungen haben gezeigt, dass der genaue Wert der Unsicherheitsangabe für das gesamte Geflügel praktisch keinen Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Treibhausgasinventars hat.

Die relativen Emissionsfaktor-Unsicherheiten für CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O können direkt für die Darstellung in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten übernommen werden, da letztere nur durch Multiplikation mit einem konstanten Faktor entstehen, der keinen Einfluss auf die relative Unsicherheit hat (s. Kapitel 14.1).

Table 14.2: Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory

Table 14.2: Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory															
Source category	A	B	C		D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
			Gas	Base year emissions, in CO <sub>2</sub> -eq.											Year 2009 emissions, in CO <sub>2</sub> -eq.
			Gg a <sup>-1</sup>	Gg a <sup>-1</sup>		%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Soils, liming		CO <sub>2</sub>	2753.6	1913.2	20	0	20.0	0.6	0.00	0.00	0.02	0.00	0.69	0.69	
Soils, urea application		CO <sub>2</sub>	479.6	795.0	20	0	20.0	0.2	0.01	0.01	0.01	0.00	0.29	0.29	
Enteric fermentation, dairy cows		CH <sub>4</sub>	13110.6	10053.4	6	40	40.4	6.2	0.01	0.01	0.13	0.41	1.09	1.16	
Enteric fermentation, other cattle		CH <sub>4</sub>	11827.2	8435.0	6	40	40.4	5.2	0.02	0.02	0.11	0.69	0.91	1.14	
Enteric fermentation, pigs		CH <sub>4</sub>	601.8	577.8	10	40	41.2	0.4	0.00	0.00	0.01	0.04	0.10	0.11	
Enteric fermentation, sheep		CH <sub>4</sub>	548.7	394.9	10	60	60.8	0.4	0.00	0.00	0.01	0.05	0.07	0.08	
Enteric fermentation, goats		CH <sub>4</sub>	9.5	23.1	20	60	63.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	
Enteric fermentation, horses		CH <sub>4</sub>	169.7	189.4	10	60	60.8	0.2	0.00	0.00	0.00	0.04	0.03	0.05	
Enteric fermentation, mules and asses		CH <sub>4</sub>	1.8	1.8	100	60	116.6	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Enteric fermentation, buffalo		CH <sub>4</sub>	0.0	2.4	10	60	60.8	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Manure management, dairy cows		CH <sub>4</sub>	2497.8	2408.4	6	40	40.4	1.5	0.00	0.00	0.03	0.17	0.26	0.31	
Manure management, other cattle		CH <sub>4</sub>	1589.6	1046.0	6	40	40.4	0.6	0.00	0.00	0.01	0.14	0.11	0.18	
Manure management, pigs		CH <sub>4</sub>	2259.8	2280.8	10	40	41.2	1.4	0.01	0.01	0.03	0.21	0.41	0.46	
Manure management, sheep		CH <sub>4</sub>	15.0	10.8	10	60	60.8	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Manure management, goats		CH <sub>4</sub>	0.3	0.8	20	60	63.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Manure management, horses		CH <sub>4</sub>	26.3	29.4	10	40	41.2	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	
Manure management, mules and asses		CH <sub>4</sub>	0.2	0.2	100	40	107.7	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Manure management, buffalo		CH <sub>4</sub>	0.0	0.2	10	60	60.8	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Manure management, poultry		CH <sub>4</sub>	57.5	86.0	20	40	44.7	0.1	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03	0.04	
Manure management, dairy cows		N <sub>2</sub> O	1159.1	961.7	6	100	100.2	1.5	0.00	0.00	0.01	0.00	0.10	0.10	
Manure management, other cattle		N <sub>2</sub> O	1137.3	770.2	6	100	100.2	1.2	0.00	0.00	0.01	0.22	0.08	0.23	
Manure management, pigs		N <sub>2</sub> O	153.6	72.3	10	100	100.5	0.1	0.00	0.00	0.00	0.07	0.01	0.07	
Manure management, sheep		N <sub>2</sub> O	17.8	12.8	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Manure management, goats		N <sub>2</sub> O	1.1	2.7	20	100	102.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Manure management, horses		N <sub>2</sub> O	59.6	66.6	10	100	100.5	0.1	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.02	
Manure management, mules and asses		N <sub>2</sub> O	0.7	0.7	100	100	141.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Manure management, buffalo		N <sub>2</sub> O	0.0	0.4	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Manure management, poultry		N <sub>2</sub> O	37.7	48.7	20	100	102.0	0.1	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03	
Soils, mineral fertilizers		N <sub>2</sub> O	12722.4	8935.0	20	80	82.5	11.3	0.02	0.02	0.11	1.63	3.22	3.61	
Soils, application of manure		N <sub>2</sub> O	5613.4	4815.0	60	80	100.0	7.4	0.00	0.00	0.06	0.17	5.20	5.20	
Soils, N fixing crops		N <sub>2</sub> O	855.1	478.1	50	80	94.3	0.7	0.00	0.00	0.01	0.23	0.43	0.49	
Soils, crop residues		N <sub>2</sub> O	6265.2	7754.7	50	80	94.3	11.2	0.03	0.03	0.10	2.61	6.98	7.45	
Soils, organic soils		N <sub>2</sub> O	5162.1	5016.2	20	200	201.0	15.5	0.01	0.01	0.06	1.88	1.81	2.61	
Soils, grazing		N <sub>2</sub> O	2075.2	1580.5	40	200	204.0	5.0	0.00	0.00	0.02	0.35	1.14	1.19	
Soils, indirect emissions (deposition)		N <sub>2</sub> O	2942.2	2497.9	50	400	403.1	15.5	0.00	0.00	0.03	0.31	2.25	2.27	
Soils, indirect emissions (leaching, run-off)		N <sub>2</sub> O	4276.4	3675.8	300	230	378.0	21.3	0.00	0.00	0.05	0.39	19.84	19.85	
Soils, sewage sludge emissions		N <sub>2</sub> O	166.9	168.4	20	80	82.5	0.2	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06	0.07	
Total			78594.9	65106.4				36.7	← Uncertainty of 2009 emissions			Uncertainty of the trend →			22.5

## 14.7 Uncertainty of the German agricultural ammonia inventory / Unsicherheit des Ammoniak-Inventars für die deutsche Landwirtschaft

For the German agricultural ammonia emission inventory, an analysis of the uncertainties was performed using the methodology provided in IPCC (2000), chapter 6, in analogy to the greenhouse gas emission inventory.

The methodology is based on the Tier 1 approach described in "Quantifying Uncertainties in Practice" in IPCC (2000) (IPCC, 2000, Chapter 6.3.2 and Table 6.1). It is based on a consistent application of the Gauss error propagation calculus. However, it does not consider the fact that this error propagation calculus presupposes a normal distribution of deviations; this is not the case for several activity data and emission factors. In addition, the Gauss error propagation calculus is designed to use standard errors. In contrast to this, the IPCC (2000) approach in "Quantifying Uncertainties in Practice" requires half the 95 % confidence interval as input variable (see pg 6.14 in the context to columns E and F). For normally distributed data this corresponds to double the standard error. It can be shown, though, that the rules of the Gaussian calculus can be extended to deal with multiples of the standard error (cf Equations 6.3 and 6.4 in IPCC, 2000). Hence, the calculation of the overall uncertainty of the German agricultural greenhouse gas inventory uses twice the standard errors (expressed as percent of the mean) when dealing with entities distributed normal.

For asymmetric distributions, IPCC (2000) stipulates in "Quantifying Uncertainties in Practice" (pg 6.14) that in Tier 1 approaches the larger of the two differences between the 2.5 % percentile and the mean and the 97.5 % percentile be used. This claim was translated into action.

For the uncertainties of single activity data we refer to the respective sections in chapters 4 to 12.

For cattle and buffalo numbers, the uncertainty has decreased over the past years. The uncertainty used is an estimated mean uncertainty. A sensitivity analysis showed that the accuracy of this estimated uncertainty has no impact on the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory.

The uncertainties of emission factors for manure management are described in Chapter 14.5, for the uncertainties of other relevant emission factors see Chapter 11.

Ranges of uncertainties that are given as multiples are transformed to relative uncertainties according to the recommendations made in IPCC (2000)-6.14. These result from the ratio of the 95 % confidence interval to the mean. Factors in form of multiples indicate an asymmetric frequency distribution. Here, the higher percentage is used for the assessment of the

Für das Ammoniak-Inventar der deutschen Landwirtschaft wurde eine Unsicherheitenberechnung in Anlehnung an die von IPCC (2000), Kapitel 6, für das Treibhausgas-Inventar vorgeschriebene Verfahrensweise durchgeführt.

Dieses Verfahren beruht auf der durchgängigen Anwendung der Gaußschen Fehlerrechnung, wobei per Konvention unberücksichtigt bleibt, dass diese Fehlerrechnung Normalverteilung voraussetzt, eine Forderung, die von einigen der eingehenden Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren nicht erfüllt wird. Überdies ist die Gaußschen Fehlerrechnung darauf ausgelegt, mit Standardfehlern zu arbeiten. Im Gegensatz dazu verlangt das in IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ beschriebene Stufe-1-Verfahren (s. S. 6.14 im Absatz zu den Spalten E und F) die Eingabe des halben 95 %-Konfidenzintervalles, was bei einer normalverteilten Größe etwa dem Zweifachen des Standardfehlers entspricht. Es lässt sich allerdings zeigen, dass die Rechenregeln der Gaußschen Fehlerrechnung (vgl. Gleichung 6.3 und Gleichung 6.4 in IPCC, 2000) auch für ein Vielfaches des Standardfehlers gelten. Dementsprechend wurden für die Berechnung der Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgas-Inventars im Falle von normalverteilten Größen als Unsicherheit das Zweifache des Standardfehlers eingegeben (in Prozent des Mittelwertes).

Für asymmetrische Verteilungen schreibt IPCC (2000) „Quantifying Uncertainties in Practice“ (S. 6.14) vor, dass bei Anwendung der Stufe-1-Methode von den beiden Intervallen [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] das größere zu verwenden ist. Diese Forderung wurde umgesetzt.

Hinsichtlich der Unsicherheiten von Aktivitätsdaten wird auf Kapiteln 4 bis 12 verwiesen.

Bei Rindern und Büffeln hat sich die Unsicherheit der Tierzahl über die Jahre verringert. Es wird mit einem geschätzten Mittelwert der Unsicherheit gerechnet. Der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheit erwies sich als ohne Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Ammoniak-Inventars.

Die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren für das Wirtschaftsdüngermanagement gehen aus Kapitel 14.5 hervor. Zu den Unsicherheiten der übrigen Emissionsfaktoren s. Kapitel 11.

In Form von Faktoren gegebene Unsicherheitsbereiche werden nach IPCC (2000)-6.14 in prozentuale Unsicherheitsangaben transformiert. Diese ergeben sich aus dem Verhältnis von halbem 95 %-Vertrauensbereich zum Mittelwert. Bei Faktorenangaben ist von einer asymmetrischen Verteilung auszugehen. Daher geht die größere Prozentzahl in die Be-

overall uncertainty.

Details of the calculations of the uncertainty of the German ammonia emission inventory are collated in Table 14.3. It is obvious that the overall uncertainty is governed by the uncertainties characterizing the manure management of dairy cattle and the application of mineral fertilizers.

The uncertainty of the ammonia emission inventory remains the same if one uses an uncertainty of the emission factors for manuremanagement of all animals of 21.5 % (exemplary calculations using the data set for 2008).

The percentage uncertainties of the trends of the overall emissions from German agriculture is given at the bottom of column M. The calculation procedure applied equals that described for column H.

rechnung der Gesamtunsicherheit des Inventars ein.

Details der Berechnung der Unsicherheit des deutschen Ammoniak-Inventars sind in Table 14.3 dargestellt. Die Gesamtunsicherheit wird zu einem sehr großen Anteil durch die Unsicherheiten der Beiträge aus dem Wirtschaftsdünger-Management von Milchkühen und der Mineraldünger-Anwendung bestimmt.

Für das Ammoniak-Inventar wird im Übrigen die gleiche Gesamtunsicherheit erzielt, wenn man für alle Tiere mit einer Unsicherheit von 21,5 % im Wirtschaftsdüngermanagement rechnet (Beispielrechnung für 2008).

Die prozentuale Unsicherheit des Trends der Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft ist in Spalte M ganz unten dargestellt. Die Berechnung erfolgt analog zum oben beschriebenen Vorgehen bei Spalte H.



Table 14.3: Uncertainty calculation for the German agricultural ammonia inventory

Source category	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		Gas	Base year emissions Gg a <sup>-1</sup>	Year 2009 emissions Gg a <sup>-1</sup>	Activity data uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Combined uncertainty as % of total national emissions in year 2009	Type A sensitivity	Type B sensitivity	Uncertainty in trend in national emissions introduced by emission factor uncertainty	Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty	Uncertainty introduced into the trend in total national emissions
			Gg a <sup>-1</sup>	Gg a <sup>-1</sup>	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Manure management, dairy cows		NH <sub>3</sub>	215.91	180.06	6	44.1	44.5	14.1	0.01	0.27	0.26	2.29	2.30
Manure management, calves		NH <sub>3</sub>	9.05	6.05	6	36.1	36.6	0.4	0.00	0.01	0.09	0.08	0.12
Manure management, heifers		NH <sub>3</sub>	101.65	65.16	6	42.2	42.6	4.9	0.03	0.10	1.35	0.83	1.59
Manure management, bulls (male beef cattle)		NH <sub>3</sub>	47.77	25.66	6	48.7	49.1	2.2	0.02	0.04	1.10	0.33	1.14
Manure management, suckler cows		NH <sub>3</sub>	2.82	8.42	6	39.1	39.6	0.6	0.01	0.01	0.35	0.11	0.37
Manure management, bulls (mature males)		NH <sub>3</sub>	7.74	3.69	6	41.1	41.5	0.3	0.00	0.01	0.18	0.05	0.18
Manure management, sows		NH <sub>3</sub>	46.51	30.21	10	38.8	40.1	2.1	0.01	0.05	0.55	0.64	0.84
Manure management, weaners		NH <sub>3</sub>	11.13	8.51	10	39.0	40.2	0.6	0.00	0.01	0.06	0.18	0.19
Manure management, fattening pigs		NH <sub>3</sub>	94.81	85.12	10	39.0	40.2	6.0	0.01	0.13	0.25	1.80	1.82
Manure management, boars		NH <sub>3</sub>	1.81	0.53	10	38.7	40.0	0.0	0.00	0.00	0.06	0.01	0.06
Manure management, sheep		NH <sub>3</sub>	2.80	2.01	10	44.9	46.0	0.2	0.00	0.00	0.03	0.04	0.05
Manure management, goats		NH <sub>3</sub>	0.19	0.46	20	40.1	44.8	0.0	0.00	0.00	0.02	0.02	0.03
Manure management, heavy horses		NH <sub>3</sub>	7.10	8.15	10	32.7	34.2	0.5	0.00	0.01	0.10	0.17	0.20
Manure management, light horses		NH <sub>3</sub>	1.50	1.47	10	33.0	34.5	0.1	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03
Manure management, mules and asses		NH <sub>3</sub>	0.10	0.10	100	33.0	105.3	0.0	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
Manure management, buffalo		NH <sub>3</sub>	0.00	0.06	10	41.1	42.3	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, laying hens		NH <sub>3</sub>	24.33	21.48	20	37.0	42.1	1.6	0.00	0.03	0.04	0.91	0.91
Manure management, broilers		NH <sub>3</sub>	8.44	15.86	20	39.1	43.9	1.2	0.01	0.02	0.51	0.67	0.84
Manure management, pullets		NH <sub>3</sub>	3.46	2.29	20	41.3	45.9	0.2	0.00	0.00	0.04	0.10	0.11
Manure management, geese		NH <sub>3</sub>	0.29	0.12	20	34.9	40.2	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Manure management, ducks		NH <sub>3</sub>	0.92	1.20	20	40.1	44.8	0.1	0.00	0.00	0.02	0.05	0.06
Manure management, turkeys		NH <sub>3</sub>	4.75	12.58	20	32.9	38.5	0.9	0.01	0.02	0.42	0.53	0.68
Animal grazing		NH <sub>3</sub>	14.64	10.58	40	20	44.7	0.8	0.00	0.02	0.06	0.90	0.90
Mineral fertilizers		NH <sub>3</sub>	58.67	78.54	20	100	102.0	14.1	0.04	0.12	4.27	3.33	5.41
N fixing crops		NH <sub>3</sub>	1.71	0.95	50	20	53.9	0.1	0.00	0.00	0.01	0.10	0.10
Total			668.1	569.3				21.7	← Uncertainty of 2009 emissions	Uncertainty of the trend →			6.7



## 15 Additional information / Zusatzinformationen

### 15.1 The Assessment of Air Temperatures Relevant to Emission Inventories / Die Erfassung relevanter Lufttemperaturen für Emissionsinventare

#### 15.1.1 The significance of up-to-date air temperature data / Die Bedeutung von aktuellen Lufttemperaturdaten

Both the state of equilibria in chemistry and biology as well as the velocities with which they are attained, are temperature dependent. In particular this applies to the state of chemical equilibria (van't Hoff's equation), the vapour pressure of solutions (Clausius-Clapeyron equation) and rate constants of chemical reactions (Arrhenius equation). Physiological activities of living organisms are linked to certain temperature ranges, in which they exhibit an activity optimum.

Inevitably, all emission processes have to be temperature dependent. For several emission factors temperature ranges are given in which they have to be applied (e.g. mineral fertilizer application, manure storage and spreading). In some cases soil surface temperatures may be relevant, in other cases temperatures inside a slurry store or a manure heap. However, these temperatures cannot be recorded on a broader scale. Therefore it seems convenient to use air temperatures as surrogate data; for mineral fertilizer applications a mean spring air temperature is used as measure, for slurry and manure storage mean annual air temperatures.

Mean air temperatures have increased during the past decades to such an extent that the use of historic climate maps without corrections is thought to be inadequate for the determination of relevant temperatures (e.g. Mayer et al., 2005).

Mean annual temperatures and mean spring temperatures of 1990 to 2007 are higher than the values of 1961 to 1990 by 0.9 K or 1.1 K, respectively (Table 15.1) (expert judgement Löpmeier, DWD; in accordance with Mayer et al., 2005).

With respect to the establishment of emission inventories with a comparatively high resolution in time and space (months, rural districts), maps of the mean air temperature based upon measurements of the years 1961 to 1990, were corrected by adding these values.

Die Lage von Gleichgewichten in Chemie und Biologie sowie die Geschwindigkeiten, mit denen sie sich einstellen, sind temperaturabhängig. Hierzu zählen insbesondere die Lage chemischer Gleichgewichte (van't-Hoff-Gleichung), Dampfdrücke von Lösungen (Clausius-Clapeyron-Gleichung) und Umsetzungsraten bei chemischen Reaktionen (Arrhenius-Gleichung). Die physiologische Aktivität von Organismen ist an einen Temperaturbereich gebunden, in dem sie im Regelfall ein Aktivitätsoptimum besitzt.

Alle Emissionsvorgänge sind deshalb zwangsläufig temperaturabhängig. Für eine Reihe von Emissionsfaktoren gibt es demzufolge Temperaturbereiche, in denen sie anzuwenden sind (z.B. Mineraldünger-Anwendung, Wirtschaftsdünger-Lagerung und -Ausbringung). Maßgebliche Temperaturen sind dabei Bodenoberflächen-Temperaturen und die Temperaturen innerhalb von Gülle-Lagern oder Misthaufen. Da diese Temperaturen jedoch nicht flächendeckend erfasst werden, wird die Lufttemperatur als Hilfsgröße herangezogen, und zwar die Frühlings-Lufttemperatur bei der Mineraldünger-Anwendung und die mittlere Jahrestemperatur bei der Wirtschaftsdünger-Lagerung.

Die Steigerungen der mittleren Lufttemperaturen in den vergangenen Jahrzehnten ist so erheblich, dass die Anwendung von älteren Klimakarten ohne Korrekturen zur Bestimmung der relevanten Temperaturen als unzureichend angesehen wird (z.B. Mayer et al. 2005).

Laut Expertenurteil Löpmeier (DWD) liegen die mittleren Jahres- und Frühlungstemperaturen der Jahre 1990 bis 2007 um 0,9 K bzw. 1,1 K über denen der Jahre 1961 bis 1990 (Table 15.1) (vgl. auch Mayer et al., 2005).

Im Hinblick auf die Herstellung von Emissionsinventaren mit einer hohen zeitlichen und örtlichen Auflösung (Monate, Landkreise) erschien es deshalb sinnvoll, Karten der mittleren Lufttemperatur, die auf Messwerten der Jahre 1961 bis 1990 basieren, durch die Addition dieser Werte zu korrigieren.

#### 15.1.2 Assessment of the data required / Erzeugung der benötigten Daten

DWD (German Weather Service) kindly provided digital maps of the 30-years-mean monthly air temperatures based upon measurements in the years 1961

DWD (Deutscher Wetterdienst) stellte freundlicherweise für jeden Monat eine digitale Karte mit den 30jährigen Monatsmittelwerten der Lufttemperatur zur

to 1990. These interpolated maps have a resolution of  $1 \times 1 \text{ km}^2$ .

In order to generate mean annual temperatures for rural districts, initially the average of all 12 maps was calculated for each grid cell. Afterwards the average of all grid cells belonging to a rural district was taken as the mean annual temperature.

To take the increasing mean air temperatures during the last years into account 0.9 K (expert judgement Löpmeier, Table 15.1) were added to the mean annual temperatures for each rural district.

For mean spring temperatures the same procedure was applied to the maps of the months March, April, and May. The correction value in this case was 1.1 K (Table 15.1).

Verfügung. Die Karten beruhen auf Messungen der Jahre 1961 bis 1990, die mit einer Auflösung von  $1 \times 1 \text{ km}^2$  in die Fläche interpoliert sind.

Zur Erzeugung von Jahresmittelwerten auf Landkreisbasis wurde zunächst der Mittelwert aller 12 Karten für jede Rasterzelle berechnet. Anschließend wurde jedem Landkreis der Mittelwert der zu ihm gehörigen Rasterzellen zugeordnet.

Zu den Mittelwerten der Landkreise wurden dann 0,9 K (Expertenurteil Löpmeier, Table 15.1) addiert, um die Steigerung der mittleren Lufttemperaturen in den letzten Jahren zu berücksichtigen.

Zur Erzeugung von Frühlingssmittelwerten auf Landkreisbasis wurde das gleiche Verfahren auf die Karten der Monate März, April und Mai angewendet. Als Korrekturwert wurde hier 1,1 K verwendet (Table 15.1).

Table 15.1: Air temperatures in Germany 1961 – 1990 and 1990 – 2007 and correction values

	Year	March	April	May	Spring
Mean Temperature 1961 – 1990	8.6 °C	3.9 °C	7.7 °C	12.4 °C	8,0 °C
Mean Temperature 1990 – 2007	9.5 °C	5.0 °C	8.9 °C	13.4 °C	9,1 °C
Difference	0.9 K	1.1 K	1.2 K	1.0 K	1.1 K
Correction value	+ 0.9 K				+ 1.1 K

Source: expert judgement Löpmeier, DWD

The spatial distribution of annual and springtime means of the air temperature in Germany is shown in Figure 15.1.

Die räumliche Verteilung von Jahresmittelweretn und Frühlingssmittelwerten in Deutschland zeigt Figure 15.1.

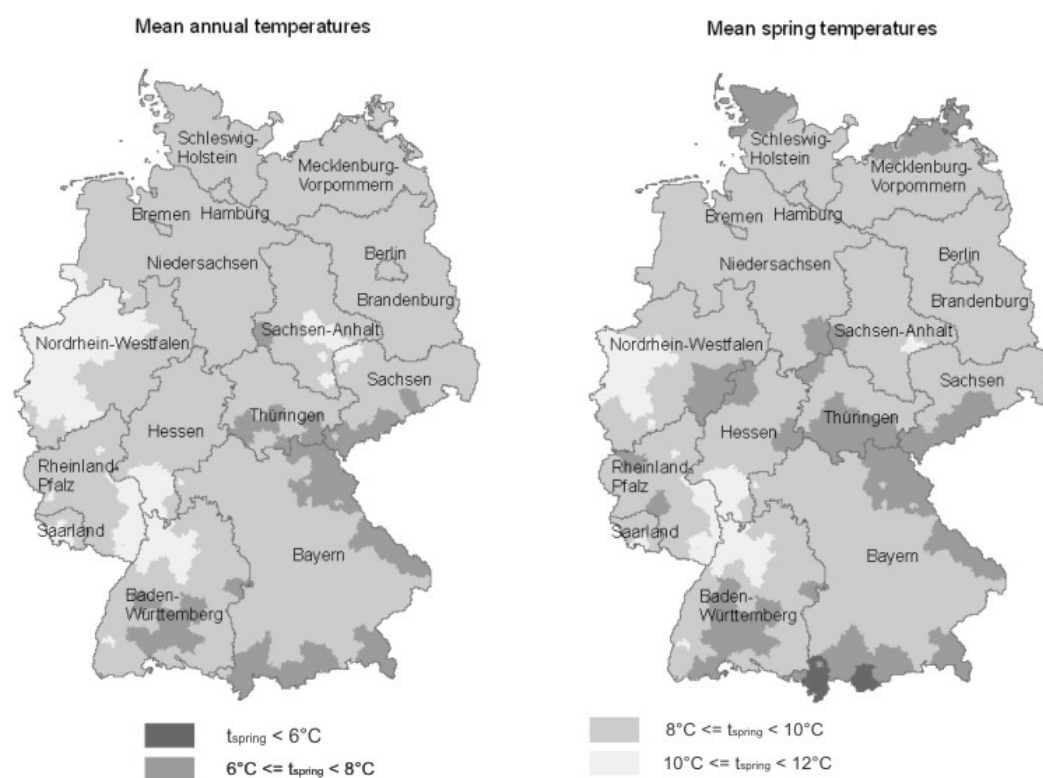


Figure 15.1: Air temperatures, map of annual and springtime means in Germany

## 15.2 RAUMIS

Data regarding the frequency distributions for feeding, housing (including shares of grazing and housing, housing types), storage types and spreading techniques (for manures) were modelled using the agricultural sector model RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationssystem für Deutschland – regionalised information system for agriculture and environment in Germany), which is kept and developed at the Institute of Farm Economics and Rural Studies of the vTI (former FAL)<sup>16</sup>.

The data used comprise

- the relevant national agricultural statistics (sector data and district data)
- data supplied by KTBL
- standard data describing production processes
- data resulting from the agricultural accounts
- special analysis concerning herd size frequency distributions performed by the Federal Ministry of Agriculture
- data obtained from surveys

Whenever statistical data are missing, expert judgements are used to establish the model.

The frequency distributions were calculated for the years 1991, 1995, and 1999. These distributions are applied as follows: 1991 for 1990 to 1993; 1995 for 1994 to 1998; 1999 for the years from 1999 onwards.

The data describing animal numbers are founded on the agricultural census of 1992, with a resolution of districts. They were adjusted to district data resulting from the animal census of 1990 using correction factors.

In the New Länder, basic data describing districts in 1989 were corrected with respect to the situation in 1990<sup>17</sup>. In addition, all numbers were related to the district boundaries valid in 1999. We assume that the resulting error is acceptable, as most of the changes within the district reform in the years between 1993 and 1995 were mergers of smaller districts. At least these corrections result in a consistent time series concerning regional animal numbers.

Data concerning animal herd size distributions were based on the 1992 survey results (resolution: districts), those for the mid nineties on the 1996 census. For 1999 and the projections, district data from 1996 were used in connection with 1999 Länder data; assumptions were made for the development of animal numbers. (Although herd size distributions are part of the general census, they have not been ana-

Die Daten zu den Häufigkeitsverteilungen für die Fütterung, von Haltungsformen (Anteile Weidehaltung / Stallhaltung; Anteile von Aufstallungsformen), Lagerungsformen und Ausbringungstechniken (bei Wirtschaftsdüngern) wurden mit Hilfe des Agrarsektormodells RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationssystem für Deutschland) gewonnen, das am Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume des vTI (vormals FAL) betrieben und weiterentwickelt wird<sup>16</sup>.

Datengrundlage sind

- die nationalen Fachstatistiken auf sektoraler und Kreisebene
- KTBL-Normdaten zur Beschreibung der Produktionsverfahren
- Daten der landwirtschaftlichen Gesamtrechnung
- Sonderauswertungen des Bundesministeriums für Landwirtschaft (Bestandsgrößenklassenverteilung)
- Befragungsdaten

Bei fehlenden statistischen Datengrundlagen wird Expertenwissen in die Modellformulierung einbezogen.

Die Häufigkeitsverteilungen wurden für die Jahre 1991, 1995 und 1999 berechnet. Die Verteilungen werden wie folgt als gültig angenommen: 1991 für 1990 bis 1993; 1995 für 1994 bis 1998; 1999 ab 1999.

Die Daten zur Beschreibung der Umfänge der Tierbestände bauen auf der Tierzählung 1992 auf Kreisebene auf, mit Korrekturfaktoren wurden die Daten an die Tierzahlen der Länderstatistik 1990 angepasst.

In den Neuen Bundesländern wurden die Ausgangsdaten auf Kreisebene von 1989 zu den Beständen 1990<sup>17</sup> korrigiert. Zudem wurden in den Neuen Bundesländern die Tierzahlen auf die aktuelle Kreisabgrenzung im Jahr 1999 umgerechnet. Dies dürfte, da in den Kreisreformen 1993-1995 vor allem kleinere Kreise zusammengelegt wurden, mit einem geringen, hinnehmbaren Fehler in der Regionalisierung der Tierbestände behaftet sein; die Ergebnisse in der Zeitreihe werden jedoch vergleichbarer.

Daten über Bestandsgrößenklassen auf Kreisebene stammen für Anfang der 1990er Jahre aus dem Jahr 1992, für Mitte der 1990er Jahre aus dem Jahr 1996. Für das Jahr 1999 und Projektionen wurden Kreisdaten aus 1996 verwendet und anhand der Werte auf Länderebene für 1999 mit Annahmen über die Bestandsentwicklung fortgeschrieben. (Die Bestandsgrößenklassen liegen aber eigentlich bei jeder Vieh-

<sup>16</sup> For an introduction see Weingarten (1995), for a detailed description see Henrichsmeyer et al. (1996).

<sup>17</sup> These data are part of the model system RAUMIS and are based on a comprehensive project to model agriculture in the New Länder.

lysed for districts).

A survey in districts assumed to be representative of whole regions (so-called model districts) supplied important details on the distribution of housing systems and manure management for the years 1990 and 2000.

For a comprehensive description of the data used see Döhler et al. (2002), Chapter 2.

Animal weights for the New Länder and 1990 were extrapolated from the data provided by the annual statistics published for the German Democratic Republic. As a Länder structure did not exist in the GDR, the data for administrative districts were used to establish Länder data “surrogates” as follows:

- Brandenburg: Frankfurt/Oder, Potsdam, Cottbus
- Mecklenburg-Vorpommern: Neubrandenburg, Rostock, Schwerin
- Sachsen: Dresden, Leipzig, Karl-Marx-Stadt
- Sachsen-Anhalt: Magdeburg, Halle
- Thüringen: Erfurt, Gera, Suhl

zählung als Totalerhebung vor, werden aber nicht mehr auf Kreisebene ausgewertet.)

Eine Befragung in Modellkreisen im Jahr 2000 diente der Erhebung wichtiger Daten zu Haltungsverfahren und zum Wirtschaftsdünger-Management für die Jahre 1990 und 2000.

Die detaillierte Beschreibung der Datengrundlage findet sich bei Döhler et al. (2002), Kapitel 2.

Daten für die Neuen Bundesländer (Tiergewichte) im Jahr 1990 wurden aus Daten der letzten verfügbaren statistischen Jahrbücher der Deutschen Demokratischen Republik extrapoliert. Dabei wurden für die Neuen Bundesländer die Mittelwerte der DDR-Bezirke wie folgt verwendet:

- Brandenburg: Frankfurt/Oder, Potsdam, Cottbus
- Mecklenburg-Vorpommern: Neubrandenburg, Rostock, Schwerin
- Sachsen: Dresden, Leipzig, Karl-Marx-Stadt
- Sachsen-Anhalt: Magdeburg, Halle
- Thüringen: Erfurt, Gera, Suhl

## 16 Acknowledgements / Danksagung

We are indebted to many persons and institutions for their help and advice, and wish to express our thanks to (in alphabetic order):

Wir sind zahlreichen Personen und Institutionen für ihre Unterstützung und ihren Rat zu Dank verpflichtet (in alphabetischer Ordnung):

B. Amon, Department of Sustainable Agricultural Systems, University of Natural Resources and Applied Life Sciences (Universität für Bodenkultur), Vienna

W. Asmann, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria

A. Benndorf, Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Dessau

K.-H. Bodenstein, Aschera Landwirtschaftsgesellschaft, Aschera

W. Brade, Chamber of Agriculture Lower Saxony (Landwirtschaftskammer Niedersachsen), Hannover

G. Brehme, GB, Coswig

J. Busche, Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Berlin and Dessau

U. Döring, Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Berlin and Dessau

M. Grün, FOOD GmbH, Jena

K. Hausmann, Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt), Dessau

M. Henning, Friedrich-Löffler-Institut, Institut für Nutztiergenetik, Neustadt

D. Höppner, Zentralverband der deutschen Geflügelwirtschaft e.V.

S. Klages, KTBL, Darmstadt

H. Kleine-Klausing, deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, Düsseldorf

J. Küsters, Chamber of Agriculture Lower Saxony (Landwirtschaftskammer Niedersachsen), Northeim

H. Luesink, LEI (Agricultural Economics Research Institute), Den Haag, The Netherlands

H. Meyer, Moorgut Kartzfehn von Kameke, Bösel, Germany

H. Prüße, Institute of Rural Studies, vTI

J. Rogasik, Institute of Plant Nutrition, JKI (Julius Kühn Institute), Braunschweig

M. Rönsch, Aschera Landwirtschaftsgesellschaft, Aschera

K. Schnabel, BEAG Agrar GmbH, Behringen

The colleagues in the EAGER<sup>18</sup> group – H. Menzi and B. Reidy, Switzerland, L. Rohde, Sweden, N.J. Hutchings, Denmark, G.J. Monteny and H.H. Luesink, The Netherlands, and J. Webb and T.H. Misselbrook, UK.

---

<sup>18</sup> EAGER - European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network. <http://www.eager.ch/index.htm>.



## 17 References / Literatur

- ADR – Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (1990, and subsequent years) Rinderproduktion in Deutschland 1990 (and subsequent years). Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter, Bonn
- Amann M, Bertok I, Cofala J, Gyarfas F, Heyes C, Klimont Z, Schöpp W, Winiwarter W (2000) Baselin Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. Final Report. [http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/general/pdf/cafe\\_lot1.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/general/pdf/cafe_lot1.pdf)
- Amon B, Amon Th, Boxberger J, Alt Ch (2001) Emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). Nutrient Cycling in Agroecosystems, 60, 103-113
- Amon T, Kryvoruchko V, Bodiroza V, Amon B (2005) Methanerzeugung aus Getreide, Wiesengras und Sonnenblumen: Einfluss des Erntezeitpunktes und der Vorbehandlung. KTBL (ed.) 7. Internationale Tagung Bau, Technik und Umwelt in der Nutztierhaltung, 1. – 3. März 2005, Braunschweig / Deutschland, 343–348
- Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, Potsdam (from 2007 onwards)
- Anonymus (1997) Futterwertleistungsprüfung: Masthühnerküken-Alleinfutter im Test. DGS Intern 14/1997, Ulmer, Stuttgart, 10-11
- Anonymus (2001a) Legeleistungsprüfung für Hühner 1998 bis 2000. DGS Magazin 5/2001, Ulmer, Stuttgart, 12-18
- Anonymus (2001b) Masthühnerküken-Alleinfutter I: Futterwertleistungsprüfung 2001. DGS Magazin 40/2001, Ulmer, Stuttgart, 28-32
- Anonymus (2003) Legeleistungsprüfung für Hühner 2001/2002. DGS Magazin 31/2003, Ulmer, Stuttgart, 23-30
- Anonymus (2005) Legeleistungsprüfung für Hühner 2002/2004. DGS Magazin 1/2005, Ulmer, Stuttgart, 15-19
- Anonymus (2007a) Drei Futter – vergleichbare Wirtschaftlichkeit. DGS Magazin 1/2007, Ulmer, Stuttgart, 27-30
- Anonymus (2007b) Legehennen-Alleinfutter im Test. DGS Magazin 22/2007, Ulmer, Stuttgart, 26-32
- Anonymus (2007c) Legehennen-Alleinfutter im Test. Geringerer Unterschied bei braunen Hennen. DGS Magazin 48/2007, Ulmer, Stuttgart, 20-25
- Anonymus (2007d) Futterwertleistungsprüfung für Masthühnerküken-Alleinfutter I. [http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/mk\\_fwlp\\_2007.pdf](http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/mk_fwlp_2007.pdf) [2008-03-18]
- Anonymus (2009) Ergänzende Tabellen zum Beitrag „Weizen füttern und sparen?“ in Wochenblatt-Ausgabe 45/2009. <http://www.Wochenblatt.com/uploads/media/weizenbeifuetterung.pdf> [2010-07-06]
- Bargo F, Rearte DH, Santini FJ, Muller LD (2001) Ruminal Digestion by Dairy Cows Grazing Winter Oats Pasture Supplemented with Different Levels and Sources of Protein. J Dairy Sci 84, 2260-2272
- Bartnik B (1989) Verdauungsversuche an Legehybriden zur Überprüfung vorhandener Schätzgleichungen. Diplomarbeit, Karl-Marx-Universität Leipzig, Sektion Tierproduktion und Veterinärmedizin, 62 pp (incl. Anhang mit Tabellen)
- Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung, München
- Beever DE, Hattan AJ, Cammell SB, Humphries DJ, Jones AK (2000) Lactational performance and energy utilisation in high yielding cows. Ann. Meeting BSAS, March 2000, Proc Br Soc Anim Sci, pg 10
- Bertilsson J (2002) Methane emission from enteric fermentation – effects of diet composition. In: Petersen SO, Olesen JE (eds) Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries. Proc International Workshop Helsingør, 24 – 25 January 2002. DIAS Report Plant Production 81, 37-44
- Beyer M, Chudy A, Hoffmann L, Jentsch W, Laube W, Nehring K, Schiemann R (2004) Rostocker Futterbewertungssystem. Kennzahlen des Futterwertes und Futterbedarfs auf der Basis von Nettoenergie. Dummerstorf: Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere. 392 pp
- Birkenmaier F, Schwarz FJ, Müller, Kirchgessner M (1996) Futteraufnahme und Leistung von Milchkühen bei Verfütterung von Futterrüben in Ergänzung zu Grassilage. Arch Anim Nutr 49, 335-347
- Blum JW (2002) Fütterung von Equiden. [http://www.vetmed.unibe.ch/studvet/download/year23/NOZ/NOZ%20ss%202003/Pferdef%FCttering\\_Total.pdf](http://www.vetmed.unibe.ch/studvet/download/year23/NOZ/NOZ%20ss%202003/Pferdef%FCttering_Total.pdf)
- BMJ – Bundesministerium der Justiz (2005) Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand. Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung. BGBl. 2004, Teil 1, Nr. 58, 2778 ff
- Brehme G (2007) Emissionspapier Pekingentenhaltung. Unpublished, pp. 23.
- Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 52: Verordnung zur Durchführung des Fleischgesetzes und zur Änderung handelsklassenrechtlicher Vorschriften für Schlachtkörper von Rindern, Schweinen und Schafen. Ausgegeben zu Bonn am 18. November 2008
- Bundesminister für Wirtschaft (1969) Gesetz über Einheiten im Meßwesen. BGBl. 1969, Teil I, 709-712
- Bundesminister für Wirtschaft (1970) Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen. BGBl. 1970, Teil I, 981-991
- Butterbach-Bahl K, Willibald G, Papen H (2002) Soil core method for direct simultaneous determination of N<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O emissions from forest soils. Plant Soil 240, 105-116
- Cai Z, Laughlin RJ, Stevens RJ (2001) Nitrous oxide and dinitrogen emissions from soil under different water regimes and straw amendment. Chemosphere 42, 113-121
- Centraalbureau voor de Statistiek (ed.) (2004) Monitor Mineralen en Mestwetgeving 2004. Centraalbureau voor de Statistiek, Voonburg/Herlen, 111 pp

- Centraalbureau voor de Statistiek (ed.) (2007) Monitor Mineralen en Mestwetgeving 2007. Centraalbureau voor de Statistiek, Vonnburg/Herlen, 83pp. <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/natuur-milieu/publicaties/publicaties/archief/2007/2007-j64-pub.htm>
- CEIP/EEA - Centre on Emission Inventories and Projections (2008) Annual Synthesis & Assessment report of CLRTAP and NECD inventory review Stage 2 for Germany. Created by CEIP/EEA- ETCACC: 30th May 2008. Communicated by Umweltbundesamt, Wien
- Daenischessen (2006) Die dänische Eier- und Geflügelproduktion. [http://www.daenischessen.de/produktion\\_markt/produktionszweige/gefluegel.htm](http://www.daenischessen.de/produktion_markt/produktionszweige/gefluegel.htm).
- Damme K (1994) LVA Kitzingen: Broiler-Herkunftsprüfung 1994. DGS Magazin 39/1994, Ulmer, Stuttgart, 8-9
- Damme K (1995) Gemischt oder getrenntgeschlechtlich? DGS Intern 51/52/1995, Ulmer, Stuttgart, 7-10
- Damme K (1997) Lehr- und Versuchsstation für Kleintierzucht Kitzingen: 12. Mastherkunftsprüfung für Jungmasthühner. DGS Intern 13/1997, Ulmer, Stuttgart, 3-5
- Damme K (2000) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2001. Ulmer, Stuttgart, pp. 197-207
- Damme K (2001) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2002. Ulmer, Stuttgart, pp. 181-192
- Damme K (2002) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2003. Ulmer, Stuttgart, pp. 193-204
- Damme K (2003) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2004. Ulmer, Stuttgart, pp. 68-79
- Damme K (2004) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2005. Ulmer, Stuttgart, pp. 74-89
- Damme K (2005) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2006. Ulmer, Stuttgart, pp. 60-76
- Damme K (2006) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2007. Ulmer, Stuttgart, pp. 67-85
- Damme K (2009) Deutliche Unterschiede zwischen den Genotypen. DGS Magazin 45/2009. Ulmer, Stuttgart, 17-21
- Damme K, Rychlik I (2001) 13. Bayerische Herkunftsprüfung für Masthybriden: Rasche Gewichtsentwicklung bei bester Futterverwertung. DGS Magazin 5/2001, Ulmer, Stuttgart, 24-29
- Dämmgen U (ed.) (2003): Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2004 for 2002. Landbauforsch Völknerode, Special Issue 260
- Dämmgen U (2005) Statistical Data for Animal Numbers in German Emission Inventories. Landbauforsch Völknerode Special Issue 291, 223-230
- Dämmgen U, Döhler H, Lüttich M, Eurich-Menden B, Osterburg B, Haenel H-D, Döring U, Strogies M (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 1. Emissionen. Landbauforschung Völknerode Special Issue 291, 5-9
- Dämmgen U, Erisman JW (2005) Emission, transmission, deposition and environmental effects of ammonia from agricultural sources. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko (eds) Emissions from European Agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. pp 97-112
- Dämmgen U, Grünhage L (2001) Trace gas emissions from German agriculture as obtained from the application of simple or default methodologies. Environ Pollut 117, 23-34
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Conrad J, Lüttich M, Döhler H, Eurich-Menden B, Laubach P, Müller-Lindenlauf M, Osterburg B (2009a) Calculations of emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007. Methods and Data (GAS-EM). vTI Agricultural and Forestry Research, Special Issue 324, 9-385
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Hutchings NJ, Brade W, Lebzien P (2009b) Improved national calculation procedures to assess energy requirements, nitrogen and VS excretions of dairy cows in the German emission model GAS-EM. vTI Agricultural and Forestry Research 59, 233-252
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Brade W, Müller-Lindenlauf M, Eurich-Menden B, Döhler H, Hutchings NJ (2010a) An improved data base for the description of dairy cows in the German emission model GAS-EM. vTI Agricultural and Forestry Research 60, 87 - 100
- Dämmgen U, Haenel H-D, Rösemann C, Eurich-Menden B (2010b) Ammonia emission factors related to total ammoniacal nitrogen in the mass flow model depicting pig production. vTI Agricultural and Forestry Research (in preparation)
- Dämmgen U, Hutchings NJ (2005) The assessment of emissions of nitrogen species from agriculture using the methodology of the atmospheric emission inventory guidebook. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko A (eds) Emissions from European agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. pp 51-62
- Dämmgen U, Hutchings NJ (2008) Emissions of gaseous nitrogen species from manure management - a new approach. Environmental Pollution 154, 488-497
- Dämmgen U, Lüttich M (2005) The Derivation of Nitrogen Excretions for Dairy Cows from Available Statistical Data. Landbauforsch Völknerode Special Issue 291, 231-244
- Dämmgen U, Lüttich M, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2002) GAS-EM – ein Kalkulationsprogramm für Emissionen aus der Landwirtschaft. Landbauforsch Völknerode 52, 19-42
- Dämmgen U, Lüttich M, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2005) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2006 for 2004. Landbauforsch Völknerode Special Issue 291, 47-222
- Dämmgen U, Lüttich M, Haenel H-D, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2007) Calculations of emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2007 for 2005. Methods and Data (GAS-EM). Landbauforschung Völknerode Special Issue 304, 9-243

- De Vries W, Kros J, Oenema O, de Klein J (2003) Uncertainties in the fate of nitrogen II: A quantitative assessment of the uncertainties in major nitrogen fluxes in the Netherlands. *Nutr Cycl Agroecosyst* 66, 71-102
- Denier van der Goon HAC, Bleeker A, Ligthart T, Duijzer JH, Kuikman PJ, van Groenigen JW, Hamminga W, Kroeze C, de Wilde HPJ, Hensen A (2004) Indirect nitrous oxide emissions from the Netherlands; source strength, methodologies, uncertainties and potential for mitigation. TNO report R 2004/275. TNO Apeldoorn, 131 pp
- Dennhöfer W (1988) Einfluss von rekombiniertem, bovinem Somatotropin auf die Milchleistung, Milchezusammensetzung und das Körpergewicht beim deutschen Fleckvieh. Thesis, Tierärztliche Fakultät, Ludwig-Maximilians-Universität, München, 141 pp
- Deutscher Büffelverband (2008) Büffelhaltung in Deutschland. <http://www.bueffelverband-deutschland.de/haltung.html> [24.7.2008]
- DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (1999): DLG-Merkblatt 314: Nährstoffanfall und Futterflächenbedarf in der Pferdehaltung. 15 pp
- DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (2001): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen. DLG-Information 1/2001, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG - Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (ed.) (2005) Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG/Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt/Main. 69 pp
- DLG - Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (2006) Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Information 1/2006 Frankfurt/M. : Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. 29 pp
- Döhler H, Eurich-Menden B, Dämmgen U, Osterburg B, Lüttich M, Bergschmidt A, Berg W, Brunsch R (2002) BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahr 2010. Forschungsbericht 299 42 256/02. Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin
- Düngeverordnung (1996) Verordnung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen. BGBl, part I, dd. 26-1-96
- Düngeverordnung (2007) Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen. BGBl, Teil I Nr. 7, dd. 5-3-2007
- Dustan A (2002) Review of methane and nitrous oxide emission factors for manure management in cold climates. JTI-rapport Lantbruk & Industri 299, 41 pp
- DWA - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ed.) (2004) Klärschlämme - Inhaltsstoffe und Bewertung. DWA, Hennef. 138 pp
- EEA - European Environment Agency (1996) Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 1st Edition, CD-Rom. EEA, Copenhagen
- EEC – European Economic Community (1986) Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. Official Journal L 181 , 04/07/1986 P. 0006 – 0012 40
- Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau Zürich-Reckenholz, Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft Liebefeld (ed.) (1997) Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Schriftenreihe FAL 26, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich
- Ellis JL, Kebreab E, Odongo NE, McBride BW, Okine EK, France J (2007) Prediction of Methane Production from Dairy and Beef Cattle. *J Dairy Sci* 90, 3456-3466
- EMEP – Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe (2005) UNECE/EMEP activity data and emission database - WebDab 2005. <http://webdab.emep.int/>
- EMEP – Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe (2008) Officially Reported Emission Data. <http://www.emep-emissions.at/emission-data-webdab/emission-as-reported-by-parties/>
- EMEP – Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe (2009) Officially Reported Emission Data. <http://www.ceip.at/emission-data-webdab/submissions-under-clrtap/2009-submissions/>
- EMEP (2004 gpg) -EMEP/CORINAIR Good Practice Guidance – <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4/BGPG.pdf>
- EMEP (2006) -EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2006, Technical Report No 11/2006. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4>
- EMEP (2007) Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook. 5rd ed., Technical Report No 16/2007. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR5>
- EMEP (2009) -EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2009, Technical Report No 6/2009. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009>
- Europäische Gemeinschaft (1997) Verordnung (EG) Nr. 820/97 des Rates vom 21. April 1997 zur Einführung eines Systems zur Kennzeichnung und Registrierung von Rindern und über die Etikettierung von Rindfleisch und Rindfleischerzeugnissen. Amtsblatt Nr. L 117 vom 07/05/1997 S. 0001 - 0008
- European Union (2005) European Pollutant Release and Transfer Register (PRTR). <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/lvb/l28149.htm>
- Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. 12th ed., Landwirtschaftsverlag, Münster, 1993
- Feldhaus L, Sieverding E (2007) Putenmast. 3rd edition, Ulmer, Stuttgart

- Flachowsky G, Flachowsky E (1997) Integriertes Umweltmanagement in Unternehmen der landwirtschaftlichen Primärproduktion - Tierproduktion. In: Birkner U, Doluschitz R (eds.) Betriebliches Umweltmanagement in der Land- und Ernährungswirtschaft, Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, pp. 40-60
- Flachowsky G, Meyer U, Lebzien P (2004) Zur Fütterung von Hochleistungskühen. Übers Tierernährung 32, 103-147
- Frede G, Dabbert S (eds.) (1998): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Ecomed, Landsberg. 451 pp
- Gauger T, Dämmgen U, Vermeulen A, Bleeker A, Erisman J-W, Schaap M, Rösemann C, Nagel H-D, Spranger T, Klimont Z (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 2. Transmission und Deposition. Landbauforschung Völknerode Spezial Issue 291, 11-19
- Geflügeljahrbuch (2005) Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V. und seiner Mitgliedsverbände. Ulmer, Stuttgart, 328 pp
- Gehman AM, Kononoff PJ, Mullins CR, Janicek BN (2008) Evaluation of nitrogen utilization and the effects of monensin in dairy cows fed Brown Midrib Corn silage. J Dairy Sci 91, 288-300
- German standard VDI 2450 Part 1 (1977) Messen von Emission, Transmission und Immission luftverunreinigender Stoffe. Begriffe, Definitionen, Erläuterungen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 4 pp
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (2004) Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen: Empfehlungen zur Energie und Nährstoffversorgung der Mastputen. Proc. Soc. Nutr. Physiol. 13, 199-233
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (1987) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4. Schweine. Frankfurt/M., DLG
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (1995) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Mastrinder. Frankfurt/M., DLG
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (2000) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 7. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner 2000. Frankfurt/Main., DLG, 185 pp
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (2001) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtinder. Frankfurt/M., DLG, 135 pp
- GfE – Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Ausschuss für Bedarfsnormen (2006) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 10. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. Frankfurt/M., DLG, 247 pp
- Greimel M, Steinwider A (1998) Ökonomisch optimale Laktationsdauer bei unterschiedlichem Milchleistungsniveau auf Basis einer Modellkalkulation. Bodenkultur 49, 119-132
- Gruber L, Pries M, Schwarz F-J, Spiekers H, Staudacher W (2006) Schätzung der Futteraufnahme bei der Milchkuh. DLG-Informationen 1/2006. [http://www.futtermittel.net/pdf/futteraufnahme\\_milchkuh06.pdf](http://www.futtermittel.net/pdf/futteraufnahme_milchkuh06.pdf)
- Haenel H-D, Dämmgen U (2007 a) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 1. General considerations and pullets. Landbauforsch Völknerode 57(4), 349-362
- Haenel H-D, Dämmgen U (2007 b) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 2. Laying hens. Landbauforsch Völknerode Landbauforsch Völknerode 57(4), 363-390
- Haenel H-D, Dämmgen U (2009a) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 3a. Broilers. Fattening procedures and animal properties. Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research, 59(1), 61-86
- Haenel H-D, Dämmgen U (2009b) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 3b. Broilers. Modelling using official statistical data. Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research, 59(2), 87-104
- Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Döhler H, Eurich-Menden B, Laubach P, Müller-Lindenlauf M, und Osterburg B (2010) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2010 for 2008. Methods and Data (GAS-EM). vTI Agricultural and Forestry Research, Special Issue 334, 13 – 428
- Haenel H-D, Dämmgen U, Laubach P, Rösemann C (2011a) Update of the calculation of metabolizable energy requirements and of the NH<sub>3</sub> emission factors for pigs in the German agricultural emission inventory. Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research (in preparation)
- Haenel H-D, Rösemann C, Dieterle M, Dämmgen U (2011b) Estimating numbers of piglets, weaners and fattening pigs for the German agricultural emission inventory. Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research (in preparation)
- Hahn G (2004) Faustzahlen zum Schlachtgeflügel. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2005. Ulmer, Stuttgart, pp. 224-229
- Hahn G (2006) Faustzahlen über Schlachtgeflügel. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2007. Ulmer, Stuttgart, pp. 224-231
- Halle I (2002) Einfluss einer gestaffelten Supplementierung von Lysin und Methionin während der Aufzucht auf das Wachstum und auf Leistungsmerkmale der Hennen in der folgenden Legeperiode bei einer gestaffelten Protein- und Energieversorgung. Arch. Geflügelk. 66, 66-74
- Halle I, Tzschentke B (2009) Ein Grad mehr kann viel bewirken. DGS Magazin 31/2009, Ulmer, Stuttgart, 28-32
- Harrison R, Webb J (2001) A review of the effect of N fertilizer type on gaseous emission. Adv Agronomy 73, 65-108
- Hartmann W, Heil G (1992) Amtliche Legeleistungsprüfung 1990/91: Zusammenfassende Auswertung. DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 8/1992, Ulmer, Stuttgart, 219-229
- Heil G, Hartmann W (1993) Amtliche Legeleistungsprüfung 1991/92: Zusammenfassende Auswertung. DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 8/1993, Ulmer, Stuttgart, 7-15

- Heil G, Hartmann W (1994) Amtliche Legeleistungsprüfung 1992/93: Zusammenfassende Auswertung. DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 8/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-14
- Heil G, Hartmann W (1995) Amtliche Legeleistungsprüfung 1993/94: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 13/1995, Ulmer, Stuttgart, 18-29
- Heil G, Hartmann W (1996) Amtliche Legeleistungsprüfung 1994/95: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 18/1996, Ulmer, Stuttgart, 10-21
- Heil G, Hartmann W (1998) Amtliche Legeleistungsprüfung 1996/97: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 40/1998, Ulmer, Stuttgart, 20-31
- Heil G, Hartmann W (2000) Amtliche Legeleistungsprüfung 1997/99: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 9/2000, Ulmer, Stuttgart, 10-17
- Heinze A, Rau K (o.J.) Steigende Wurfgrößen - mehr verwertbare Ferkel? <http://www.tll.de/ainfo/pdf/wurf0807.pdf> [22.7.08]
- Helmig D, Klinger LF, Guenther A, Vierling L, Geron C, Zimmerman P (1999) Biogenic volatile organic compound emission (BVOCs). I. Identifications from three continental sites in the U.S.. Chemosphere 38, 2163-2178
- Hennig A, Poppe S (eds.) (1975) Abprodukte tierischer Herkunft als Futtermittel. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin, 232 pp
- Henrichsmeyer W, Cypris Ch, Löhe W, Meuth M, Isermeyer F, Heinrich I, Schefski A, Neander E, Fasterding F, Neumann M, Nieberg H (1996) Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BMELF (94 HS 021), Bonn, Braunschweig
- Hermansen JE, Kristensen T (1993) The effect of supplementary formalin treated soya-bean meal on feed intake, milk yield and live-weight gain of dairy cows fed ensiled fodder beets. Arch Anim Nutr 43, 251-258
- Hessisches Statistisches Landesamt, Wiesbaden  
see Statistische Landesämter
- Heyland K-U (1996) Spezieller Pflanzenbau. Ulmer, Stuttgart, 368 pp
- Hinz T (2005) Messung luftgetragener Partikel in und aus der Geflügelmast. Landtechnik 60, 100-101
- Hinz T, Linke S, Berk J (2008) Environmental load due to PM and ammonia emissions from a turkey house - a perennial case study. In: AgEng Knossos 2008 : International Conference on Agricultural Engineering ; Knossos Royal Village, Hersonissos - Crete ; 23-25 June 2008, Greece. Athen : Vougas Ass, 6 p
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2005) Jahresagrarbericht 2005.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2006) Jahresagrarbericht 2006.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2007) Jahresagrarbericht 2007.
- HMULV – Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (2008) Jahresagrarbericht 2008. [http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?uid=24607118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d](http://www.hmulv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?uid=24607118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d)
- Hobbs PJ, Webb J, Mottram TT, Grant B, Misselbrook TM (2004) Emissions of volatile organic compounds originating from UK livestock agriculture. J Science of Food and Agriculture 84, 1414-1420
- Hoogeveen MW, Luesink HH, Mokveld LJ, Wisman JH (2005) Uitgangspunten en berekeningen voor de Milieubalans 2005. LEI, Den Haag
- IGZ – Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren/Erfurt (2007) Düngung im Freilandgemüsebau – Datenbasis für eine erfolgreiche Düngung im Freilandgemüsebau (2. Auflage). Berlin/Bonn. [http://www.igzev.de/files/Dueng\\_im\\_FGB.pdf](http://www.igzev.de/files/Dueng_im_FGB.pdf)
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 3. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC WGI Technical Support Unit, Bracknell
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2000) Good Practice Guidance and Uncertainty Measurement in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories programme. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/>
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry (1993) Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry. 2nd ed., Blackwell, London, 160 pp
- IUPAP – International Union of Pure and Applied Physics (1987) Symbols, Units, Nomenclature and Fundamental Constants in Physics. Physica 146A, 1-68
- Jarvis SC, Pain BF (1994) Greenhouse gas emissions from intensive livestock systems: their estimation and technologies for reduction. Climatic Change 27, 27-38
- Jenkins TC, Bertrand JA, Bridges WC (1998) Interactions of Tallow and Hay Particle Size on Yield and Composition of Milk from Lactating Holstein Cows. J Dairy Sci 81, 1396-1402
- Jentsch W, Wittenburg H, Hoffmann L, Schiemann R (1970) Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. 2. Mitt. Untersuchungen über die Verwertung der Futterenergie bei Harnstoffeinsatz. Archiv Tierernährung 20, 423-440
- Jentsch W, Wittenburg H, Schiemann R (1972) Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. 4. Mitt. Untersuchungen über die Verwertung der Futterenergie bei Rapsöleinsatz. Archiv Tierernährung 22, 697-720
- Jeroch H, Dänicke S (2005) Faustzahlen zur Geflügelfütterung. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2006. Ulmer, Stuttgart, pp. 143-176
- Jilg T (2009) Phasenfütterung in der intensiven Lämmermast. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1109109\\_11/index1215773518694.html](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1109109_11/index1215773518694.html) [2009-12-17]

- Johnson HA, Baldwin RL (2008) Evaluating model predictions of partitioning nitrogen excretion using the dairy cow model, Molly. *Animal Feed Sci Tech-nol* 143, 104-126
- JRC-SAI – Joint Research Centre of the European Commission – Space Applications Institute (2000) Soil Geographical Data Base of Europe, scale 1:1,000,000. Joint Research Centre of the European Commission – Space Applications Institute, Ispra
- Jungkunst H F, Freibauer A (2005) Overview on emissions observations in Europe. In: Leip A (ed.) *N<sub>2</sub>O emissions from agriculture. Report on the expert meeting on “Improving the quality for greenhouse gas inventories for N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils” under the mandate of the working group on annual inventories*, Climate Change Committee, Joint Research Centre, 21-22 October 2004, Ispra. pp 48-54
- Kasimir-Klemedtsson Å, Klemedtsson L (2002) A critical analysis of nitrous oxide emissions from animal manure. In: Petersen SO, Olesen JE (eds.) *Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries. Proc international workshop Helsingør, Denmark, 24-25 January 2002*. Danish Institute of Agricultural Sciences. DIAS report Plant Production no. 81, pp 107-121
- Kebreab E, France J, Beever, DE, Castillo AR (2001) Nitrogen pollution by dairy cows and its mitigation by dietary manipulation. *Nutr Cycl Agroecosyst* 60, 275-285
- Kebreab E, France J, Mills JA, Allison R, Dijkstra J (2002) A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of N excretion on the environment. *J Animal Sci* 80, 248-259
- Kebreab E, France J, McBride BW, Odongo N, Bannink A, Mills JAN, Dijkstra J (2006) Evaluation of Models to Predict Methane Emissions from Enteric Fermentation in North American Dairy Cattle. In: Kebreab E, Dijkstra J, Bannink A, Gerrits WFF, France J (eds.) *Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals. Modelling Approaches*. CAB International, pg. 299-313
- Kirchgessner M (ed.) *Mitteilungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie: Empfehlungen zur Energieversorgung von Aufzucht-kälbern und Aufzucht-rindern*. *Proc Soc Nutr Physiol* 6, 201-215
- Kirchgessner M, Maierhofer R, Schwarz FJ, Eidelsburger U (1992) Einfluss von geschütztem Arginin auf Futteraufnahme, Milchleistungsparameter sowie Wachstumshormonspiegel und Aminosäuren im Blutplasma von Kühen bei der Sommerfütterung mit Gras. *Arch Anim Nutr* 45, 57-69
- Kirchgessner M, Windisch W, Kreuzer M (1991a) Stickstoffemission laktierender Milchkühe über die Gülle in Abhängigkeit von der Leistungsintensität. *Agribiological Research* 44, 1-13
- Kirchgessner M, Windisch W, Müller HL, Kreuzer M (1991b) Release of methane and carbon dioxide by dairy cattle. *Agribiological Research* 44, 91-102
- Kirchmann H, Witter E (1989) Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition. *Plant and Soil* 115: 35-41
- Klaassen G (1991) Past and future emissions of ammonia in Europe. Status Report SR-91-01. International Institute for Applied Systems Analysis - IIASA, Laxenburg
- Klein F W (1991a) Jungmasthühner im Test: Ergebnisse aus der LVA Kitzingen. *DGS Magazin* 16/1991, Ulmer, Stuttgart, 452-454
- Klein F W (1991b) 24. Bayerische Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. *DGS Magazin* 18/1991, Ulmer, Stuttgart, 510-512
- Klimont Z, Cofala J, Bertok I, Amann M, Heyes C, Gyarfas F (2002) Modelling Particulate Emissions in Europe. A Framework to Estimate Reduction Potential and Control Cost. Interim Report IR-02-076. IIASA Laxenburg, 169 pp
- Köhnlein J, Vetter H (1953) *Ernterückstände und Wurzelbild*. Parey, Hamburg, 138 pp
- König G, Brunda M, Puxbaum H, Hewitt CN, Duckham SC, Rudolph J (1995) Relative contribution of oxygenated hydrocarbons to the total biogenic VOC emissions of selected Mid-European agricultural and natural plant species. *Atmospheric Environment* 29, 861-874
- Körschens M (1993) Simulationsmodelle für den Umsatz und die Reproduktion der organischen Substanz im Boden. *Ber. über Landwirtschaft SH NF* 206, 140-154
- Kruif A de, Mansfeld R, Hoedemaker M (2006): *Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind*. Stuttgart: Enke, pg. 113
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2004) *Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05*. KTBL-Datensammlung. 19th ed., Darmstadt: KTBL, 573 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2005) *Faustzahlen für die Landwirtschaft*. 13th ed., Darmstadt: KTBL, 1095 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2006a) *Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren. Methode zur Bewertung von Tierhaltungsanlagen hinsichtlich Umweltwirkungen und Tiergerechtigkeit*. KTBL-Schrift 446, Darmstadt: KTBL, 778 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2006b) *Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07*. KTBL-Datensammlung. 20th ed., Darmstadt: KTBL, 672 pp
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (ed.) (2009) *Faustzahlen für die Landwirtschaft*. 14th ed., Darmstadt: KTBL, 1179 pp
- Laber H (2005) Biologische N<sub>2</sub>-Fixierung von Gemüseerbsen und –buschbohnen. *Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.)* (2005), 81-89.
- Lægrend M, Aastveit AH (2002) Nitrous oxide emissions from field-applied fertilizers. In: Petersen SO, Olesen JE (eds.) *Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries. Proc international workshop Helsingør, Denmark, 24-25 January 2002*. Danish Institute of Agricultural Sciences. DIAS report Plant Production no. 81, pp 122-134

- Lampe C, Dittert K, Sattelmacher B, Wachendorf M, Loges R, Taube F (2006) Sources and rates of nitrous oxide emissions from grazed grassland after application of <sup>15</sup>N-labelled mineral fertilizer and slurry. *Soil Biol Biochem* 38, 2602-2613
- Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf  
see Statistische Landesämter
- Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Brandenburg, Potsdam (until 2006)  
see Statistische Landesämter
- Landwirtschaftskammer Hannover (ed.) (2004) Rinderzucht und Milcherzeugung. Empfehlungen für die Praxis. Hannover, Landwirtschaftskammer, 168 pp.
- Lebzien P, Brade W, Flachowsky G (2008) Der Milchharnstoffgehalt: Ein Indikator für die Energie- und Proteinversorgung, aber auch für die N-Emissionen in der Milcherzeugung. *Übers Tierernährung* 36, 59-74
- Leip A, Dämmgen U, Kuikman P, van Amstel A (2005) The quality of European (EU-15) greenhouse gas inventories from agriculture. *Environmental Sciences* 2, 177-192
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.) (2004a) Basisdaten für die Ermittlung des Düngedarfs und Umsetzung der Düngeverordnung, Stand Dezember 2004. <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/10536/>
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (ed.) (2004b) Gruber Tabellen zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Mastrinder, Schafe, Ziegen. 25th ed., Freising, LfL. [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen\\_url\\_1\\_2\\_.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen_url_1_2_.pdf)
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004c) (undated) Futterberechnungen für Schweine. 14th ed. Freising. LfL. [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen\\_url\\_1\\_27.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen_url_1_27.pdf)
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004d) Ableitung von Mengenanfall und Gehaltswerten von Geflügeldung. <http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/organisch/09343>
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2004e) Perspektiven, Strukturentwicklung und Wettbewerbsfähigkeit der Ferkelerzeugung in Bayern. <http://www.lfl.bayern.de/internet/stmlf/lfl/ilb/tier/05645/index.php>
- LfL – Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006a) (undated) Basisdaten zur Berechnung des KULAP-Nährstoffsaldos 2006, Stand: August 2006. Tabelle 8: Nährstoffgehalte tierischer Produkte. [http://www.alf-kf.bayern.de/pflanzenbau/linkurl\\_0\\_4\\_0\\_2.pdf](http://www.alf-kf.bayern.de/pflanzenbau/linkurl_0_4_0_2.pdf) [31.01.2008]
- LfL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006b) Tabellen zum ILB-Internet-Beitrag „Ferkelerzeugung 1995/96: Rückgang in der Wirtschaftlichkeit trotz Leistungsprüfung“. [http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/23602/linkurl\\_0\\_10.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/23602/linkurl_0_10.pdf) [24.7.07]
- LfL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2006c) Gruber Tabelle zur Fütterung der Fresser, Bullen, Ochsen, Kalbinnen, Kühe. 12. ed. [http://www.lfl.bayern.de/ite/rind/09368/linkurl\\_0\\_5.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ite/rind/09368/linkurl_0_5.pdf) [24.7.07]
- Liu X J, Mosier A R, Halvorson A, Reule C A, Zhang F S (2007) Dinitrogen and N<sub>2</sub>O emissions in arable soils: Effects of tillage, N source and soil moisture. *Soil Biol. Biochem.* 39, 2362-2370
- LKV – Landeskuratorium der Erzeugerringe für tierische Veredelung in Bayern (2003) Fleischleistungsprüfung in Bayern. [www.bayern.de/media/FLP-JAHRESBERICHT2003.pdf](http://www.bayern.de/media/FLP-JAHRESBERICHT2003.pdf)
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2005) Jahresbericht 2004. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2006) Jahresbericht 2005. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2007) Jahresbericht 2007. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2008) Jahresbericht 2008. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – Landeskontrollverband für Leistungs- und Qualitätsprüfung Sachsen-Anhalt e.V. (2009) Jahresbericht 2009. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezücht Boxberg, Baden-Württemberg (2007) Kurzfassung Schweinereport Baden-Württemberg, Wirtschaftsjahr 2005/2006. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1202507\\_11/LSZ\\_Schweinereport%20Kurzfassung-07.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1202507_11/LSZ_Schweinereport%20Kurzfassung-07.pdf) [24.7.07]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezücht Boxberg, Baden-Württemberg (2008a) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2007/2008.. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232304\\_11/LSZ\\_Schweinemast\\_Schweinereport\\_doc.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232304_11/LSZ_Schweinemast_Schweinereport_doc.pdf) [17.6.08]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezücht Boxberg, Baden-Württemberg (2008b) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2007/2008. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1233125\\_11/LSZ\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1233125_11/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport.pdf) [17.6.08]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezücht Boxberg, Baden-Württemberg (2009a) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2008/2009. <http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1277103/index.pdf> [17.5.10]
- LSZ – Landesanstalt für Schweinezücht Boxberg, Baden-Württemberg (2009b) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2008/2009. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1284923\\_11/LSZ\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport2009.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1284923_11/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport2009.pdf) [17.5.10]
- Ludwig J, Meixner, FX, Vogel B, Forstner J (2001) Soil air exchange of nitric oxide: An overview of the processes, environmental factors, and modeling studies. *Biogeochemistry* 52, 225-257

- Lüke M, Simon I, Poteracki P (2004) Hähnchenherkünfte im Vergleich. Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. [http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/haehnchen\\_iii\\_2004.pdf](http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/haehnchen_iii_2004.pdf) [17.01.2007]
- Lüttich M, Dämmgen U (2003) The assessment of relevant air temperatures. In: Dämmgen (ed.) (2003): Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2004 for 2002. Nationaler Inventarbericht 2004 Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen – Teilbericht für die Quellgruppe Landwirtschaft. Landbauforsch Völknerode, Special Issue 260, 246-248
- Jilg, Th. (2009) Phasenfütterung in der intensiven Lämmermast. LVVG Aulendorf. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1160295\\_11/index.html](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1160295_11/index.html) [2009-09-03]
- Jungkunst HF, Freibauer A, Neufeld H, Bareth G (2006) Nitrous oxide emissions from agricultural land use in Germany – a synthesis of available field data. *J Plant Nutr Soil Sci* 169, 341-351
- LWK-Niedersachsen (2007) Düngeempfehlungen Stickstoff. Getreide, Raps, Hackfrüchte. <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/8200.html>
- LWK-NW (2005) Nährstoffanfall in der Pferdehaltung. <http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/tierproduktion/pferdehaltung/nahrstoffanfall.htm>
- LWK-NW (2006) Verfahrenstechnik in der Broilermast. <http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/tierproduktion/gefluegelhaltung/management/broilermast.htm> [15.03.2008]
- LWK-SH – Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (2007) communicated data
- LWK-WE – Landwirtschaftskammer Weser-Ems (2003) Empfehlungen zur Stickstoffdüngung nach der Nmin-Methode.
- MAFF – Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (2001) An Investigation of Agricultural Sources of Non-Methane Volatile Organic Compounds. Final Project Report. MAFF project WA 0803. MAFF, London, 35 pp
- Maierhofer R, Kirchgessner M, Schwarz FJ, Eidelsburger U (1993) Einfluss von bovinem Wachstumshormon auf Leistungsmerkmale von Milchkühen während der Sommerfütterung mit Gras. 2. Mitteilung – Milchmengenleistung, Milchinhaltsstoffe und Lebendmasse. *Arch Anim Nutr* 44, 357-367
- Mathieu O, Lévêque J, Hénault C, Milloux M-J, Bizouard F, Andreux F (2006) Emissions and spational variability of N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub> and nitrous oxide mole fraction at the field scale, revealed with <sup>15</sup>N isotopic techniques. *Soil Biol Biochem* 38, 941-951
- Mayer H, Holst Th, Brugger U, Kirchgässner A (2005) Trends der forstlich relevanten Klimavariablen Lufttemperatur und Niederschlag im Südwesten Deutschlands von 1950 bis 2000. *Allg Forst Jagd Z* 176, 45-56
- MEG – Marktinfo Eier und Geflügel (2009). MEG-Marktbilanz Eier und Geflügel 2009. Ulmer, Stuttgart
- Menke A (2010) Futter für die Kälberaufzucht und Rindermast im Test. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. <http://www.riswick.de/versuche/tierhaltung/futterwertpruefung/rindermastfutter-527.htm> [2011-01-13]
- Menzi H, Frick R, Kaufmann R (1997) Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Schriftenreihe der FAL 26. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz. 107 pp
- Mills JAN, Dijkstra J, Bannink A, Cammell SB, Kebreab E, France J (2001) A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow: Model development, evaluation, and application. *J Anim Sci* 79, 1584-1597
- Misselbrook TH (2001) Updating the Ammonia Emissions Inventory for the UK for 1999. Final Project Report AM0108, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London. 39 pp
- MLUR-BB – Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2002) Agrarbericht 2002. Bericht zur Lage der Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2002.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2002.pdf)
- MLUR-BB – Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2005) Agrarbericht 2004. Bericht zur Lage der Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2005.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2005.pdf)
- MLUR-BB – Ministerium für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg (2007) Agrarbericht 2007. Bericht zur Lage der Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2007.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2007.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2005) Agrarbericht 2005 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2005.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2005.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2006) Agrarbericht 2006 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2006.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2006.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2007) Agrarbericht 2007 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2007.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2007.pdf)
- MLUV-BB – Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz, Brandenburg (2008) Agrarbericht 2008 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2008.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2008.pdf)
- MLUV-MVP – Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (2008) Agrarbericht 2008 des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Berichtsjahr 2007). <http://www.agrar-net->



- mv.de/index.php?/content/view/full/324/(object)/5637/(name)/Agrarbericht%202008%20des%20Landes%20Mecklenburg-Vorpommern%20(Berichtsjahr%202007)%20-%20Kurzbericht
- MLUV-MVP – Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz Mecklenburg-Vorpommern (2009) Agrarbericht 2009 des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Berichtsjahr 2008).  
<http://www.agrar.de/Aktuell/2009/06/10/mecklenburg-vorpommern-agrarbericht-2009/10825/>
- Monteith JL (1984) Consistency and convenience in the choice of units for agricultural science. *Expl Agric* 20, 105-117
- Mosier AR, Guenzi WD, Schweizer EE (1986) Soil losses of Dinitrogen and Nitrous Oxide from Irrigated Crops in North-eastern Colorado. *Soil Sci Soc Amer J* 50, 344-347
- MUNLV - Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2001) Abfälle aus Kläranlagen in Nordrhein-Westfalen. Teil B. Klärschlamm Entsorgung in Europa. *Berichte zur Umwelt. Bereich Abfall* vol. 6. 374 pp
- Nationales Fachprogramm (2003) Nationaler Bericht Deutschlands als Beitrag zum Bericht der FAO über den Zustand tiergenetischer Ressourcen der Welt (FAO-Report on the State of the World's Animal Genetic Resources) mit einem Nationalen Fachprogramm zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung tiergenetischer Ressourcen in Deutschland.  
[http://www.genres.de/tgr/nationales\\_fachprogramm/pdf\\_version/5\\_1.pdf](http://www.genres.de/tgr/nationales_fachprogramm/pdf_version/5_1.pdf)
- Niedersächsisches Landesamt für Statistik, Hannover  
see Statistische Landesämter
- NIR 2009 – National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2007, Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Dessau, Germany, May 2009, pp 565
- NIR 2011 – National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2009, Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Dessau, Germany, draft (14 January 2011), pp 745
- NMELF – Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Tierproduktion in Niedersachsen. Annual reports. <http://edok.ahb.niedersachsen.de/07/365398365.htm>
- Offermann F, Gömann H, Kleinhanß W, Kreins P, von Ledebur O, Osterburg B, Pelikan J, Salamon P, Sanders J (2010) vTI-Baseline 2009 – 2019: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. *Landbauforschung - vTI Agriculture and Forestry Research, Special Issue* 333, pp 76
- Osterburg B, Dämmgen U (2009) Annahmen für die Prognose der Gasemissionen aus der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2010, 2015 und 2020. In: Dämmgen U (ed) (2009) Calculations of emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007. *vTI Agricultural and Forestry Research, Special Issue* 324, 397-410
- Oura N, Shindo J, Fumoto T, Toda H, Kawashima H (2001) Effects of nitrogen deposition on nitrous oxide from the forest floor. *Water Air Soil Pollut* 130, 673-687
- Pennstate College of Agricultural Sciences (2011) Calf Rumen Images. <http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/nutrition/calves/rumen> [2011-02-15]
- Petersen J (1993) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1994. Ulmer, Stuttgart, pp. 160-173
- Petersen J (1996) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1997. Ulmer, Stuttgart, pp. 176-191
- Petersen J (1999) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 2000. Ulmer, Stuttgart, pp. 186-200
- Pingel H (1996) Faustzahlen über Schlachtgeflügel. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1997. Ulmer, Stuttgart, pp. 163-166
- Poteracki P (1991) Jungmasthühner im Test: Ergebnisse aus der LVA Haus Düsse. *DGS Magazin* 13/1991, Ulmer, Stuttgart, 365-367
- Poteracki P (1994) LVA Haus Düsse: Broiler-Herkunftsprüfung 1994. *DGS Magazin* 39/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-7
- Poteracki P (1995) 60. Futterwertleistungsprüfung für Masthühnerküken-Alleinfutter. Große Unterschiede in Bezug auf Wirtschaftlichkeit. *DGS Intern* 27/1995, Ulmer, Stuttgart, 6-8
- Poteracki P (1996) Haus Düsse: Broiler-Herkunftsprüfung 1995. *DGS Intern* 16/1996, Ulmer, Stuttgart, 4-5
- Poteracki P, Adam F (1993a) LVA Haus Düsse: 56. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. *DGS Magazin* 1/1993, Ulmer, Stuttgart, 7-9
- Poteracki P, Adam F (1993b) LVA Haus Düsse: 57. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. *DGS Magazin* 5/1993, Ulmer, Stuttgart, 10-12
- Poteracki P, Sommer W, Stalljohann G (1994) LVA Haus Düsse: 59. Futterwertleistungsprüfung für Broilermastfutter. *DGS Magazin* 21/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-8
- Poulsen HD, Børsting CF, Rom HB, Sommer SG (2001) Kvælstof, fosfor og kalium i hysdyrgødning – normtal 2000 (Nitrogen, phosphorous and potassium in animal manure – standard data, in Danish). Report No. 36, *Husdyrbrug*, Danish Institute of Agricultural Sciences. Foulum, Denmark, pp 152
- Poulsen HD, Kristensen VF (1998) Standard Values for Farm Manure. A Revaluation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorous and Potassium Content of Manure. *DIAS Report* 7, Danish Institute of Agricultural Sciences. Foulum, Denmark, pp 160
- Preissinger W, Schwarz FJ, Kirchgessner M (1997) Futteraufnahme und Milchleistung bei Verfütterung von Vollfett-Sojabohnen an Milchkühe. *Arch Anim Nutr* 50, 347-359
- Preissinger W, Schwarz FJ, Kirchgessner M (1998) Zum Einfluss der Zerkleinerung von Maissilage auf Futteraufnahme, Milchleistung und Milchezusammensetzung von Kühen. *Arch Anim Nutr* 51, 327-339

- RAMIRAN – Recycling Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture Network (2003) Glossary of terms on livestock manure management 2003. <http://www.ramiran.net/DOC/Glossary2003.pdf>
- Reidy B, Dämmgen U, Döhler H, Eurich-Menden B, Hutchings NJ, Luesink HH, Menzi H, Misselbrook TH, Monteny G-J, Webb J (2008) Comparison of models used for the calculation of national NH<sub>3</sub> emission inventories from agriculture: liquid manure systems. *Atmospheric Environment* 42, 3452-3467
- Reidy B, Webb J, Misselbrook T.H, Menzi H, Luesink H.H, Hutchings N.J, Eurich-Menden B, Döhler H, Dämmgen U (2009) Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: litter-based manure systems. *Atmospheric Environment*, 43, 1632-1640
- Reifsnnyder WE, McNaughton KG, Milford JR (1991) Symbols, units, notation. A statement of journal policy. *Agric Forest Meteorol* 54, 389-397
- Richter G, Kolb H-P (2005) Küken und Junghennenfütterung. Vegetarische Fütterung erwies sich als unproblematisch. *DGS Magazin* 9/2005, Ulmer, Stuttgart, 18-23
- Roffeis M, Brudel H (2003) Untersuchungen zu Produktionsleistungen, Produktionsvoraussetzungen und Wirtschaftlichkeit in der Jungbullenmast des Landes Brandenburg. Studie Landesamt für Verbraucherschutz und Landwirtschaft, Groß Kreutz, 32 pp
- Roffeis M, Trilk J, May D, Münch K, Venzlaff F (1996) Stand, Perspektiven und Rahmenbedingungen für eine wettbewerbsfähige Rundermast im Land Brandenburg. Studie im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Brandenburg. LVAT Ruhlsdorf/Groß Kreutz e.V., 74 pp
- Rolston DE, Hoffman DL, Toy DW (1978) Field measurement of denitrification: I. Flux of N<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O- *Soil Sci Soc Amer J* 42, 863-869
- Rom HB, Sorensen CG (2001) Sustainable Handling and Utilisation of Livestock Manure from Animals to Plants. Proceedings, NJF-Seminar no. 320, Denmark, 16-19 January 2001. DIAS report Animal Husbandry no. 21. <http://www.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/djfh21.pdf>
- Rudaz AO, Wälti E, Kyburz G, Lehmann P, Fuhrer J (1999) Temporal variation in N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> fluxes from a permanent pasture in Switzerland in relation to management, soil water content and temperature. *Agriculture Ecosystems Environment* 73, 83-91
- Sauvant D, Giger-Reverdin S (2007) Empirical modelling by meta-analysis of digestive interactions and CH<sub>4</sub> production in ruminants. In: Ortigues-Marty I (ed.) *Energy and Protein Metabolism and Nutrition*. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. pp 561-562
- Schiemann R, Jenzsch W, Wittenburg H (1972) Die Verwertung der Futterenergie für die Milchproduktion. 3. Mitt. Untersuchungen über die Verwertung der Futterenergie bei differenter Nährstoffzusammensetzung. *Archiv Tierernährung* 22, 675-695
- Schneider T, Büscher W (2006) Emissionsfaktoren in der Geflügelmast. *Landtechnik* 61, 90-91.
- Scholz A, Zacharias B (2008) Schweinereport Baden-Württemberg 2006/2007. *Landinfo* 1/2008. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1220152/landinfo\\_Schweinereport%20\(Scholz,%20Dr.%20Zacharias\).pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1220152/landinfo_Schweinereport%20(Scholz,%20Dr.%20Zacharias).pdf)
- Schultheiß U, Klages-Haberkorn S, Döhler H (2000) Auswirkungen rechtlicher Regelungen auf die landbauliche Verwertung von Sekundärrohstoffdüngern, insbesondere Klärschlamm. KTBL, Darmstadt
- Segger V (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, Schwäbisch Gmünd) (2005a) Ferkelproduktion in Süddeutschland – Chancen und Grenzen aus betriebswirtschaftlicher Sicht. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1187451\\_11/Ferkelproduktion\\_in\\_%20Suedd\\_kurz\\_051125.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1187451_11/Ferkelproduktion_in_%20Suedd_kurz_051125.pdf)
- Segger V (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, Schwäbisch Gmünd) (2005b) Schweinemast in Süddeutschland – Chancen und Risiken. [http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1187452/Schweinemast\\_in\\_Sueddeutshl\\_kurz\\_291105.pdf](http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1187452/Schweinemast_in_Sueddeutshl_kurz_291105.pdf)
- Sibbard I R (1980) Metabolisable Energy in Poultry Nutrition. *BioScience* 30, 736-741
- Simon I (2001) Herkunftsprüfung 2000 für Masthühner auf Haus Düsse: Sehr gute Mastendgewichte. *DGS Magazin* 14/2001, Ulmer, Stuttgart, 10-13
- Simon I, Stegemann J (2005) Erste Erfahrungen mit der neuen Cobb. Landwirtschaftszentrum Haus Düsse, Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen. [http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/cobb\\_iii\\_2005.pdf](http://www.duesse.de/gefluegel/pdfs/cobb_iii_2005.pdf) [17.01.2007]
- Simon I, Stegemann J (2007) Neue Hähnchenlinien im Fokus. *DGS Magazin* 35/2007, Ulmer, Stuttgart, 25-28
- Simon I, Stegemann J (2009) Mit Weizen die Futterkosten senken. *DGS Magazin* 45/2009, Ulmer, Stuttgart, 38-42
- SLL - Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) (2005) Infodienst 02/2005 für Beratung und Schule der Sächsischen Agrarverwaltung [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1256\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/1256_1.pdf)
- SLL – Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft. Sächsischer Tierzuchtreport 2003. [http://www.smul.sachsen.de/applikationen/lfl/publikationen/download/845\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/applikationen/lfl/publikationen/download/845_1.pdf)
- Smil V (1999) Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Global Biogeochem Cycles* 13, 647-662
- Smith KA, Dobbie KE, Ball BC, Bakken LR, Sitaula BK, Hansen S, Brumme R, Borken W, Christensen S, Priemé A, Fowler D, MacDonald JA, Skiba U, Klemmedsson L, Kasimir-Klemmedsson A, Degórska A, Orlanski P (2000) Oxidation of atmospheric methane in Northern European soils, comparison with other ecosystems, and uncertainties in the global terrestrial sink. *Global Change Biol* 6, 791-803
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2000). Sächsischer Agrarbericht 2000. [http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/3\\_erzeugung\\_und\\_vermarktung.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/3_erzeugung_und_vermarktung.pdf)

- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2002). Sächsischer Agrarbericht 2002. [http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/agrarbericht\\_2002.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/agrarbericht_2002.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2003). Sächsischer Agrarbericht 2003. [http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/Agrarbericht\\_2003\\_2\\_MB.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/Agrarbericht_2003_2_MB.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2005). Sächsischer Agrarbericht 2004 [http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/pdf\\_agrarbericht2004.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/pdf_agrarbericht2004.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2007). Sächsischer Agrarbericht 2006 <https://publikationen.sachsen.de/bdb/showDetails.do?id=9223>
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2008). Schweine-Report 2007 [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3965\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3965_1.pdf)
- SMUL – Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen (2009). Schweine-Report 2008 [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4560\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4560_1.pdf)
- Spiekers H (2002): Empfehlungen zur Fütterung der Hochleistungskuh in den Phasen Laktationsende, Trockenstehzeit und Laktationsbeginn. 29. Viehwirtschaftliche Tagung, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein 2002, pg. 3
- Spiekers H, Pries M, Menke A, Gruber L (2006) Abschätzen der Futteraufnahme beim Rind. Einsatz der neuen Schätzgleichung. [http://www.futtermit-tel.net/pdf/DLG-Informationen\\_1-2006\\_Futter-aufnahme.pdf](http://www.futtermit-tel.net/pdf/DLG-Informationen_1-2006_Futter-aufnahme.pdf) [29.9.2008]
- Staatliche Zentralverwaltung für Statistik (annual reports) Statistisches Jahrbuch 19XX der Deutschen Demokratischen Republik. Staatsverlag der Deutschen Demokratischen Republik, Berlin, 19XX
- StatBA FS3 R 3 - Statistisches Bundesamt (annual reports A). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 3: Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung 1993. Metzler-Poeschel, Stuttgart
- StatBA FS3 R 4 - Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4: Viehbestand und tierische Erzeugung (annual reports). Wiesbaden : Statistisches Bundesamt
- StatBA FS3 R 4.1 - Statistisches Bundesamt. Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4.1: Rinder und Schafbestand (annual reports). Wiesbaden : Statistisches Bundesamt
- StatBA FS3 R 4.2.1 - Statistisches Bundesamt (annual reports A). Fachserie 3 Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- StatBA FS4 R 8.2 - Statistisches Bundesamt (annual reports A). Fachserie 4 Reihe 8.2 Düngemittelversorgung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- Statistisches Bundesamt (ed) (2003) Statistisches Jahrbuch 2003 für die Bundesrepublik Deutschland. Tab. 8.27.2. Inlandsabsatz von Düngemitteln. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- Statistische Landesämter
- Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, Hamburg und Kiel
  - Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin
  - Statistisches Amt Saarland, Saarbrücken
  - Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart
  - Statistisches Landesamt Berlin, Berlin (until 2006)
  - Statistisches Landesamt Bremen, Bremen
  - Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, Kamenz
  - Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Bad Ems
  - Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Halle/Saale
- Reihen (published in 19XX or 20XX) by Statistische Landesämter
- Reihe C III 2-j/XX Schlachtungen und Fleischerzeugung
  - Reihe C III 3-j/XX Milcherzeugung
  - Reihe C III 6-j/XX Brut und Schlachtungen von Geflügel
  - Reihe C III 7-j/XX Legehennenhaltung und Eierzeugung
  - Reihe C III-1-j/XX Viehbestand
  - Reihe C II-j/XX Ernteberichterstattung und Feldfrüchte
  - Reihe C I-j/XX: Bodennutzung
- Steffens P (1996) Mires and peat resources in Germany. In: Lappalainen E (ed) Global Peat Resources. International Peat Society, Geological Survey of Finland, Jyskä, Finland. pp 75-78
- Stehfest E, Bouwman L (2006) N<sub>2</sub>O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modelling of global emissions. Nutr. Cyl. Agroecosyst. 74, 207-228
- Stevens RJ, Laughlin RJ (1998) Measurement of nitrous oxide and di-nitrogen emissions from agricultural soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems 52, 131-139
- StMLF - Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten (o.J.): HI-Tier – Datenbank. <http://www.hi-tier.de/zdb-adress.html>
- Streitz E (2008) Die Reserven aufspüren. DGS Magazin 5/2008, Ulmer, Stuttgart, 10-14
- Süphke EH (1988) Stoffwechselfparameter, Milchleistung und Futteraufnahme bei Deutschen Schwarz- und Rotbunt Kühen. Thesis, Institut für Tierzucht und Tierhaltung, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 188 pp
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2002) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2002 (Berichtsjahr 2001). <http://www.tll.de/agb01/pdf/agb02-2.pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt (2003) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2003 (Berichtsjahr 2002). [http://www.tll.de/agb03/pdf/agb03\\_1.pdf](http://www.tll.de/agb03/pdf/agb03_1.pdf)

- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2005) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2003 (Berichtsjahr 2002). <http://www.tll.de/agb05pdf/agb052pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2006) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2006 (Berichtsjahr 2005). <http://www.tll.de/agb06/pdf/agb06.pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2007) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2007 (Berichtsjahr 2006). <http://www.tll.de/agb07/pdf/agb07.pdf>
- ThMLNU – Thüringisches Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt (2009) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2009 (Berichtsjahre 2007 und 2008).  
<http://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1013.pdf>
- Thüringer Landesamt für Statistik, Erfurt  
see Statistische Landesämter
- TLL – Thüringische Landesanstalt für Landwirtschaft (2007) communicated data
- Tüller R (1990) Faustzahlen zur Geflügelmast. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1991. Ulmer, Stuttgart, pp. 58-72
- Tüller R (1991) Faustzahlen zur Geflügelmast. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1992. Ulmer, Stuttgart, pp. 61-74
- Tüller R (1999) Faustzahlen zur Geflügelmast. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2000. Ulmer, Stuttgart, pp. 120-135
- UBA – Umweltbundesamt (2005) Deutsches Treibhausgasinventar 1990 – 2003. Nationaler Inventarbericht 2005. Bericht-  
erstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Umweltbundesamt, Berlin. 504 pp
- UBA – Umweltbundesamt (2008) Deutsches Treibhausgasinventar 1990 – 2003. Nationaler Inventarbericht 2006. Bericht-  
erstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Umweltbundesamt, Berlin. 534 pp
- UFOP – Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen (2004) Anbauratgeber Süßlupine. UFOP-Praxisinformationen.  
[www.ufop.de/downloads/Praxisinfo\\_blaueSuesslupine.pdf](http://www.ufop.de/downloads/Praxisinfo_blaueSuesslupine.pdf)
- UN ECE – United Nations Economic Commission for Europe (2003) Guidelines for estimating and reporting emission  
data. Prepared by the Task Force on Emission Inventories and Projections and the secretariate. New York,  
<http://www.unecce.org/env/documents/2003/eb/air/ece.eb.air.80.E.pdf>
- UN ECE – United Nations Economic Commission for Europe (2005) <http://www.unecce.org/Welcome.html>
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2007) Report of the Subsidiary Board for Scien-  
tific and Technological Advice on its twenty-sixth session, held at Bonn from 7 to 18 May 2007, § 56.  
<http://unfccc.int/resource/docs/2007/sbsta/eng/04.pdf> [2009-08-04]
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2008) [http://unfccc.int/national\\_reports/ an-  
nex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/4303.php](http://unfccc.int/national_reports/ annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4303.php)
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2009) [http://unfccc.int/national\\_reports/ an-  
nex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/4771.php](http://unfccc.int/national_reports/ annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4771.php)
- UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2009b) Report of the individual review of the  
greenhouse gas inventories of Germany submitted in 2007 and 2008.  
[http://unfccc.int/documentation/documents/advanced\\_search/items/3594.php?rec=j&preref=600005219#beg](http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/3594.php?rec=j&preref=600005219#beg)
- Van Cleemput O (1998) Subsoils: chemo- and biological denitrification, N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> emissions. Nutrient Cycling  
Agroecosystems 52, 187-194
- Van der Hoek K, Hinz T (2007) Particulate matter emissions from arable production – a guide for UNECE emission inven-  
tories. In: Hinz T, Tamoschat-depolt K (Eds). Particulate matter in and from Agriculture. Landbauforschung Völken-  
rode, Special issue 308, 15-19
- van Es AJH (1975) Feed evaluation for dairy cows. Livest Prod Sci 2, 95-107
- Vermoesen A, van Cleemput O, Hofman G (1996) Long-term measurements of N<sub>2</sub>O emissions. Energy Convers Manage-  
ment 6-8, 1279-1284
- Versuchswesen Pflanzenbau Rheinland-Pfalz (2005) Versuchsbericht Körnerleguminosen 2005. Dienstleistungszentrum  
Ländlicher Raum. Bericht 6 / 2005. Bad Kreuznach: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum. 44 pp
- Walenzik G (1996) Auswirkungen von Bodenverdichtungen durch landwirtschaftliche Nutzung auf die N<sub>2</sub>- und N<sub>2</sub>O-  
Emissionen aus dem Boden. PhD Thesis Universität Hannover, Fachbereich Gartenbau, 130 pp
- Webb J (2001) Estimating the potential for ammonia emissions from livestock excreta and manures. Environ. Pollut. 111,  
395-406
- Webb J, Misselbrook TH (2004) A mass-flow model of ammonia emissions from UK livestock production, Atmospheric  
Environment 38, 2163-2176
- Webb J, Misselbrook TH, Sutton MA (2005) Ammonia emission inventories, uncertainty and sensitivity analysis. In:  
Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko (eds) Emissions from European Agriculture. Wageningen : Wageningen  
Academic Publishers, pp 113-124
- Wecke C, Sünder A, Liebert F (2006) Untersuchungen zum Futterwert von Sojalezithin – Vorläufige Ergebnisse (Feeding  
value of soya lecithine – preliminary results). In: Rodehurscord M (ed.) 9. Tagung Schweine- und Geflügelernährung,  
28.-30. November 2006. Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Universität Halle-Wittenberg. ISBN 3-  
86010-833-6
- Weier KL, MacRae IC, Myers RJK (1993) Denitrification in a clay soil under pasture and annual crop: estimation of poten-  
tial losses using intact soil cores. Soil Biol Biochem 25, 991-997
- Weiß, J (2010) Grundfutterleistung einheitlich berechnen. [http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/  
futtermittel/grundfutter.pdf](http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grundfutter.pdf) [2010-06-29]
- Weingarten P (1995) Das „Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“  
(RAUMIS). Ber Landwirtschaft 73, 272-302

- Wiedmann S, Damme K (2008) Klare Unterscheide in der Leistung. DGS Magazin 9/2008, Ulmer, Stuttgart, 24-34
- Weymann D, Well R, Flessa H, von der Heide C, Deurer M, Meyer K, Konrad C, Walther W (2008) Ground water N<sub>2</sub>O emission factors of nitrate-contaminated aquifers as derived from denitrification progress and N<sub>2</sub>O accumulation. Bio-geosciences 5, 1215 – 1226
- Yan T, Agnew RE, Gordon FJ, Porter MG (2000) Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage diets. Livest Prod Sci 64, 253 – 263
- YARA (2009) Kalkammonsalpeter. [http://fert.yara.de/de/products/product\\_range/nitrogen\\_fertilizers/calcium\\_amm\\_nit.html](http://fert.yara.de/de/products/product_range/nitrogen_fertilizers/calcium_amm_nit.html) [2009-07-28]
- ZDS – Zentralverband der Deutschen Schweineproduktion e.V. (1990 to 2009) Zahlen aus der Deutschen Schweineproduktion. Annual reports. ZDS, Bonn
- ZMB – Zentrale Milchmarkt Berichterstattung GmbH (2009). ZMB-Jahrbuch Milch. ZMB, Berlin
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (1990 to 2006). Eier und Geflügel. Annual reports. ZMP, Bonn
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (1990 to 2006). Milch. Annual reports. ZMP, Bonn
- ZMP – Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH (2004). Geflügel 42(25), pg. 6



**Lieferbare Sonderhefte / Special issues available**

310	Hans-Joachim Weigel und Stefan Schrader (Hrsg.) (2007) <b>Forschungsarbeiten zum Thema Biodiversität aus den Forschungseinrichtungen des BMELV</b>	13,00 €
311	Mamdoh Sattouf (2007) <b>Identifying the Origin of Rock Phosphates and Phosphorus Fertilisers Using Isotope Ratio Techniques and Heavy Metal Patterns</b>	12,00 €
312	Fahmia Aljmli (2007) <b>Classification of oilseed rape visiting insects in relation to the sulphur supply</b>	15,00 €
313	Wilfried Brade und Gerhard Flachowsky (Hrsg.) (2007) <b>Rinderzucht und Rindfleischerzeugung – Empfehlungen für die Praxis</b>	10,00 €
314	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2007) <b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau, Schwerpunkt: Pflanze</b>	12,00 €
315	Andreas Tietz (Hrsg.) (2007) <b>Ländliche Entwicklungsprogramme 2007 bis 2013 in Deutschland im Vergleich – Finanzen, Schwerpunkte, Maßnahmen</b>	12,00 €
316	Michaela Schaller und Hans-Joachim Weigel (2007) <b>Analyse des Sachstands zu Auswirkungen von Klimaveränderungen auf die deutsche Landwirtschaft und Maßnahmen zur Anpassung</b>	16,00 €
317	Jan-Gerd Krentler (2008) <b>Vermeidung von Boden- und Grundwasserbelastungen beim Bau von Güllelagern Prevention of soil and groundwater contamination from animal waste storage facilities</b>	12,00 €
318	Yelto Zimmer, Stefan Berenz, Helmut Döhler, Folkhard Isermeyer, Ludwig Leible, Norbert Schmitz, Jörg Schweinle, Thore Toews, Ulrich Tuch, Armin Vetter, Thomas de Witte (2008) <b>Klima- und energiepolitische Analyse ausgewählter Bioenergie-Linien</b>	14,00 €
319	Ludger Grünhage and Hans-Dieter Haenel (2008) <b>Detailed documentation of the PLATIN (PLant-ATmosphere Interaction) model</b>	10,00 €
320	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2008) <b>Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2008</b>	14,00 €
321	Bernd Degen (Editor) (2008) <b>Proceedings of the international workshop “Fingerprinting methods for the identification of timber origins”, Bonn, October 8-9 2007</b>	18,00 €
322	Wilfried Brade, Gerhard Flachowsky, Lars Schrader (Hrsg.) (2008) <b>Legehuhnproduktion und Eierproduktion - Empfehlungen für die Praxis</b>	12,00 €
323	Christian Dominik Ebmeyer (2008) <b>Crop portfolio composition under shifting output price relations – Analyzed for selected locations in Canada and Germany –</b>	14,00 €
324	Ulrich Dämmgen (Hrsg.) (2009) <b>Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007</b> <b>Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft – Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2009 für 2007</b>	8,00 €
324A	<b>Tables</b> <b>Tabellen</b>	8,00 €
325	Frank Offermann, Martina Brockmeier, Horst Gömann, Werner Kleinhanß, Peter Kreins, Oliver von Ledebur, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Petra Salamon (2009) <b>vTI-Baseline 2008</b>	8,00 €

326	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2009) <b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2008</b>	8,00 €
327	Björn Seintsch, Matthias Dieter (Hrsg.) (2009) <b>Waldstrategie 2020</b> Tagungsband zum Symposium des BMELV, 10.-11. Dez. 2008, Berlin	18,00 €
328	Walter Dirksmeyer, Heinz Sourell (Hrsg.) (2009) <b>Wasser im Gartenbau</b> Tagungsband zum Statusseminar am 9. und 10. Februar 2009 im Forum des vTI in Braunschweig. Organisiert im Auftrag des BMELV	8,00 €
329	Janine Pelikan, Martina Brockmeier, Werner Kleinhanß, Andreas Tietz, Peter Weingarten (2009) <b>Auswirkungen eines EU-Beitritts der Türkei</b>	8,00 €
330	Walter Dirksmeyer (Hrsg.) (2009) <b>Status quo und Perspektiven des deutschen Produktionsgartenbaus</b>	14,00 €
331	Frieder Jörg Schwarz, Ulrich Meyer (2009) <b>Optimierung des Futterwertes von Mais und Maisprodukten</b>	12,00 €
332	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2009) <b>Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2009</b>	8,00 €
333	Frank Offermann, Horst Gömann, Werner Kleinhanß, Peter Kreins, Oliver von Ledebur, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Petra Salamon, Jörn Sanders (2010) <b>vTI-Baseline 2009 – 2019: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland</b>	10,00 €
334	Hans-Dieter Haenel (Hrsg.) (2010) <b>Calculations of Emissions from German Agriculture - National Emission Inventory Report (NIR) 2010 for 2008</b> <b>Berechnung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft - Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2010 für 2008</b>	12,00 €
335	Gerold Rahmann (Hrsg.) (2010) <b>Ressortforschung für den Ökologischen Landbau 2009</b>	8,00 €
336	Peter Kreins, Horst Behrendt, Horst Gömann, Claudia Heidecke, Ulrike Hirt, Ralf Kunkel, Kirsten Seidel, Björn Tetzlaff, Frank Wendland (2010) <b>Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser</b>	22,00 €
337	Ulrich Dämmgen, Lotti Thöni, Ralf Lump, Kerstin Gilke, Eva Seitler und Marion Bullinger (2010) <b>Feldexperiment zum Methodenvergleich von Ammoniak- und Ammonium-Konzentrationsmessungen in der Umgebungsluft, 2005 bis 2008 in Braunschweig</b>	8,00 €
338	Janine Pelikan, Folkhard Isermeyer, Frank Offermann, Jörn Sanders und Yelto Zimmer (2010) <b>Auswirkungen einer Handelsliberalisierung auf die deutsche und europäische Landwirtschaft</b>	10,00 €
339	Gerald Schwarz, Hiltrud Nieberg und Jörn Sanders (2010) <b>Organic Farming Support Payments in the EU</b>	14,00 €
340	Shrini K. Upadhyaya, D. K. Giles, Silvia Haneklaus, and Ewald Schnug (Editors) (2010) <b>Advanced Engineering Systems for Specialty Crops: A Review of Precision Agriculture for Water, Chemical, and Nutrient - Application, and Yield Monitoring</b>	8,00 €
341	Gerold Rahmann und Ulrich Schumacher (Hrsg.) (2010) <b>Praxis trifft Forschung — Neues aus der Ökologischen Tierhaltung 2010</b>	8,00 €
342	Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Eike Poddey, Ulrich Dämmgen, Helmut Döhler, Brigitte Eurich-Menden, Petra Laubach, Maria Dieterle, Bernhard Osterburg (2011) <b>Calculation of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2009</b> <b>Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2009</b>	12,00 €







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

**Sonderheft 342**  
*Special Issue*

**Preis / Price 12 €**

ISBN 978-3-86576-068-5

