

# **Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2016**

**Report on methods and data (RMD) Submission 2018**

# **Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2016**

**Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2018**

**Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring,  
Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler,  
Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg**

**Thünen Report 57**

**Bibliografische Information:**  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

*Bibliographic information:*  
*The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at [www.dnb.de](http://www.dnb.de)*

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

*Volumes already published in this series are available on the Internet at [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)*

**Zitationsvorschlag – Suggested source citation:**

**Haenel H-D, Rösemann C, Dämmgen U, Döring U, Wulf S, Eurich-Menden B, Freibauer A, Döhler H, Schreiner C, Osterburg B (2018)**  
Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2016 : Report on methods and data (RMD)  
Submission 2018. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 424 p, Thünen Rep 57  
DOI:10.3220/REP1519913866000

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

*The respective authors are responsible for the content of their publications.*



THÜNEN

**Thünen Report 57**

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[thuenen-report@thuenen.de](mailto:thuenen-report@thuenen.de)  
[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

ISSN 2196-2324  
ISBN 978-3-86576-181-1  
DOI:10.3220/REP1519913866000  
urn:nbn:de:gbv:253-201803-dn059722-0

# **Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2016**

**Report on methods and data (RMD) Submission 2018**

# **Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2016**

**Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2018**

**Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring,  
Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler,  
Carsten Schreiner, Bernhard Osterburgg**

**Thünen Report 57**

**Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich Dämmgen**

*Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture*

Thünen-Institut für Agrarklimaschutz (TI-AK)

Bundesallee 50

38116 Braunschweig

Germany

**Ulrike Döring**

*Federal Environment Agency*

Umweltbundesamt (UBA)

Wörlitzer Platz 1

06844 Dessau-Roßlau

Germany

**Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden**

*Association for Technology and Structures in Agriculture*

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)

Bartningstraße 49

64289 Darmstadt

Germany

**Annette Freibauer**

*Bavarian State Research Center for Agriculture*

Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz

Lange Point 12

85354 Freising

Germany

**Helmut Döhler**

*DoehlerAgrar*

DoehlerAgrar

Schloßweg 7

96190 Untermerzbach

Germany

**Carsten Schreiner**

*Federal Statistical Agency*

Statistisches Bundesamt (DESTATIS)

Graurheindorfer Str. 198

53117 Bonn

Germany

**Bernhard Osterburg**

*Thünen Institute of Rural Studies*

Thünen-Institut für Ländliche Räume (TI-LR)

Bundesallee 50

38116 Braunschweig

Germany

**Thünen Report 57**

Braunschweig/Germany, March 2018

## Acknowledgements / Danksagung

The authors would like to sincerely thank all the people who have helped with the preparation of this report through their input and assistance. The names are given in alphabetical order (in brackets the institution to which the persons concerned belong or belonged at the time of their contributions to this report).

Die Autoren möchten sich herzlich bei all denjenigen Personen bedanken, die bei der Erstellung dieses Berichts durch Zuarbeit und Mithilfe mitgewirkt haben. Die Angabe erfolgt in alphabetischer Ordnung (in Klammern die Institution, der die betreffenden Personen zum Zeitpunkt ihrer letzten Zuarbeit zum Bericht angehören bzw. angehörten).

B. Amon (University of Natural Resources and Applied Life Sciences / Universität für Bodenkultur, Vienna, 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)  
M. Dieterle (Federal Statistical Office / Statistisches Bundesamt, Bonn)  
N. Dreisbach (Association for Technology and Structures in Agriculture / Kuratorium für Technik und Bauwesen (KTBL), Darmstadt)  
G. Flachowsky (Federal Agricultural Research Centre / Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig)  
M. Freier (Federal Statistical Office / Statistisches Bundesamt, Bonn)  
S. Grebe (Association for Technology and Structures in Agriculture / Kuratorium für Technik und Bauwesen (KTBL), Darmstadt)  
M. Grün (FOOD GmbH, Jena)  
U. Häußermann (Association for Technology and Structures in Agriculture / Kuratorium für Technik und Bauwesen (KTBL), Darmstadt)  
M. Henning (Friedrich-Löffler-Institut, Neustadt)  
D. Höppner (Zentralverband der deutschen Geflügelwirtschaft e.V.)  
J. Küsters (Chamber of Agriculture Lower Saxony / Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Northeim)  
P. Lebzien (Friedrich-Löffler-Institut, Braunschweig)  
H. Meyer (Moorgut Kartzfehn von Kameke, Bösel)  
U. Meyer (Friedrich-Löffler-Institut, Braunschweig)  
M. Müller-Lindenlauf (Federal Statistical Office / Statistisches Bundesamt, Bonn)  
H. Kleine-Klausing (deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, Düsseldorf)  
H. Luesink (Agricultural Economics Research Institute, LEI, Den Haag, The Netherlands)  
E. Poddey (Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig)  
H. Prüße (Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig)  
J. Rogasik (Julius-Kühn-Institut, Braunschweig)  
M. Rönsch (Aschera Landwirtschaftsgesellschaft, Aschera)  
K. Schnabel (BEAG Agrar GmbH, Behringen)  
R. Spielmanns (Federal Statistical Office / Statistisches Bundesamt, Bonn)  
The colleagues in the EAGER<sup>1</sup> Group

---

<sup>1</sup> EAGER: European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network. EAGER is a core group of international scientists trying to improve and harmonize national ammonia emission inventory calculations ([www.eager.ch](http://www.eager.ch))



**CONTENTS / INHALT**

<b>List of Figures / Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
<b>List of Tables / Tabellenverzeichnis</b>	<b>XIV</b>
<b>Abbreviations and acronyms / Abkürzungen und Akronyme</b>	<b>XIX</b>
<b>Abstract / Zusammenfassung</b>	<b>XXIII</b>
<b>1 Introduction / Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2 Emission results in Submission 2018 / Emissionsergebnisse in Submission 2018</b>	<b>5</b>
<b>2.1 GHG emissions (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O) / THG-Emissionen (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O)</b>	<b>6</b>
<b>2.2 NH<sub>3</sub> emissions / NH<sub>3</sub>-Emissionen</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Comparison with submission 2017 / Vergleich mit Submission 2017</b>	<b>18</b>
<b>2.4 Collection of input data and emission results / Sammlung von Eingangsdaten und Ergebnissen</b>	<b>20</b>
<b>3 Inventory preparation / Die Inventarerstellung</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Symbols, units and definitions / Symbole, Einheiten und Definitionen</b>	<b>22</b>
3.1.1 Symbols and units / Symbole und Einheiten	22
3.1.2 Definitions / Definitionen	24
3.1.2.1 Emissions, emission factors and activity data / Emissionen, Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	24
3.1.2.2 Animal place and animal number / Tierplatz und Tierzahl	26
3.1.2.2.1 Average annual population / Mittlere jährliche Tierpopulation	26
3.1.2.2.2 Relation to animal places in practice / Zusammenhang mit Tierplätzen in der Praxis	27
3.1.2.3 Lifespan and duration of production cycle / Lebensdauer und Durchgangsdauer	27
3.1.2.4 Start weight, final live weight and carcass weight / Anfangs-, Lebendend- und Schlachtgewicht	27
3.1.2.5 Weight gain and weight gain rate / Gewichtszuwachs und Zuwachsrate	28
3.1.2.6 Mean weight / Mittleres Tiergewicht	29
3.1.2.7 Metabolic weight / Metabolisches Gewicht	29
<b>3.2 The inventory model GAS-EM / Das Inventar-Modell GAS-EM</b>	<b>30</b>
3.2.1 Guidance documents / Handbücher	30
3.2.2 Structure of the GAS-EM model / Struktur des GAS-EM-Modells	30
3.2.3 Choice of methodologies / Methodenwahl	33
3.2.4 The GAS-EM EXCEL® calculation files / Die GAS-EM EXCEL®-Rechendateien	34
3.2.5 Resolution in time and space / Zeitliche und räumliche Auflösung	34
<b>3.3 Basic methodologies / Grundlegende Methoden</b>	<b>35</b>
3.3.1 Energy requirements and feed intake of animals / Tierischer Energiebedarf und Futteraufnahme	35
3.3.2 CH <sub>4</sub> emissions from enteric fermentation / CH <sub>4</sub> -Emissionen aus der Verdauung	37
3.3.3 Excretions / Ausscheidungen	38
3.3.3.1 Excretions of VS / VS-Ausscheidungen	38
3.3.3.2 Excretions of N and TAN (or UAN) / Ausscheidungen von N und TAN (bzw. UAN)	39
3.3.4 Emissions from manure management / Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management	42
3.3.4.1 CH <sub>4</sub> emissions / CH <sub>4</sub> -Emissionen	42
3.3.4.2 NMVOC emissions from manure management / NMVOC-Emissionen aus Wirtschaftsdünger-Management	43
3.3.4.3 N emissions / N-Emissionen	45
3.3.4.3.1 N mass flow concept / N-Massenfluss-Konzept	45
3.3.4.3.2 Bedding in solid-manure systems / Einstreu in Festmistsystemen	48
3.3.4.3.3 Air scrubbing (NH <sub>3</sub> and PM) / Abluftreinigung(NH <sub>3</sub> und Partikel)	48
3.3.4.3.4 Transformation processes in the storage / Transformationsprozesse im Lager	49
3.3.4.3.5 The emission calculation procedure / Berechnung der Emissionen	49
3.3.4.3.6 Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	55
3.3.4.4 Digestion of manure and management of the digestate / Vergärung von Wirtschaftsdünger einschließlich Gärreste-Management	57
3.3.4.4.1 CH <sub>4</sub> emissions / CH <sub>4</sub> -Emissionen	58
3.3.4.4.2 Emissions of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / Emissionen von N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub>	61
3.3.4.4.3 NH <sub>3</sub> emissions / NH <sub>3</sub> -Emissionen	63
3.3.4.5 Emissions of particulate matter from animal husbandry / Partikelemissionen aus der Tierhaltung	66
3.3.5 Digestion of energy crops and management of the digestate / Vergärung von Energiepflanzen einschließlich Gärreste-Management	68
3.3.6 N <sub>2</sub> O-Emissions from agricultural soils / N <sub>2</sub> O-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden	68
3.3.7 Projections for 2020 / Projektionen für 2020	69
<b>3.4 Input data / Eingangsdaten</b>	<b>70</b>
3.4.1 Referencing formats for Official German Statistics / Zitierweise für deutsche Officialstatistiken	70

3.4.2	Animal numbers / Tierzahlen	70
3.4.2.1	Official surveys / Offizielle Erhebungen	71
3.4.2.2	Data used in the inventory / Im Inventar verwendete Daten	72
3.4.2.3	Comparison with livestock-population figures of the FAO / Vergleich mit Tierzahlen der FAO	75
3.4.3	Frequency distributions (housing, storage, spreading) and grazing data / Häufigkeitsverteilungen (Stall, Lager, Ausbringung) und Weidedaten	77
3.4.3.1	The years 1990 - 1999 (RAUMIS) / Die Jahre 1990 - 1999 (RAUMIS)	77
3.4.3.2	The year 2010 (LZ 2010) / Das Jahr 2010 (LZ 2010)	79
3.4.3.2.1	Housing systems, cattle / Haltungsverfahren, Rinder	80
3.4.3.2.2	Housing systems, pigs / Haltungsverfahren, Schweine	81
3.4.3.2.3	Housing systems, other animals / Haltungsverfahren, übrige Tiere	81
3.4.3.2.4	Slurry storage systems, cattle and pigs / Güllelagerverfahren, Rinder und Schweine	82
3.4.3.2.5	Other storage systems / Andere Lagerverfahren	82
3.4.3.2.6	Spreading of animal manures and digestate / Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Gärresten	82
3.4.3.2.7	Grazing times / Weidezeiten	83
3.4.3.3	The year 2015 (ASE 2016) / Das Jahr 2015 (ASE 2016)	84
3.4.3.4	Closure of the temporal data gaps / Schließung der zeitlichen Datenlücken	85
3.4.4	Data on the digestion of animal manures and energy crops / Daten zur Vergärung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen	87
3.4.4.1	Data bases used / Ausgangsdaten	87
3.4.4.2	Digestion of animal manures / Vergärung von Wirtschaftsdünger	87
3.4.4.2.1	Shares of digested manure and frequencies of gas tight residue storage / Anteile vergorenen Wirtschaftsdüngers und Häufigkeiten gasdichter Gärrestelager	87
3.4.4.2.2	Data for CH <sub>4</sub> emission calculations / Daten für CH <sub>4</sub> -Emissionsberechnung	89
3.4.4.2.3	Data for the calculation of N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> / Daten für die Berechnung von N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub>	91
3.4.4.2.4	Data for the calculation of NH <sub>3</sub> / Daten für die Berechnung von NH <sub>3</sub>	93
3.4.4.3	Digestion of energy crops / Vergärung von Energiepflanzen	95
3.4.5	Other activity data in animal husbandry / Andere Aktivitätsdaten in der Tierhaltung	95
3.4.5.1	Use of protein in pig feeding / Proteineinsatz in der Schweinefütterung	95
3.4.5.2	Air scrubber systems in pig husbandry / Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung	96
3.4.6	Data gaps and uncertainties / Datenlücken und Unsicherheiten	96
<b>3.5</b>	<b>Quality management / Qualitätsmanagement</b>	<b>97</b>
3.5.1	Quality management of emission inventory preparation at the Thünen Institute / Qualitätsmanagement der Emissionsinventarerstellung am Thünen-Institut	97
3.5.1.1	Quality checks at the Thünen Institute / Qualitätskontrolle am Thünen-Institut	98
3.5.1.2	Documentation and Archiving / Dokumentation und Archivierung	99
3.5.1.3	Quality assurance by the NaKo / Qualitätssicherung durch die NaKo	99
3.5.1.4	Quality assurance by external checks / Qualitätssicherung durch externe Überprüfungen	99
3.5.2	Changes with respect to the previous submission / Änderungen gegenüber der vorherigen Berichterstattung	100
<b>4</b>	<b>Cattle and buffalo / Rinder und Büffel</b>	<b>105</b>
<b>4.1</b>	<b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien</b>	<b>105</b>
4.1.1	Cattle and buffalo as of 2013 / Rinder und Büffel ab 2013	105
4.1.2	Buffalo 1990 – 2012 / Büffel 1990 – 2012	107
<b>4.2</b>	<b>Emission factors for all cattle and buffalo / Emissionsfaktoren für alle Rinder und Büffel</b>	<b>107</b>
4.2.1	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement	107
4.2.2	Nitrogen emissions / Stickstoffemissionen	108
4.2.2.1	NH <sub>3</sub> emission factors for housing and grazing / NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren für Stall und Weide	108
4.2.2.2	NH <sub>3</sub> and N <sub>2</sub> O emission factors for storage / NH <sub>3</sub> - und N <sub>2</sub> O-Emissionsfaktoren für die Lagerung	108
4.2.2.3	NH <sub>3</sub> emission factors for spreading / NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren für die Ausbringung	110
4.2.2.4	Uncertainties of the nitrogen emission factors / Unsicherheiten der Stickstoff-Emissionsfaktoren	112
<b>4.3</b>	<b>Dairy cows / Milchkühe</b>	<b>113</b>
4.3.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten	113
4.3.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	113
4.3.1.2	Milk yield and milk composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe	113
4.3.1.3	Animal weights / Tiergewichte	114
4.3.1.4	Animal weight gains / Tiergewichtszunahmen	115
4.3.1.5	Pregnancy / Trächtigkeit	116
4.3.1.6	Duration of calving interval, lactation period, and dry period / Dauer von Zwischenkalbezeit, Laktationsperiode und Trockenstehzeit	116
4.3.2	Energy requirements / Energiebedarf	117
4.3.2.1	The NEL system / Das NEL System	117
4.3.2.2	Overall annual NEL requirements / Jährlicher Gesamt-NEL-Bedarf	117



4.3.2.3	NEL requirement for maintenance / NEL-Bedarf für Erhaltung	118
4.3.2.4	NEL requirement to obtain feed / NEL-Bedarf für die Nahrungsaufnahme	118
4.3.2.5	NEL requirements for lactation / NEL-Bedarf für Laktation	118
4.3.2.6	NEL requirements for draft power / NEL-Bedarf für Zugleistungen	119
4.3.2.7	NEL requirements for pregnancy / NEL-Bedarf für die Trächtigkeit	119
4.3.2.8	NEL requirements for growth / NEL-Bedarf für Wachstum	119
4.3.2.9	Energy partitioning between lactation period and dry period / Energieaufteilung zwischen Laktationsperiode und Trockenstehzeit	119
4.3.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	121
4.3.3.1	Linking feed intake with energy requirements / Die Kombination von Futter-Aufnahme und Energiebedarf	121
4.3.3.2	Total dry matter intake / Gesamttrockenmasse-Aufnahme	121
4.3.3.3	Dry matter intake during lactation / Trockenmasse-Aufnahme während der Laktation	122
4.3.3.4	Dry matter intake during the dry period / Trockenmasse-Aufnahme während der Trockenstehzeit	124
4.3.3.5	Partitioning of roughage intake between house and pasture / Aufteilung der Raufutteraufnahme zwischen Stall und Weide	125
4.3.3.6	Assessment of gross energy intake / Bestimmung der Gesamtenergie-Aufnahme	125
4.3.4	Feed composition / Futterzusammensetzung	125
4.3.4.1	Modelling concept / Modellkonzept	125
4.3.4.2	Feed properties / Futtereigenschaften	126
4.3.4.3	Composition of the mixed diet / Zusammensetzung der gemischten Ration	128
4.3.4.4	Composition of the grass based diet / Zusammensetzung der Ration auf Grassilage-Basis	129
4.3.4.5	Impact of grazing on mean roughage properties / Einfluss von Weidegang auf mittlere Raufutter-Eigenschaften	130
4.3.4.6	Calculation of digestibility and metabolizability / Berechnung von Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit	130
4.3.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	131
4.3.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	132
4.3.7	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	133
4.3.8	N balance and N emissions / N-Bilanz und N-Emissionen	133
4.3.8.1	N intake / N-Aufnahme	133
4.3.8.2	Overall nitrogen excretion / Gesamtausscheidung von Stickstoff	133
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	134
4.3.8.4	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	135
4.3.8.5	Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide	136
4.3.8.5.1	N excreted in the house, the milking area and during grazing / N-Ausscheidungen im Stall, im Melkbereich und auf der Weide	136
4.3.8.5.2	Housing types and duration of grazing / Stalltypen und Dauer des Weidegangs	137
4.3.8.5.3	Partial emission factors "housing and grazing" / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“	137
4.3.8.6	Emissions during storage / Emissionen aus dem Lager	137
4.3.8.7	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	137
4.3.8.8	Emissions during spreading / Emissionen bei der Ausbringung	138
4.3.8.9	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	138
4.3.9	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	139
4.3.10	International comparison / Internationaler Vergleich	139
4.3.10.1	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	139
4.3.10.2	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	140
4.3.10.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	141
4.3.10.4	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	142
4.3.11	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	143
<b>4.4</b>	<b>Calves / Kälber</b>	<b>144</b>
4.4.1	Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten	144
4.4.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	144
4.4.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen	144
4.4.2	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	145
4.4.3	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	145
4.4.4	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement	145
4.4.5	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	146
4.4.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	146
4.4.6.1	N excretion / N-Ausscheidung	146
4.4.6.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	146
4.4.6.3	Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide	147
4.4.6.4	Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung	147

4.4.6.5	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	147
4.4.6.6	Uncertainty of emission factors and activity data / Unsicherheit der Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	147
4.4.7	Emission of particulate matter / Partikelemissionen	147
4.4.8	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	147
<b>4.5</b>	<b>Heifers / Färsen</b>	<b>149</b>
4.5.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten	149
4.5.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	149
4.5.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen	149
4.5.1.2.1	Animal weights / Tiergewichte	150
4.5.1.2.2	Life span and mean weight gain / Dauer des Lebensabschnitts und mittlere Gewichtszunahme	150
4.5.2	Energy requirements / Energiebedarf	151
4.5.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	152
4.5.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	155
4.5.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement	155
4.5.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	155
4.5.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	156
4.5.7.1	N excretion / N-Ausscheidung	156
4.5.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	156
4.5.7.3	Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und Weide	156
4.5.7.4	Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung	156
4.5.7.5	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	157
4.5.7.6	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	157
4.5.8	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	157
4.5.9	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	157
<b>4.6</b>	<b>Male beef cattle / Männliche Mastrinder</b>	<b>158</b>
4.6.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten	158
4.6.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	158
4.6.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen	158
4.6.2	Energy requirements / Energiebedarf	161
4.6.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	162
4.6.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	163
4.6.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement	163
4.6.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	163
4.6.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	164
4.6.7.1	N excretion / N-Ausscheidung	164
4.6.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	164
4.6.7.3	Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und von der Weide	164
4.6.7.4	Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung	164
4.6.7.5	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	165
4.6.7.6	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	165
4.6.8	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	165
4.6.9	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	165
<b>4.7</b>	<b>Suckler cows / Mutterkühe</b>	<b>167</b>
4.7.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten	167
4.7.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	167
4.7.1.2	Animal weight / Tiergewicht	168
4.7.2	Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme	168
4.7.3	Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung	168
4.7.4	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement	168
4.7.5	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	169
4.7.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	169
4.7.6.1	N excretion / N-Ausscheidung	169
4.7.6.2	N input with straw / N-Einträge mit Stroh	169
4.7.6.3	Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und von der Weide	170
4.7.6.4	Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung	170
4.7.6.5	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	170
4.7.6.6	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	170
4.7.7	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	170
4.7.8	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	171
<b>4.8</b>	<b>Mature males &gt; 2 years / Männliche Rinder &gt; 2 Jahre</b>	<b>172</b>

4.8.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten	172
4.8.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	172
4.8.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen	172
4.8.2	Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme	172
4.8.3	Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung	173
4.8.4	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement	173
4.8.5	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	174
4.8.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	174
4.8.6.1	N excretion / N-Ausscheidung	174
4.8.6.2	N input with straw / N-Eintrag mit Stroh	174
4.8.6.3	Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und von der Weide	174
4.8.6.4	Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung	174
4.8.6.5	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	175
4.8.6.6	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	175
4.8.7	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	175
4.8.8	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	175
<b>4.9</b>	<b>Aggregated data for cattle except dairy cows (other cattle) / Zusammenfassung: Rinder ohne Milchkühe (übrige Rinder)</b>	<b>176</b>
4.9.1	Animal numbers / Tierzahlen	176
4.9.2	Aggregation of IEF and animal characteristics / Aggregierung von IEF und Tiercharakteristika	176
4.9.2.1	Animal place-related quantities / Tierplatzbezogene Größen	177
4.9.2.2	Relative quantities / Relative Größen	178
4.9.2.3	Pregnancy / Trächtigkeit	180
4.9.3	International comparison / Internationaler Vergleich	180
4.9.3.1	Mean IEF for methane from enteric fermentation and mean performance data / Mittlere IEF für Methan aus der Verdauung und mittlere Leistungsdaten	180
4.9.3.2	Mean IEF for methane from manure management and emission explaining variables / Mittlere IEF für Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management und emissionserklärende Variablen	181
4.9.3.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	182
4.9.3.4	Mean IEF for particulate matter / Mittlere IEF für Partikel	182
4.9.4	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	183
<b>5</b>	<b>Pigs / Schweine</b>	<b>184</b>
<b>5.1</b>	<b>Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien</b>	<b>184</b>
<b>5.2</b>	<b>Emission factors for all pigs / Emissionsfaktoren für alle Schweine</b>	<b>184</b>
5.2.1	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management	184
5.2.2	Nitrogen emissions / Stickstoffemissionen	185
5.2.2.1	NH <sub>3</sub> emission factors for housing / NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren für Ställe	185
5.2.2.2	NH <sub>3</sub> and N <sub>2</sub> O emission factors for storage / NH <sub>3</sub> - und N <sub>2</sub> O -Emissionsfaktoren für die Lagerung	186
5.2.2.3	NH <sub>3</sub> emission factors for spreading / NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren für die Ausbringung	188
5.2.2.4	Uncertainties of the nitrogen emission factors / Unsicherheiten der Stickstoff-Emissionsfaktoren	190
<b>5.3</b>	<b>Sows and suckling-pigs / Sauen und Saugferkel</b>	<b>190</b>
5.3.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten	190
5.3.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	190
5.3.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen	191
5.3.2	Energy requirements / Energiebedarf	191
5.3.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	193
5.3.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	194
5.3.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management	194
5.3.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	195
5.3.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	195
5.3.7.1	N excretion / N-Ausscheidung	195
5.3.7.2	Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh	196
5.3.7.3	Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall	197
5.3.7.4	Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung	197
5.3.7.5	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	197
5.3.7.6	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	197
5.3.8	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	197
5.3.9	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	198
<b>5.4</b>	<b>Weaners / Aufzuchtferkel</b>	<b>199</b>
5.4.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten	199
5.4.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	199

5.4.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen	200
5.4.1.3	Duration of weaner lifespan / Dauer der Aufzuchtferkel-Lebensphase	201
5.4.2	Energy requirements / Energiebedarf	201
5.4.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	202
5.4.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	203
5.4.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement	203
5.4.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	203
5.4.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	204
5.4.7.1	N excretion / N-Ausscheidung	204
5.4.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	204
5.4.7.3	Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen	204
5.4.7.4	Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall	205
5.4.7.5	Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung	205
5.4.7.6	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	205
5.4.7.7	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	205
5.4.8	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	205
5.4.9	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	205
<b>5.5</b>	<b>Fattening pigs / Mastschweine</b>	<b>207</b>
5.5.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten	207
5.5.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	207
5.5.1.2	Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen	207
5.5.1.3	Duration of fattening / Mastdauer	209
5.5.2	Energy requirements / Energiebedarf	209
5.5.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	212
5.5.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	214
5.5.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement	215
5.5.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	215
5.5.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	215
5.5.7.1	N excretion / N-Ausscheidung	215
5.5.7.2	Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh	216
5.5.7.3	Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen	216
5.5.7.4	Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall	216
5.5.7.5	Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung	216
5.5.7.6	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	217
5.5.7.7	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	217
5.5.8	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	217
5.5.9	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	217
<b>5.6</b>	<b>Breeding boars / Zuchteber</b>	<b>218</b>
5.6.1	Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten	218
5.6.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	218
5.6.1.2	Animal weight / Tiergewicht	218
5.6.2	Energy requirements / Energiebedarf	218
5.6.3	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	219
5.6.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	219
5.6.5	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement	219
5.6.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	220
5.6.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	220
5.6.7.1	N excretion / N-Ausscheidung	220
5.6.7.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	220
5.6.7.3	Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen	220
5.6.7.4	Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall	220
5.6.7.5	Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung	221
5.6.7.6	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	221
5.6.7.7	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	221
5.6.8	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	221
5.6.9	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	221
<b>5.7</b>	<b>Pigs – collective description / Schweine – zusammenfassende Daten</b>	<b>222</b>
5.7.1	Animal numbers /Tierzahlen	222
5.7.2	Aggregation of IEF and animal characteristics / Aggregierung von IEF und Tiercharakteristika	222
5.7.3	International comparison / Internationaler Vergleich	223
5.7.4	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	226

<b>6</b>	<b>Small ruminants / Kleine Wiederkäuer</b>	<b>227</b>
<b>6.1</b>	<b>Small ruminants, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei kleinen Wiederkäuern</b>	<b>227</b>
<b>6.2</b>	<b>Sheep – all subcategories / Schafe insgesamt</b>	<b>227</b>
6.2.1	Animal numbers and husbandry details / Tierzahlen und Haltungsdetails	227
6.2.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	227
6.2.1.2	Husbandry details / Haltungsdetails	228
6.2.2	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	228
<b>6.3</b>	<b>Adult sheep / Erwachsene Schafe</b>	<b>229</b>
6.3.1	Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails	229
6.3.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	229
6.3.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	230
6.3.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	230
6.3.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	230
6.3.6	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	231
6.3.7	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	231
<b>6.4</b>	<b>Lambs / Lämmer</b>	<b>232</b>
6.4.1	Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails	232
6.4.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	233
6.4.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	233
6.4.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	233
6.4.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	234
6.4.6	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	235
6.4.7	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	235
<b>6.5</b>	<b>Sheep – collective description / Schafe - zusammenfassende Daten</b>	<b>236</b>
6.5.1	Mean animal weight / Mittleres Tiergewicht	236
6.5.2	Mean excretion rates / Mittlere Ausscheidungen	236
6.5.3	International comparison / Internationaler Vergleich	236
6.5.4	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	238
<b>6.6</b>	<b>Goats / Ziegen</b>	<b>239</b>
6.6.1	Animal number and animal performance / Tierzahlen und Leistungsdaten	239
6.6.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	239
6.6.1.2	Animal weights / Tiergewicht	239
6.6.1.3	Management details / Haltungsdetails	239
6.6.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	240
6.6.3	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management	240
6.6.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	240
6.6.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	241
6.6.6	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	241
6.6.7	International comparison / Internationaler Vergleich	242
6.6.8	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	243
<b>7</b>	<b>Horses, asses and mules / Pferde, Esel und Maultiere</b>	<b>244</b>
<b>7.1</b>	<b>Formation of subcategories / Untergliederung in Subkategorien</b>	<b>244</b>
7.1.1	Animal numbers and husbandry details / Tierzahlen und Haltungsdetails	244
7.1.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	244
7.1.1.2	Management details / Haltungsdetails	244
7.1.2	Methane from manure management – characteristic values / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management - charakteristische Größen	245
7.1.3	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	245
7.1.4	IEF uncertainties for NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO, and N <sub>2</sub> from manure management / IEF-Unsicherheiten für NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management	245
<b>7.2</b>	<b>Heavy horses / Großpferde</b>	<b>246</b>
7.2.1	Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme	246
7.2.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	246
7.2.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	247
7.2.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	247
7.2.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	247
7.2.6	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	248
7.2.7	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	248
<b>7.3</b>	<b>Light horses, ponies, asses and mules / Kleinpferde, Ponys, Esel und Maultiere</b>	<b>249</b>
7.3.1	Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme	249
7.3.2	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	249
7.3.3	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	250

7.3.4	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	250
7.3.5	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	250
7.3.6	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	251
7.3.7	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	251
<b>7.4</b>	<b>Equidae – collective description / Equiden - zusammenfassende Daten</b>	<b>252</b>
7.4.1	Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme	252
7.4.2	Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen	252
7.4.3	International comparison / Internationaler Vergleich	252
7.4.4	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	254
<b>8</b>	<b>Poultry / Geflügel</b>	<b>255</b>
<b>8.1</b>	<b>Formation of subcategories / Untergliederung in Subkategorien</b>	<b>255</b>
<b>8.2</b>	<b>Emission factors used for all poultry subcategories / Für alle Geflügel-Unterkategorien gültige Emissionsfaktoren</b>	<b>256</b>
8.2.1	N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> from housing and storage / N <sub>2</sub> O, NO und N <sub>2</sub> aus Stall und Lager	256
8.2.2	NH <sub>3</sub> emission factors / NH <sub>3</sub> -Emissionsfaktoren	257
8.2.3	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	257
<b>8.3</b>	<b>Laying hens / Legehennen</b>	<b>258</b>
8.3.1	Animal numbers / Tierzahlen	258
8.3.2	Data on laying hen husbandry and egg production / Haltungs- und Legeleistungsdaten	259
8.3.3	Energy requirements / Energiebedarf	261
8.3.3.1	Metabolisable energy / Umsetzbare Energie	261
8.3.3.2	Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie	261
8.3.3.3	Metabolisable energy needed to obtain food / Energiebedarf für Nahrungsaufnahme	262
8.3.3.4	Metabolisable energy needed for egg production / Energiebedarf für Eiproduktion	262
8.3.3.5	Metabolisable energy for growth / Energiebedarf für Wachstum	262
8.3.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	262
8.3.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	263
8.3.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	263
8.3.7	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	264
8.3.8	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	264
8.3.8.1	N excretion / N-Ausscheidung	264
8.3.8.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	265
8.3.8.3	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren	265
8.3.8.4	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	267
8.3.8.5	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	268
8.3.9	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	268
8.3.10	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	268
<b>8.4</b>	<b>Broilers / Masthähnchen und –hühnchen</b>	<b>269</b>
8.4.1	Animal numbers / Tierzahlen	269
8.4.2	Meat production / Fleischproduktion	269
8.4.2.1	Mean duration of fattening / Mittlere Mastdauer	269
8.4.2.2	Animal weights / Tiergewichte	270
8.4.2.2.1	Live weight / Lebendgewicht	270
8.4.2.2.2	Broiler meat production and carcass weight / Hähnchenfleischproduktion und Ausschachtungsgrad	270
8.4.3	Feed intake / Futteraufnahme	271
8.4.4	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	272
8.4.5	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	272
8.4.6	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	273
8.4.7	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	273
8.4.7.1	N excretion / N-Ausscheidung	273
8.4.7.2	N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter	274
8.4.7.3	N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper	274
8.4.7.4	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	275
8.4.7.5	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren	275
8.4.7.6	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	276
8.4.7.7	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	276
8.4.8	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	276
8.4.9	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	276
<b>8.5</b>	<b>Pullets / Junghennen</b>	<b>278</b>
8.5.1	Animal numbers / Tierzahlen	278

8.5.2	Animal weights and husbandry details / Tiergewichte und Haltungsdetails	279
8.5.3	Energy requirements / Energiebedarf	279
8.5.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	279
8.5.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	281
8.5.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	281
8.5.7	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	281
8.5.8	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	282
8.5.8.1	N excretion rates / N-Ausscheidungen	282
8.5.8.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	282
8.5.8.3	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren	283
8.5.8.4	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	283
8.5.8.5	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	284
8.5.9	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	284
8.5.10	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	284
<b>8.6</b>	<b>Geese / Gänse</b>	<b>285</b>
8.6.1	Animal numbers / Tierzahlen	285
8.6.2	Animal weights / Tiergewichte	285
8.6.3	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	285
8.6.4	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	285
8.6.5	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	286
8.6.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	286
8.6.7	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	287
8.6.8	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	288
<b>8.7</b>	<b>Ducks / Enten</b>	<b>289</b>
8.7.1	Animal numbers / Tierzahlen	289
8.7.2	Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer	289
8.7.3	Energy requirements / Energiebedarf	289
8.7.4	Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme	290
8.7.5	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	291
8.7.6	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	291
8.7.7	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	291
8.7.8	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	292
8.7.8.1	N excretion rates / N-Ausscheidungen	292
8.7.8.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	292
8.7.8.3	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren	293
8.7.8.4	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	294
8.7.8.5	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	294
8.7.9	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	294
8.7.10	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	294
<b>8.8</b>	<b>Turkeys / Puten</b>	<b>296</b>
8.8.1	Animal numbers / Tierzahlen	296
8.8.2	Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung	297
8.8.2.1	Animal weights and fattening period durations / Tiergewichte und Mastdauern	297
8.8.2.2	Energy requirements / Energiebedarf	298
8.8.2.3	Feed intake and feed properties / Futteraufnahme und Futtereigenschaften	299
8.8.3	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	300
8.8.4	Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management	300
8.8.5	NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen	300
8.8.6	Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies	300
8.8.6.1	N excretion rates / N-Ausscheidungen	301
8.8.6.2	N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh	301
8.8.6.3	Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren	301
8.8.6.4	Indirect N <sub>2</sub> O from manure management / Indirektes N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	302
8.8.6.5	Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten	303
8.8.7	Emissions of particulate matter / Partikelemissionen	303
8.8.8	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	303
<b>8.9</b>	<b>Poultry – collective description / Geflügel - zusammenfassende Daten</b>	<b>304</b>
8.9.1	Aggregated data for poultry / Zusammenfassende Daten für Geflügel	304
8.9.1.1	Animal numbers / Tierzahlen	304
8.9.1.2	Animal weights / Tiergewichte	304
8.9.1.3	Calculation of mean VS and N excretions / Berechnung mittlerer VS- und N-Ausscheidungen	305

8.9.1.4	Implied emission factors (IEF) / Aggregierte Emissionsfaktoren (IEF)	305
8.9.2	International comparison / Internationaler Vergleich	305
8.9.3	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	308
<b>9</b>	<b>Deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals / Gehegewild, Kaninchen, Strauße und Pelztiere</b>	<b>309</b>
9.1	Overview / Überblick	309
9.2	Animal numbers / Tierplatzzahlen	309
9.3	CH <sub>4</sub> from enteric fermentation / CH <sub>4</sub> aus der Verdauung	310
9.4	CH <sub>4</sub> from manure management and free range / CH <sub>4</sub> aus Wirtschaftsdünger-Management und Freiland	311
9.5	N emissions from housing and storage / N-Emissionen aus Stall und Lager	311
9.5.1	Excretions of total N and TAN / Ausscheidungen von Gesamt-N und TAN	311
9.5.2	NH <sub>3</sub> from housing and storage / NH <sub>3</sub> aus Stall und Lager	312
9.5.3	Direct N <sub>2</sub> O from housing and storage / Direktes N <sub>2</sub> O aus Stall und Lager	313
9.5.4	NO and N <sub>2</sub> from housing and storage / NO und N <sub>2</sub> aus Stall und Lager	313
9.5.5	Indirect N <sub>2</sub> O from housing and storage / Indirektes N <sub>2</sub> O aus Stall und Lager	313
9.6	NH <sub>3</sub> from spreading and free range / NH <sub>3</sub> aus Ausbringung und Freilandaufenthalt	314
9.7	N <sub>2</sub> O from agricultural soils / N <sub>2</sub> O aus landwirtschaftlichen Böden	314
9.7.1	Direct N <sub>2</sub> O / Direktes N <sub>2</sub> O	314
9.7.2	Indirect N <sub>2</sub> O / Indirektes N <sub>2</sub> O	315
<b>10</b>	<b>Digestion of energy crops / Vergärung von Energiepflanzen</b>	<b>316</b>
10.1	Activity data and parameters / Aktivitätsdaten und Parameter	316
10.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	318
10.2.1	Emission factors / Emissionsfaktoren	318
10.2.2	Uncertainties of the emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren	320
10.3	References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung	321
<b>11</b>	<b>Direct emissions from managed agricultural soils and cultures / Direkte Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen und Kulturen</b>	<b>322</b>
11.1	Application of mineral fertilizers / Mineraldüngeranwendung	324
11.1.1	Activity data: Amounts of fertilizers / Aktivitätsdaten: Düngermengen	324
11.1.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	325
11.1.2.1	Emissions of NH <sub>3</sub> / NH <sub>3</sub> -Emissionen	325
11.1.2.2	Emissions of N <sub>2</sub> O / N <sub>2</sub> O-Emissionen	325
11.1.2.3	Emissions of NO / NO-Emissionen	326
11.2	Application of animal manures / Wirtschaftsdüngeranwendung	327
11.2.1	Activity data / Aktivitätsdaten	327
11.2.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	327
11.3	Application of digestate from energy crops / Ausbringung der Gärreste aus der Energiepflanzen-Vergärung	328
11.3.1	Activity data / Aktivitätsdaten	328
11.3.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	328
11.4	Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen	329
11.4.1	Activity data / Aktivitätsdaten	329
11.4.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	331
11.4.2.1	Emissions of NH <sub>3</sub> / NH <sub>3</sub> -Emissionen	331
11.4.2.2	Emissions of N <sub>2</sub> O / N <sub>2</sub> O-Emissionen	331
11.4.2.3	Emissions of NO / NO-Emissionen	331
11.5	Grazing / Weidegang	332
11.5.1	Activity data / Aktivitätsdaten	332
11.5.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	332
11.6	Management of drained organic soils / Bewirtschaftung drainierter organischer Böden	334
11.6.1	Activity data / Aktivitätsdaten	334
11.6.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	334
11.7	Crop residues / Ernterückstände	336
11.7.1	Activity data / Aktivitätsdaten	336
11.7.1.1	Area under cultivation / Anbauflächen	336
11.7.1.2	Yields / Erträge	336
11.7.1.3	Constants for agricultural crops and grassland / Konstanten für Grünland und Ackerland	336
11.7.1.3.1	Nitrogen content of the above-ground crop residues ( $x_{N, \text{above}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der oberirdischen Ernterückstände ( $x_{N, \text{above}, i}$ )	337
11.7.1.3.2	Nitrogen content of below ground crop residues ( $x_{N, \text{below}, i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der unterirdischen Ernterückstände ( $x_{N, \text{below}, i}$ )	337
11.7.1.3.3	Dry matter content of yield and above ground residues ( $x_{Y, DM, i} / x_{AGR, DM, i}$ ) / Trockenmassegehalte von Erntegut und oberirdischen Ernterückständen ( $x_{Y, DM, i} / x_{AGR, DM, i}$ ):	337



11.7.1.3.4	Ratio of above ground crop residues to yield ( $a_{\text{above}, i}$ ) / Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ( $a_{\text{above}, i}$ )	337
11.7.1.3.5	Ratio of below ground crop residues to above ground biomass ( $a_{\text{below, Bio}, i}$ ) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur oberirdischen Biomasse ( $a_{\text{below, Bio}, i}$ )	338
11.7.1.3.6	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 ( $x_{\text{mow}, i}$ )	338
11.7.1.4	Constants needed for horticultural crops / Für Gemüse benötigte Konstanten	338
11.7.1.4.1	Ratio of crop residues to yield ( $a_i$ ) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte ( $a_i$ )	339
11.7.1.4.2	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 ( $x_{N, \text{yield}, i}$ ):	339
11.7.1.4.3	Factor for not harvested horticultural crops ( $\delta_{\text{HC}}$ ) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse ( $\delta_{\text{HC}}$ )	339
11.7.1.5	Overview of data used to estimate the activity data / Übersicht über die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten	339
11.7.1.6	Uncertainty of activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten	340
11.7.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	340
11.7.2.1	The method applied / Angewandte Methode	340
<b>11.8</b>	<b>Field burning of agricultural residues / Verbrennen von Ernterückständen</b>	<b>342</b>
11.8.1	Overview / Übersicht	342
11.8.2	Details / Details	342
<b>11.9</b>	<b>CO<sub>2</sub> from liming / CO<sub>2</sub> aus Kalkung</b>	<b>343</b>
11.9.1	Activity data / Aktivitätsdaten	343
11.9.1.1	Official data / Offizielle Daten	343
11.9.1.2	Share of Dolomite / Dolomit-Anteil	344
11.9.1.3	Conversion of fertilizer amounts into emission factor units / Umrechnung der Düngermengen auf Emissionsfaktor-Einheiten	345
11.9.1.4	Uncertainties of the activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten	345
11.9.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	346
<b>11.10</b>	<b>CO<sub>2</sub> from application of urea / CO<sub>2</sub> aus Harnstoffanwendung</b>	<b>347</b>
11.10.1	Activity data / Aktivitätsdaten	347
11.10.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	347
<b>11.11</b>	<b>NM VOC from cultivated crops / NM VOC aus landwirtschaftlichen Kulturen</b>	<b>349</b>
11.11.1	Activity data / Aktivitätsdaten	349
11.11.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	349
<b>11.12</b>	<b>Emissions of HCB / HCB-Emissionen</b>	<b>351</b>
11.12.1	Activity data / Aktivitätsdaten	352
11.12.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	354
<b>11.13</b>	<b>Emissions of particulate matter / Partikelemissionen</b>	<b>356</b>
11.13.1	Activity data / Aktivitätsdaten	356
11.13.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	356
<b>11.14</b>	<b>International comparison / Internationaler Vergleich</b>	<b>357</b>
<b>11.15</b>	<b>References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung</b>	<b>360</b>
<b>12</b>	<b>Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen</b>	<b>362</b>
<b>12.1</b>	<b>Deposition of reactive nitrogen / Deposition von reaktivem Stickstoff</b>	<b>362</b>
12.1.1	Activity data / Aktivitätsdaten	362
12.1.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	363
<b>12.2</b>	<b>Leaching and runoff of nitrogen / Ausgewaschener und abgeflossener Stickstoff</b>	<b>364</b>
12.2.1	Activity data / Aktivitätsdaten	364
12.2.2	Calculation of emissions / Emissionsberechnung	365
<b>12.3</b>	<b>International comparison of data / Internationaler Datenvergleich</b>	<b>365</b>
<b>12.4</b>	<b>References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung</b>	<b>365</b>
<b>13</b>	<b>Fractions / Verhältniszahlen</b>	<b>366</b>
<b>13.1</b>	<b>Frac<sub>GASF</sub></b>	<b>366</b>
<b>13.2</b>	<b>Frac<sub>GASM</sub></b>	<b>366</b>
<b>13.3</b>	<b>Frac<sub>LEACH</sub></b>	<b>366</b>
<b>13.4</b>	<b>International comparison of data / Internationaler Datenvergleich</b>	<b>367</b>
<b>13.5</b>	<b>References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung</b>	<b>367</b>
<b>14</b>	<b>Overall emission inventory uncertainty / Emissionsinventar-Gesamtunsicherheit</b>	<b>368</b>
<b>14.1</b>	<b>Overview / Überblick</b>	<b>368</b>
<b>14.2</b>	<b>Gaussian error propagation and 95 % confidence interval / Gaußsche Fehlerfortpflanzung und 95 %-Konfidenzintervall</b>	<b>369</b>
<b>14.3</b>	<b>IEF uncertainty for methane / IEF-Unsicherheit für Methan</b>	<b>371</b>
14.3.1	Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung	371

14.3.2	Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management	371
<b>14.4</b>	<b>IEF uncertainties for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> / IEF-Unsicherheiten für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub></b>	<b>371</b>
14.4.1	IEF uncertainty for N <sub>2</sub> O from manure management / IEF-Unsicherheit für N <sub>2</sub> O aus dem Wirtschaftsdünger-Management	371
14.4.2	IEF uncertainty for NO and N <sub>2</sub> from manure management / IEF-Unsicherheit für NO und N <sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management	373
14.4.3	IEF uncertainty for N <sub>2</sub> O from agricultural soils / IEF-Unsicherheit für N <sub>2</sub> O aus landwirtschaftlichen Böden	373
<b>14.5</b>	<b>IEF uncertainty for NH<sub>3</sub> from manure management / IEF-Unsicherheit für NH<sub>3</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management</b>	<b>374</b>
<b>14.6</b>	<b>Total uncertainty of the German agricultural GHG inventory / Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen THG-Inventars</b>	<b>376</b>
14.6.1	Calculation methodology / Berechnungsmethodik	376
14.6.2	Special features of the uncertainties of activity data / Besonderheiten von Unsicherheiten der Aktivitätsdaten	376
14.6.3	Special features of the uncertainties of emission factors / Besonderheiten der Unsicherheiten von Emissionsfaktoren	376
14.6.4	Uncertainty table / Unsicherheitstabelle	376
<b>14.7</b>	<b>Uncertainty of the German agricultural ammonia inventory / Unsicherheit des Ammoniak-Inventars für die deutsche Landwirtschaft</b>	<b>380</b>
<b>15</b>	<b>References / Literatur</b>	<b>382</b>

## List of Figures / Abbildungsverzeichnis

Figure 2.1:	Annual THG emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2018) ( $GWP_{CH_4} = 25$ , $GWP_{N_2O} = 298$ )	6
Figure 2.2:	Development of $CH_4$ und $N_2O$ emissions from animal husbandry in % of 1990, Submission 2018 (enteric fermentation and manure management)	8
Figure 2.3:	Development of animal numbers in % of 1990, Submission 2018	9
Figure 2.4:	Total performance-related GHG emissions from enteric fermentation and manure management (housing, storage) for dairy cows (per kg of milk) and fattening pigs (per kg of total growth), Submission 2018 ( $GWP_{CH_4} = 25$ , $GWP_{N_2O} = 298$ )	10
Figure 2.5:	$N_2O$ emissions from agricultural soils (in $Gg\ a^{-1}\ N_2O$ ), Submission 2018	11
Figure 2.6:	Interannual variations of annual $N_2O$ emissions (direct plus indirect $N_2O$ ) from agricultural soils vs. interannual variations of mineral fertilizer N for the years 1990 to 2016 (Submission 2018)	11
Figure 2.7:	Annual $NH_3$ emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2018)	12
Figure 2.8:	Development of dairy cattle numbers, milk yields and $NH_3$ from dairy cattle husbandry (including grazing), Submission 2018	14
Figure 2.9:	Dairy cows and fattening pigs (Submission 2018): Percentages of $NH_3$ emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2016 (no free range husbandry for pigs)	15
Figure 2.10:	Broilers and all animals (Submission 2018): Percentages of $NH_3$ emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2016	15
Figure 2.11:	Dairy cows and fattening pigs: Performance-related total $NH_3$ emissions from animal husbandry, including grazing for dairy cows (for dairy cows per kg milk, for fattening pigs per g of daily growth), Submission 2018	16
Figure 2.12:	Application of mineral fertilizer N (amounts sold), amounts of N in urea and ANS applied, and the $NH_3$ emissions from the total application of mineral fertilizers (Submission 2018)	17
Figure 2.13:	Comparison of GHG emission results in Submission 2018 and Submission 2017	18
Figure 2.14:	Comparison of $NH_3$ emission results in Submission 2018 and Submission 2017	18
Figure 3.1:	Mass flow in agriculture	31
Figure 3.2:	Concept and thematic contents of the GAS-EM model	32
Figure 3.3:	Energies considered in animal metabolism	36
Figure 3.4:	N flows in an animal subcategory (mammals)	45
Figure 3.5:	N flows in an animal subcategory (birds)	47
Figure 3.6:	Processes and quality control/assurance of the emission inventory preparation at Thünen Institute	98
Figure 4.1:	Cattle, scheme of animal weight development as used in the inventory	106
Figure 4.2:	Standard mixed feeds, share of rapeseed expeller in concentrates (related to DM) as function of milk yield	128
Figure 4.3:	Standard grass based feeds, share of wheat in concentrates (related to DM) as function of milk yield	129
Figure 4.4:	Male beef cattle, comparison of weight gain data (ADR and HIT data sets on the national level)	160
Figure 5.1:	Weaners, weight gain as a function of live weight. Variable data: LfL (2004b); solid line: linear approximation.	200
Figure 8.1:	Laying hens, animal live weight data and related trends	260
Figure 8.2:	Turkeys, typical animal weight and weight gain developments	297
Figure 11.1:	Above and below ground parts of crops, tuber crops and grasses	337

## List of Tables / Tabellenverzeichnis

Table 2.1:	GHG emissions from German agriculture for 1990 - 2016 in Tg CO <sub>2eq</sub> (Submission 2018) (GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub> = 25, GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)	7
Table 2.2:	Total national reduction of CH <sub>4</sub> emissions from manure management due to anaerobic digestion of manure (also in percent of the total CH <sub>4</sub> emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion), Submission 2018	9
Table 2.3:	Total national reduction of direct N <sub>2</sub> O emissions from manure management due to anaerobic digestion of manure (also in percent of total direct N <sub>2</sub> O emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion; negative data: increased emissions) , Submission 2018	10
Table 2.4:	Ammonia emissions from German agriculture for 1990 - 2016 in Gg NH <sub>3</sub> (Submission 2018)	13
Table 2.5:	Increase of total NH <sub>3</sub> emissions from "housing + storage + spreading + grazing" due to anaerobic digestion of manure (also in percent of NH <sub>3</sub> emissions from the situation without anaerobic digestion; negative values: decrease of emissions), Submission 2018	15
Table 2.6:	Comparison of NH <sub>3</sub> emissions from energy crops (storage and application of digestate) in Submission 2018 and Submission 2017	19
Table 3.1:	List of symbols frequently used for quantities	22
Table 3.2:	List of subscripts used to identify source categories and subcategories	23
Table 3.3:	Abbreviations used for the German Federal States	23
Table 3.4:	Emission factors $EF_{NMVOC, MM}$ used for NMVOC emissions from manure management	45
Table 3.5:	Straw properties in animal husbandry	48
Table 3.6:	Digestion of manure, N <sub>2</sub> O emissions	61
Table 3.7:	Digestion of manure, NH <sub>3</sub> emissions	64
Table 3.8:	Activity data used for the projections for 2020	69
Table 3.9:	Reference dates of the surveys and methods of data gap filling used in the inventory	74
Table 3.10:	Number of animal places in the German emission inventory (in 1000, cattle including buffalo, horses including mules and asses)	75
Table 3.11:	Digestion of manures, percentages of animal manures used as feedstock	88
Table 3.12:	Digestion of manures, percentages of gas tight storage of digestate from animal manures	89
Table 3.13:	Digestion of manure, comparison of mean N <sub>2</sub> O-N emission factors for the four different manure management categories in the German inventory (related to N available)	93
Table 3.14:	Digestion of manure, NH <sub>3</sub> -N emission factors for pre-storage	93
Table 4.1:	Cattle, categorisation and characterization	106
Table 4.2:	Cattle, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ )	108
Table 4.3:	Cattle, partial emission factors for NH <sub>3</sub> -N from housing (related to TAN)	108
Table 4.4:	Cattle, partial emission factors for NH <sub>3</sub> -N from storage (related to TAN)	109
Table 4.5:	Cattle, partial emission factors for direct N <sub>2</sub> O-N from housing and storage (applied to $N_{excr} + N_{straw}$ )	110
Table 4.6:	Cattle, NH <sub>3</sub> -N emission factors for application of slurry and digested manure (related to TAN)	111
Table 4.7:	Cattle, NH <sub>3</sub> -N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN)	111
Table 4.8:	Cattle, NH <sub>3</sub> -N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN)	112
Table 4.9:	Dairy cows, calculation methods applied	113
Table 4.10:	Dairy cows, milk yield (in kg an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) (statistical data)	113
Table 4.11:	Dairy cows, fat content of milk (in % of mass) (statistical data)	114
Table 4.12:	Dairy cows, protein content of milk (in % of mass) (statistical data)	114
Table 4.13:	Dairy cows, carcass weights (in kg an <sup>-1</sup> )	115
Table 4.14:	Dairy cows, slaughter ages, ages at first calving and resulting life spans (in a)	116
Table 4.15:	Dairy cows, NEL intake during the dry period for a cow of 650 kg	120
Table 4.16:	Dairy cows, national distribution (fractions) of "mixed diet" (M) and "gras based diet" (G)	126
Table 4.17:	Dairy cows, diet constituent properties used in the inventory	126
Table 4.18:	Dairy cows, additional diet data needed for the calculation of CH <sub>4</sub> from enteric fermentation	127
Table 4.19:	Dairy cows, N inputs with straw in solid-manure systems	136
Table 4.20:	Dairy cows, partial emission factors for NH <sub>3</sub> -N from housing (related to TAN)	137
Table 4.21:	Dairy cows, emission factors for particle emissions from housing	139

Table 4.22:	Dairy cows, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors of CH <sub>4</sub> from enteric fermentation	140
Table 4.23:	Dairy cows, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors of CH <sub>4</sub> from manure management	141
Table 4.24:	Dairy cows, 2015, international comparison of total N excretions and implied emission factors of NH <sub>3</sub> from manure management (housing and storage, without spreading)	142
Table 4.25:	Dairy cows, 2015, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC	142
Table 4.26:	Dairy cows, related tables provided in the data collection	143
Table 4.27:	Calves, calculation methods applied	144
Table 4.28:	Calves, emission factors for particle emissions from housing	147
Table 4.29:	Calves, related tables provided in the data collection	148
Table 4.30:	Heifers, calculation methods applied	149
Table 4.31:	Heifers, carcass weights (in kg an <sup>-1</sup> )	150
Table 4.32:	Heifers, ME requirements as function of animal weights and weight gain (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	151
Table 4.33:	Heifers, diet constituent properties used in the inventory	154
Table 4.34:	Heifers, N inputs with straw in solid-manure systems	156
Table 4.35:	Heifers, emission factors for particle emissions from housing	157
Table 4.36:	Heifers, related tables provided in the data collection	157
Table 4.37:	Male beef cattle, calculation methods applied	158
Table 4.38:	Male beef cattle, carcass weight (in kg an <sup>-1</sup> )	159
Table 4.39:	Male beef cattle, mean weight gains $\Delta w_{bm, HIT}$ derived from HIT data (in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	160
Table 4.40:	Male beef cattle, mean weight gains $\Delta w_{bm, ADR}$ (g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	160
Table 4.41:	Male beef cattle, correction factor $f_j$	161
Table 4.42:	Male beef cattle, diet characteristics used in the inventory	162
Table 4.43:	Male beef cattle, N inputs with straw in solid-manure systems	164
Table 4.44:	Male beef cattle, emission factors for particle emissions from housing (first estimates)	165
Table 4.45:	Male beef cattle, related tables provided in the data collection	166
Table 4.46:	Suckler cows, calculation methods applied	167
Table 4.47:	Suckler cows, N inputs with straw in solid-manure systems	170
Table 4.48:	Suckler cows, emission factors for particle emissions from housing	170
Table 4.49:	Suckler cows, related tables provided in the data collection	171
Table 4.50:	Mature males > 2 years, calculation methods applied	172
Table 4.51:	Mature males > 2 years, emission factors for particle emissions from housing (first estimates)	175
Table 4.52:	Mature males > 2 years, related tables provided in the data collection	175
Table 4.53:	Other cattle, calculation methods applied	176
Table 4.54:	Other cattle, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for CH <sub>4</sub> from enteric fermentation	181
Table 4.55:	Other cattle, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for CH <sub>4</sub> from manure management	181
Table 4.56:	Other cattle, 2015, international comparison of N excretion rates and implied emission factors of NH <sub>3</sub> from manure management (housing and storage, without spreading)	182
Table 4.57:	Other cattle, 2015, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC	183
Table 4.58:	Other cattle, related tables provided in the data collection	183
Table 5.1:	Pigs, categorisation and characterisation	184
Table 5.2:	Pigs, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ )	185
Table 5.3:	pigs, partial emission factors for NH <sub>3</sub> -N from housing (related to TAN)	186
Table 5.4:	Pigs, partial emission factors for NH <sub>3</sub> -N losses from storage (related to TAN)	187
Table 5.5:	Pigs, partial emission factors for N <sub>2</sub> O-N from housing and storage (applied to $N_{excr} + N_{straw}$ )	188
Table 5.6:	Pigs, NH <sub>3</sub> -N emission factors for application of slurry (related to TAN)	189
Table 5.7:	Pigs, NH <sub>3</sub> -N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN)	189
Table 5.8:	Pigs, NH <sub>3</sub> -N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN)	190
Table 5.9:	Sows, calculation methods applied	190
Table 5.10:	Sows, requirements of metabolisable energy (ME) as used in the inventory	191
Table 5.11:	Sows, number of piglets raised per year, $n_{piglets, year}$ (primary statistical information)	192
Table 5.12:	Sows, diets used in the inventory, and their properties	193

Table 5.13:	Sows, emission factors for particle emissions from housing	197
Table 5.14:	Sows, related tables provided in the data collection	198
Table 5.15:	Weaners, calculation methods applied	199
Table 5.16:	Weaners, diets used in the inventory, and their properties	202
Table 5.17:	Weaners, N inputs with straw in solid-manure systems	204
Table 5.18:	Weaners, emission factors for particle emissions from housing	205
Table 5.19:	Weaners, related tables provided in the data collection	206
Table 5.20:	Fattening pigs, calculation methods applied	207
Table 5.21:	Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in kg an <sup>-1</sup> )	208
Table 5.22:	Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in kg an <sup>-1</sup> )	208
Table 5.23:	Fattening pigs, weight gain during fattening (in g an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	208
Table 5.24:	Fattening pigs, diets used, related energies, and raw protein contents	213
Table 5.25:	Fattening pigs, N inputs with straw in solid-manure systems	216
Table 5.26:	Fattening pigs, emission factors for particle emissions from housing	217
Table 5.27:	Fattening pigs, related tables provided in the data collection	217
Table 5.28:	Boars, calculation methods applied	218
Table 5.29:	Boars, related tables provided in the data collection	221
Table 5.30:	Pigs, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM)	224
Table 5.31:	Pigs, 2015, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC	225
Table 5.32:	Pigs, related tables provided in the data collection	226
Table 6.1:	Adult sheep, calculation methods applied	229
Table 6.2:	Adult sheep, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions	230
Table 6.3:	Adult sheep, emission factors for particle emissions from housing	231
Table 6.4:	Adult sheep, related tables provided in the data collection	231
Table 6.5:	Lambs, calculation methods applied	232
Table 6.6:	Lambs, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions	233
Table 6.7:	Lambs, emission factors for particle emissions from housing	235
Table 6.8:	Lambs, related tables provided in the data collection	235
Table 6.9:	Sheep, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM)	237
Table 6.10:	Sheep, collective description, related tables provided in the data collection	238
Table 6.11:	Goats, calculation methods applied	239
Table 6.12:	Goats, maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions	240
Table 6.13:	Goats, emission factors for particle emissions from housing	241
Table 6.14:	Goats, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM)	242
Table 6.15:	Goats, related tables provided in the data collection	243
Table 7.1:	Horses, Maximum methane producing capacity ( $B_o$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ )	245
Table 7.2:	Heavy horses, calculation methods applied	246
Table 7.3:	Heavy horses, emission factors for particle emissions from housing	248
Table 7.4:	Heavy horses, related tables provided in the data collection	248
Table 7.5:	Light horses and ponies, calculation methods applied	249
Table 7.6:	Light horses and ponies, emission factors for particle emissions from housing	251
Table 7.7:	Light horses and ponies, related tables provided in the data collection	251
Table 7.8:	Equidae, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM)	253
Table 7.9:	Horses, related tables provided in the data collection	254
Table 8.1:	Poultry, categorisation and characterisation	255
Table 8.2:	Poultry, partial emission factors for N <sub>2</sub> O-N, NO-N, and N <sub>2</sub> -N from housing and storage (applied to N <sub>excr</sub> + N <sub>straw</sub> )	256
Table 8.3:	Poultry, emission factors for NH <sub>3</sub> -N from application of poultry manure (related to UAN)	257

Table 8.4:	Laying hens, calculation methods applied	258
Table 8.5:	Laying hens, performance data	260
Table 8.6:	Laying hens, diets used in laying hen feeding, related energies and crude protein content	263
Table 8.7:	Laying hens, partial emission factors for $\text{NH}_3$ losses from housing (in $\text{kg NH}_3\text{-N}$ per $\text{kg N}$ excreted)	267
Table 8.8:	Laying hens, emission factors for particle emissions from housing	268
Table 8.9:	Laying hens, related tables provided in the data collection	268
Table 8.10:	Broilers, calculation methods applied	269
Table 8.11:	Broilers, national total of German broiler meat production (in $\text{Gg a}^{-1}$ )	271
Table 8.12:	Broilers, time series of mean raw protein content in feed $x_{\text{XP, feed}}$ ( $\text{kg kg}^{-1}$ ), related to fresh matter	272
Table 8.13:	Broilers, derivation of partial emission factors for $\text{NH}_3\text{-N}$ losses from housing	275
Table 8.14:	Broilers, emission factors for particle emissions from housing	276
Table 8.15:	Broilers, related tables provided in the data collection	277
Table 8.16:	Pullets, calculation methods applied	278
Table 8.17:	Pullets, phase-related diet mass intake (fresh matter) and ME contents of feed	280
Table 8.18:	Pullets, emission factors for particle emissions from housing	284
Table 8.19:	Pullets, related tables provided in the data collection	284
Table 8.20:	Geese, calculation methods applied	285
Table 8.21:	Geese, emission factors for particle emissions from housing	287
Table 8.22:	Geese, related tables provided in the data collection	288
Table 8.23:	Ducks, calculation methods applied	289
Table 8.24:	Ducks, emission factors for particle emissions from housing	294
Table 8.25:	Ducks, related tables provided in the data collection	295
Table 8.26:	Turkeys, calculation methods applied	296
Table 8.27:	Turkeys, animal performance and growth-related feed intake	298
Table 8.28:	Turkeys, phase feeding, feed nitrogen contents ( $x_{\text{N}}$ ) and specific ME contents ( $\eta_{\text{ME, feed}}$ ); amounts of feed in fresh matter, nitrogen contents and specific ME contents related to fresh matter	300
Table 8.29:	Turkeys, derivation of partial emission factors for $\text{NH}_3$ losses from housing	302
Table 8.30:	Turkeys, emission factors for particle emissions from housing	303
Table 8.31:	Turkeys, related tables provided in the data collection	303
Table 8.32:	Poultry, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for manure management (MM)	306
Table 8.33:	Poultry, 2015, international comparison of implied emission factors for TSP, PM and NMVOC	307
Table 8.34:	Poultry, related tables provided in the data collection	308
Table 9.1:	GHG emissions of deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals	309
Table 9.2:	Mean animal populations estimated by Federal Statistical Office	310
Table 9.3:	$\text{CH}_4$ emissions from enteric fermentation of deer, rabbit and fur-bearing animals ( $\text{GWP}_{\text{CH}_4} = 25$ )	310
Table 9.4:	$\text{CH}_4$ from manure management (deer: free range) ( $\text{GWP}_{\text{CH}_4} = 25$ )	311
Table 9.5:	N excretions and TAN contents used for German emission estimates	312
Table 9.6:	$\text{NH}_3$ emission factors for housing and storage in $\text{kg NH}_3\text{-N}$ per $\text{kg TAN}$	312
Table 9.7:	$\text{NH}_3$ emissions from housing and storage	313
Table 9.8:	Direct $\text{N}_2\text{O}$ emissionen from housing/storage ( $\text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}} = 298$ )	313
Table 9.9:	Indirect $\text{N}_2\text{O}$ from deposition of reactive N from $\text{NH}_3$ and NO lost from housing and storage ( $\text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}} = 298$ )	314
Table 9.10:	$\text{NH}_3$ emission factors for spreading and free range in $\text{kg NH}_3\text{-N}$ per $\text{kg TAN}$	314
Table 9.11:	$\text{NH}_3$ from spreading and/or free range in $\text{Gg NH}_3$ per year	314
Table 9.12:	Direct $\text{N}_2\text{O}$ from soils after spreading and (for deer) free-range N excretions ( $\text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}} = 298$ )	315
Table 9.13:	Indirekte $\text{N}_2\text{O}$ from deposition of reactive N from $\text{NH}_3$ and NO lost during spreading or (for deer) from free-range N excretions ( $\text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}} = 298$ )	315
Table 9.14:	Indirect $\text{N}_2\text{O}$ from soils due to leaching and runoff ( $\text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}} = 298$ )	315
Table 10.1:	Digestion of energy crops, activity data (in $\text{Gg a}^{-1}$ )	317
Table 10.2:	Digestion of energy crops, percentages of storage types of energy-plant digestate (in %)	317
Table 10.3:	Digestion of energy crops, effective emission factor for $\text{CH}_4$ , related to dry matter input (in $\text{kg kg}^{-1}$ )	319
Table 10.4:	Digestion of energy crops, effective emission factor for direct $\text{N}_2\text{O}$ -N, related to N input (in $\text{kg kg}^{-1}$ )	319
Table 10.5:	Digestion of energy crops, effective emission factor for $\text{NH}_3\text{-N}$ , related to N input (in $\text{kg kg}^{-1}$ )	320
Table 10.6:	Digestion of energy crops, related tables provided in the data collection	321
Table 11.1:	Agricultural soils, procedures used for the calculation of direct emissions	323

Table 11.2:	German classification of N fertilizers and corresponding EMEP (2016) categories	324
Table 11.3:	Mineral fertilizers, NH <sub>3</sub> emission factors for the fertilizer categories applied in Germany	325
Table 11.4:	Sewage sludge applied within agriculture (in Gg a <sup>-1</sup> , dry matter) (statistical data)	330
Table 11.5:	Sewage sludge, nitrogen content (in g kg <sup>-1</sup> , related to dry matter) (statistical data)	330
Table 11.6:	Organic soils, German totals of areas of arable land and drained grassland (in 1000 ha)	334
Table 11.7:	Organic soils, overall N <sub>2</sub> O-N emission factors (in kg kg <sup>-1</sup> )	335
Table 11.8:	Crop residues (agricultural crops and grassland), data used to calculate N <sub>2</sub> O and N <sub>2</sub> emissions	339
Table 11.9:	Crop residues (horticultural crops), data used to calculate N <sub>2</sub> O emissions (N contents related to fresh matter)	340
Table 11.10:	Liming (agriculture and forest), amounts of carbon-containing fertilizers applied (Gg a <sup>-1</sup> )	345
Table 11.11:	Amounts of urea sold in Germany (including urea solutions) (in Gg a <sup>-1</sup> )	347
Table 11.12:	Activity data and parameters for the calculation of NMVOC from agricultural crops	349
Table 11.13:	NMVOC emission factors	350
Table 11.14:	Pesticides, data on domestic sales of active substances (t a <sup>-1</sup> )	352
Table 11.15:	Pesticides, domestic sales of lindane 1990 – 1997 (t a <sup>-1</sup> )	354
Table 11.16:	Pesticides, maximum concentrations of HCB impurities in relevant active substances (g t <sup>-1</sup> )	354
Table 11.17:	Pesticides, HCB quantities in domestically sold active substances in pesticides (kg)	354
Table 11.18:	Soils and crops, 2015, international comparison of implied emission factors for N <sub>2</sub> O and NH <sub>3</sub>	358
Table 11.19:	Soils and crops, 2015, international comparison of implied emission factors for CO <sub>2</sub> and NMVOC	358
Table 11.20:	Soils and crops, 2015, international comparison of fractions	359
Table 11.21:	Direct emissions from agricultural soils, related tables provided in the data collection	361
Table 12.1:	Agricultural soils, procedures used for the calculation of indirect N <sub>2</sub> O emissions	362
Table 12.2:	Indirect N <sub>2</sub> O emissions from agricultural soils, related tables provided in the data collection	365
Table 13.1:	Fractions Frac <sub>x</sub> , related tables provided in the data collection	367
Table 14.1:	Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory	378
Table 14.2:	Uncertainty calculation for the German agricultural ammonia inventory (without emissions from storage and spreading of digestate of energy crops)	381



## Abbreviations and acronyms / Abkürzungen und Akronyme

For symbols of quantities used in equations as well as units and definitions see Chapter 3.1. Chapter 3.1. also provides a list of all German federal states.

Für Gleichungssymbole, Einheiten und Definitionen wird auf Kapitel 3.1 verwiesen. Dort findet sich auch eine Zusammenstellung der deutschen Bundesländer.

AC	activities	Aktivitäten
ADR	German working group on cattle breeding	Arbeitsgemeinschaft der Rinderzüchter Deutschlands
AHL	ammonium nitrate solution	Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung
AI	additional information	zusätzliche Informationen
AK	Institute of Climate-Smart Agriculture (former Institute of Agricultural Climate Research)	Institut für Agrarklimaschutz (ehemals: Institut für Agrarrelevante Klimaforschung)
ANS	ammonium nitrate solution	Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung
AOE	Institute of Agroecology,	Institut für Agrarökologie, aktueller Name: AK
B.U.T.	British United Turkeys Ltd.	Britische Putenvereinigung mbH
BB	Brandenburg (German federal state)	Brandenburg
BBA	Federal Biological Office for Agriculture and Forestry	Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
BImSchG	Federal law on immission control	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BLE	Federal Office for Agriculture and Food	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
BMEL	Federal Ministry of Food and Agriculture	Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
BMELF	Federal Ministry of Food, Agriculture and Forestry	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
BMELV	Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (as of 2014: Federal Ministry of Food and Agriculture, BMEL)	Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (ab 2014: Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, BMEL)
BMU	Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
BVL	Federal Office of Consumer Protection and Food Safety	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
BW	Baden-Württemberg (German federal state)	Baden-Württemberg
BY	Bavaria (German federal state)	Bayern
CEIP	EMEP Centre on Emission Inventories and Projections	EMEP Center für Emissionsinventare und Projektionen
CH <sub>4</sub>	Methane	Methan
CLRTAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution	Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverschmutzung
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide	Kohlenstoffdioxid
CORINAIR	Core Inventory of Air emissions (European inventory and data base for air emissions)	Europäisches Luftemissionsinventar und –datenbanksystem
CRF	Common reporting format (Green house gas emission reporting) <a href="http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_httpsubmissions/items/6598.php">http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_httpsubmissions/items/6598.php</a>	Berichtsformat für die Treibhausgas-Emissionsberichterstattung
DBFZ	German research centre for the use of biomass	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DE	digestable energy	verdauliche Energie
DESTATIS	Federal Statistical Office	Statistisches Bundesamt
DLG	German Agricultural Society	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft
DOM	digestibility of organic matter	Verdaulichkeit der organischen Substanz
DWA	German Association for Water, Wastewater and Waste	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
DWD	German Weather Service	Deutscher Wetterdienst
EAGER	European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network, <a href="http://www.eager.ch">www.eager.ch</a>	Europäische wissenschaftliche Arbeitsgruppe zu gasförmigen Emissionen aus der Landwirtschaft, <a href="http://www.eager.ch">www.eager.ch</a>
EEA	European Environment Agency	Europäische Umweltagentur (EUA)
EEG	Renewable Energy Act	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EMEP	European Monitoring and Evaluation Program (co-operation to solve transboundary air pollution problems)	Europäisches Programm zu Überwachung und Minderung grenzüberschreitender Luftverschmutzung
EU	European Union	Europäische Union
FAL	Federal Agricultural Research Centre	Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
FAL-TZ	FAL Institute of Animal Breeding, current name: FLI-ING	FAL-Institut für Tierzucht, aktueller Name: FLI-ING
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen

FLI	Friedrich-Loeffler-Institute, Federal Research Institute for Animal Health	Friedrich-Loeffler-Institut, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
FLI-ING	FLI Institute of Farm Animal Genetics	FLI-Institut Nutztiergenetik
Frac	Fraction	Relativer Anteil
FS	Technical serial of StatBA and StatLA	Fachserie der StatBA und StatLA
FYM	Farm yard manure	Wirtschaftsdünger
GAS-EM	Inventory model „Gaseous Emissions“	Inventar-Modell „Gasförmige Emissionen“
GE	gross energy	Brutto-Energie
GfE	Society of Nutrition Physiology	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
GHG	greenhouse gas	Treibhausgas
GWP	Global warming potential	Erderwärmungspotential
HCB	Hexachlorobenzene (pesticide/plant protection)	Hexachlorobenzol (Pflanzenschutzmittel)
HE	Hesse (German federal state)	Hessen
HIT	Data base for the origin of animals and other animal-related data	Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere (Datenbank)
IEF	Implied Emission Factor	aggregierter Emissionsfaktor
IGEM	Interest group for asses and mules	Interessengemeinschaft für Esel und Maultiere
IGZ	Institute of vegetable and ornamental plant cultivation	Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderungen
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry	Internationale Union für reine und angewandte Chemie
IUPAP	International Union of Pure and Applied Physics	Internationale Union für reine und angewandte Physik
KTBL	Association for Technology and Structures in Agriculture	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
LFBG	Law code on food and animal feed	Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch
LfL	Bavarian State Research Center for Agriculture	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LR	Institute of Rural Studies	Institut für Ländliche Räume
LULUCF	Land Use and Land Use Change	Landnutzung und Landnutzungsänderung
LWK	Chamber of Agriculture	Landwirtschaftskammer
LZ2010	survey for the agricultural census in 2010	Landwirtschaftszählung 2010
MCF	methane conversion factor	Methan-Umwandlungsfaktor
ME	metabolizable energy	umsetzbare Energie
MEG	media service on poultry	Mediendienst Geflügel
MLF	Dairy concentrate	Milchleistungsfutter
MNULV	Ministry for Climate Protection, Environment, Agriculture, Nature Conservation and Consumer Protection of the State of North Rhine-Westphalia	Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
MV	Mecklenburg-Western Pomerania (German federal state)	Mecklenburg-Vorpommern
N	nitrogen	Stickstoff
N <sub>2</sub>	dinitrogen	Distickstoff
N <sub>2</sub> O	nitrous oxide (laughing gas)	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
NA	notation key „not applicable“	Notationsschlüssel „nicht anwendbar“
NaKo	National Co-ordination Agency (Single Quantity)	Nationale Koordinierungsstelle
NaSE	National System of Emissions Inventories	Nationales System Emissionsinventare
NE	notation key „not estimated“	Notationsschlüssel „nicht berechnet“
NEC	European directive on national emission ceilings for air pollutants	Europäische Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen für Luftschadstoffe
NFR	Nomenclature for Reporting (reporting of air pollutant emissions)	Berichtsformat für die Luftschadstoffe-Emissionsberichterstattung
	<a href="http://www.ceip.at/overview-of-submissions-under-clrtap/">http://www.ceip.at/overview-of-submissions-under-clrtap/</a>	
NH <sub>3</sub>	ammonia	Ammoniak
NH <sub>4</sub>	ammonium	Ammonium
NI	Lower Saxony (German federal state)	Niedersachsen
NIR	National Inventory Report	Nationaler Inventarbericht
NMVO	Non-Methane Volatile Organic Compounds	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
NO	notation key „not occurring“	Notationsschlüssel „nicht vorkommend“
NO	nitric oxide	Stickstoffmonoxid
NO <sub>x</sub>	nitrogen oxide	Stickstoffoxid
NO <sub>3</sub>	nitrate	Nitrat
NW	North Rhine-Westphalia (German federal state)	Nordrhein-Westfalen
PM	particulate matter	Partikel
PM <sub>2,5</sub>	particulate matter (diameter: ≤ 2.5 µm)	Partikel (Durchmesser: ≤ 2.5 µm)
PM <sub>10</sub>	particulate matter (diameter: ≤ 10 µm)	Partikel (Durchmesser: ≤ 10 µm)
POP	Persistent organic pollutant	Persistenter organischer Schadstoff
QK	quality control	Qualitätskontrolle
QM	quality management	Qualitätsmanagement

QS	quality assurance	Qualitätssicherung
QSE	Quality System for Emissions Inventories	Qualitäts-System Emissionsinventare
R	series of the StatBA and StatLA	Reihe der StatBA und StatLA
RAM	diet with reduced nitrogen contents	Rohprotein-Angepasste-Mischung
RAUMIS	regionalised information system for agriculture and environment in Germany	Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationsSystem für Deutschland
RHG	Raiffeisen cooperative Hanover	Raiffeisen Hauptgenossenschaft Hannover
RMD	Report on Methods and data	Report zu Methoden und Daten
RP	Rhineland-Palatinate (German federal state)	Rheinland-Pfalz
SH	Schleswig-Holstein (German federal state)	Schleswig-Holstein
SI	International system of units	Internationales Einheitensystem
SL	Saarland (German federal state)	Saarland
SN	Saxony (German federal state)	Sachsen
SNAP	sources as classified in the Selected Nomenclature for Air Pollutants	Emittenten in der Ordnung der Selected Nomenclature for Air Pollutants
ST	Saxony-Anhalt (German federal state)	Sachsen-Anhalt
StatBA	Federal Statistical Office	Statistisches Bundesamt
StatLA	Federal State Statistical Office	Statistisches Landesamt
StMELF	Bavarian State ministry for Nutrition, Agriculture and Forestry	Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
StSt	So-called City States: Berlin, Bremen and Hamburg (expressed as sum or weighted mean of the respective StSt) (German federal state)	Stadtstaaten: Berlin, Bremen and Hamburg (ausgedrückt als Summe oder gewichtetes Mittel der entsprechenden StSt)
TAN	total ammonia nitrogen	Ammonium-Stickstoff
TH	Thuringia (German federal state)	Thüringen
TI	Johann Heinrich von Thünen-Institute, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (abbreviated designation: Thünen Institute)	Johann Heinrich von Thünen-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (Kurzbezeichnung: Thünen-Institut)
TSP	Total suspended particulate matter	Gesamtmasse an luftgetragenen Partikeln
UAN	Uric Acid Nitrogen	Harnsäure-Stickstoff
UBA	Federal Environment Agency	Umweltbundesamt
UFOP	Union for the Promotion of Oil and Protein Plants e.V.	Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V.
UK	United Kingdom	Vereinigtes Königreich (Großbritannien)
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen
VDL	association of German sheep breeding organizations	Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände
VS	Volatile solids (organic dry matter)	Organische Trockensubstanz
vTI	former abbreviation of the TI	frühere Abkürzung für das TI
XP	crude protein	Rohprotein
ZMP	Central Marketing and Price Reporting Unit for Products of Agriculture, Forestry and the Food Industry	Zentrale Markt- und Preisberichtsstelle für Erzeugnisse der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft GmbH
ZSE	Central System of Emissions (database)	Zentrales System Emissionsinventare (Datenbank)



## Abstract / Zusammenfassung

The report at hand (including a comprehensive annex of data) serves as additional document to the National Inventory Report (NIR) on the German greenhouse gas emissions and the Informative Inventory Report (IIR) on the German emissions of air pollutants (especially ammonia). The report documents the calculation methods used in the German agricultural inventory model GAS-EM as well as input data, emission results and uncertainties of the emission reporting submission 2018 for the years 1990 - 2016.

In this context the sector Agriculture comprises the emissions from animal husbandry, the use of agricultural soils and anaerobic digestion of energy crops. As required by the guidelines, emissions from activities preceding agriculture, from the use of energy and from land use change are reported elsewhere in the national inventories.

The calculation methods are based in principle on the international guidelines for emission reporting and have been continually improved during the past years by the Thünen Institute working group on agricultural emission inventories, partly in cooperation with KTBL. In particular, these improvements concern the calculation of energy requirements, feeding and the N balance of the most important animal categories. In addition, technical measures such as air scrubbing (mitigation of ammonia emissions) and digestion of animal manures (mitigation of emissions of methane and laughing gas) have been taken into account. For the calculation of emissions from anaerobic digestion of animal manures and energy crops (including spreading of the digestate), the aforementioned working group developed, in cooperation with KTBL, a national methodology.

Total emissions of methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) from German agriculture (including the anaerobic digestion of energy crops) decreased by 17,8 % from about 79.4 Tg CO<sub>2eq</sub> in 1990 to about 65.2 Tg CO<sub>2eq</sub> in 2016. The emission reduction is a consequence of the following emission changes of partial sources (rounded figures):

- decrease of 10.2 Tg CO<sub>2eq</sub> (-29.4 %) as CH<sub>4</sub> from enteric fermentation,
- decrease of 1.9 Tg CO<sub>2eq</sub> (-23.9 %) as CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from manure management,
- increase of 1.6 Tg CO<sub>2eq</sub> as CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from anaerobic digestion of energy crops (digester + storage of digestate; 1990: 0 Tg),
- decrease of 2.0 Tg CO<sub>2eq</sub> (-6.9 %) as N<sub>2</sub>O from agricultural soils,
- decrease of 0.8 Tg CO<sub>2eq</sub> (-27.8 %) as CO<sub>2</sub> from liming (agriculture and forest),
- increase of 0.3 Tg CO<sub>2eq</sub> (+71.1 %) as CO<sub>2</sub> from application of urea.

The decrease of emissions is partly due to the decrease of animal numbers of dairy cows and other cattle.

Der vorliegende Berichtsband einschließlich des umfangreichen Datenanhangs dient als Begleitdokument zum National Inventory Report (NIR) über die deutschen Treibhausgas-Emissionen sowie zum Informative Inventory Report (IIR) über die deutschen Schadstoffemissionen (insbesondere Ammoniak). Der Bericht dokumentiert die im deutschen landwirtschaftlichen Inventarmodell GAS-EM integrierten Berechnungsverfahren sowie die Eingangsdaten, Emissionsergebnisse und Unsicherheiten der Berichterstattung 2018 für die Jahre 1990 bis 2016.

Der Bereich Landwirtschaft umfasst dabei die Emissionen aus der Tierhaltung und der Nutzung landwirtschaftlicher Böden sowie aus der Vergärung von Energiepflanzen. Emissionen aus dem Vorleistungsbereich, aus der Nutzung von Energie sowie Landnutzungsänderungen werden den Regelwerken entsprechend an anderer Stelle in den nationalen Inventaren berichtet.

Die Berechnungsverfahren beruhen in erster Linie auf den internationalen Regelwerken zur Emissionsberichterstattung und wurden durch die Arbeitsgruppe „Landwirtschaftliche Emissionsinventare“ des Thünen-Instituts in den vergangenen Jahren beständig weiterentwickelt (teilweise in Zusammenarbeit mit dem KTBL). Dies betrifft im Wesentlichen die Berechnung des Energiebedarfs, der Fütterung und der tierischen N-Bilanz bei den wichtigen Tierkategorien. Zusätzlich wurden technische Maßnahmen wie Abluftreinigung (Minderung von Ammoniakemissionen) und die Vergärung von Wirtschaftsdünger (Minderung von Methan- und Lachgasemissionen) berücksichtigt. Für die Berechnung von Emissionen aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen (einschließlich Gärrestausbringung) entwickelte die vorgenannte Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit dem KTBL eine deutsche Methodik.

Die Gesamtemissionen von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) aus der deutschen Landwirtschaft (einschließlich der Vergärung von Energiepflanzen) sanken von rund 79,4 Tg CO<sub>2eq</sub> im Jahr 1990 auf rund 65,2 Tg CO<sub>2eq</sub> im Jahr 2016 (-17,8 %). Dieser Trend ergab sich wie folgt aus Veränderungen der Teilquellen-Emissionen (Angaben gerundet):

- Abnahme um 10,2 Tg CO<sub>2eq</sub> (-29,4 %) als CH<sub>4</sub> aus der Verdauung,
- Abnahme um 1,9 Tg CO<sub>2eq</sub> (-23,9 %) als CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management,
- Zunahme um 1,6 Tg CO<sub>2eq</sub> als CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter + Gärrestlager; 1990: 0 Tg),
- Abnahme um 2,0 Tg CO<sub>2eq</sub> (-6,9 %) als N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlich genutzten Böden,
- Abnahme um 0,8 Tg CO<sub>2eq</sub> (-27,8 %) als CO<sub>2</sub> aus Kalkung (Landwirtschaft und Forst),
- Zunahme um 0,3 Tg CO<sub>2eq</sub> (+71,1 %) als CO<sub>2</sub> aus Harnstoffanwendung.

Die Emissionsminderung geht zum Teil auf die Abnahme der Tierzahlen bei Milchkühen und übrigen Rin-

An additional reason, especially since 2004, is the increasing impact of the anaerobic digestion of animal manures and the increasing frequency of gastight storage of the digestion residues.

The  $\text{NH}_3$  time series is a result of counteracting processes. One of the important governing quantities is the animal number the decrease of which after the German reunification is the main reason for the considerable decrease of the emissions from 1991 to 1992. Mitigation measures like emission-reduced storage and application of manure led to a reduction of emissions in subsequent years. However, opposite trends are caused by increase of animal performance and, for some years, animal numbers. In addition, emissions from application of synthetic fertilizer are higher than in 1990, even though the amount of synthetic fertilizer applied decreased (in units of nitrogen). The observed increase of emissions is due to the increasing share of urea, as urea has a considerably higher emission factor than other synthetic fertilizers.

A great part of the increase of  $\text{NH}_3$  emissions in the past years is due to the increasing use of anaerobic digestion of energy crops. Emissions originating from anaerobic digestion of energy crops and spreading of the pertinent digestate are reported, but they are not considered with regard to compliance of the total German emissions with the NEC ceilings (Adjustment).

Omitting the emissions originating from anaerobic digestion of energy crops and spreading of the pertinent digestate, the 2016  $\text{NH}_3$  emissions of the German agriculture were 568.2 Gg, which is 20.2 % lower than in 1990 where the emissions amounted to 711.6 Gg. While anaerobic digestion of energy crops (including spreading of the resulting digestate) was negligible in 1990, it led to  $\text{NH}_3$  emissions of 61.1 Gg in 2016. Hence, total  $\text{NH}_3$  emissions from agriculture in 2016 were 629.2 Gg, which is 11.6 % less than 1990.

**Key words:** Emission inventory, agriculture, animal husbandry, agricultural soils, anaerobic digestion, energy crops, renewable primary products, greenhouse gases, air pollutants, methane, laughing gas, ammonia, particulate matter

dern zurück. Ein weiterer Grund, insbesondere ab 2004, ist die zunehmende anaerobe Vergärung von Wirtschaftsdünger und die zunehmende Verbreitung der gasdichten Gärrestlagerung.

Die zeitliche Entwicklung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen ist ein Ergebnis gegenläufiger Effekte. Eine wichtige Einflussgröße ist die Tierzahl. Ihre Abnahme nach der Wiedervereinigung ist der Hauptgrund für die deutliche Abnahme der Emissionen 1990/1991. Gründe für die Abnahme der Emissionen in späteren Jahren sind Minderungsmaßnahmen wie emissionsärmere Lagerung und Ausbringung von Wirtschaftsdünger. Gegenläufig wirkt hingegen die Zunahme der tierischen Leistung sowie zeitweilig anwachsende Tierbestände. Auch die Emissionen aus der Mineraldüngerausbringung sind höher als 1990, obwohl die ausgebrachte Mineraldüngermenge (in Stickstoff-Einheiten) abgenommen hat. Dies liegt am steigenden Harnstoffanteil, da Harnstoff einen deutlich höheren Emissionsfaktor aufweist als andere Mineraldünger.

Einen großen Anteil am Anstieg der  $\text{NH}_3$ -Emissionen in den zurückliegenden Jahren hat die Zunahme der Vergärung von Energiepflanzen. Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen und der Ausbringung von Energiepflanzengärresten werden zwar berichtet, bleiben im Hinblick auf die Einhaltung der NEC-Emissionsobergrenze aber ohne Berücksichtigung (Adjustment).

Ohne Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Ausbringung der Gärreste) liegen die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft bei 568,2 Gg im Jahr 2016 und damit um 20,2 % niedriger als 1990 mit 711,6 Gg. Die 1990 noch vernachlässigbare Vergärung von Energiepflanzen (incl. Gärrestausbringung) führte 2016 zu  $\text{NH}_3$ -Emissionen von 61,1 Gg. Damit lag die Gesamt- $\text{NH}_3$ -Emission der Landwirtschaft 2016 bei 629,2 Gg (- 11,6 % gegenüber 1990).

**Schlüsselwörter:** Emissionsinventar, Landwirtschaft, Tierhaltung, landwirtschaftliche Böden, anaerobe Vergärung, Energiepflanzen, nachwachsende Rohstoffe, Treibhausgase, Luftschadstoffe, Methan, Lachgas, Ammoniak, luftgetragene Partikel

## 1 Introduction / Einführung

In international conventions Germany has committed to the mitigation of emissions of green house gases and air pollution. These international regulations (protocols etc.) are the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC<sup>1</sup>), the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP<sup>2</sup>), and within the European Union the Directive of the European Parliament and of the Council on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants (NEC Directive<sup>3</sup>).

These regulations aim at the reduction of emissions that adversely affect

- the near-surface heat balance of the atmosphere,
- the existence of the stratospheric ozone layer,
- the amount of formation of secondary aerosols,
- terrestrial and aquatic ecosystems (acidification and eutrophication), as well as
- human health (limitations of air quality, air pollution by particulate matter, formation of near-surface ozone).

The forementioned conventions require annual calculations of the emissions of the respective gases and air pollutants. The results have to be documented in an emission inventory and to be reported to the organisations in charge.

While emission reporting includes emissions of NMVOCs and NO<sub>x</sub> from manure management and the cultivation of agricultural soils, these emissions are not considered with regard to compliance of the total German emissions with the NEC ceilings (Adjustment<sup>4</sup>). The same holds for the NH<sub>3</sub> emissions that originate from the anaerobic digestion of energy crops (including spreading of the digestate from energy crops). This procedure is based on the fact that the forementioned emissions had not been part of the negotiations for the national emission ceilings that came into force as of 2010 (NEC Directive 2011/81/EC).

The German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) is responsible for the entire German emission reporting. However, the sector "Agriculture" is dealt with under the aegis of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL, formerly known as BMELV and BMELF). On behalf of BMEL, the Institute for Climate-Smart Agriculture (AK) (the former Institute of Agricultural Climate Research) of the Johann Heinrich von Thünen-Institut (TI, formerly known as vTI) establishes the annual agricul-

Deutschland hat sich auf internationaler Ebene zur Minderung von Emissionen von Treibhausgasen und luftverschmutzenden Stoffen verpflichtet. Hierbei handelt es sich um die Klimarahmenkonvention (UN Framework Convention on Climate Change, UNFCCC<sup>1</sup>), die Konvention zur Verminderung und Vermeidung grenzüberschreitender Luftverunreinigungen (UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP<sup>2</sup>) sowie in der Europäischen Union um die Festlegung von Emissionsobergrenzen für einige Stoffe, u. a. Ammoniak (NEC-Richtlinie<sup>3</sup>).

Hintergrund dieser internationalen Regelungen sind die negativen Auswirkungen von Emissionen auf

- den bodennahen Wärmehaushalt der Atmosphäre,
- den Bestand der stratosphärischen Ozonschicht,
- den Umfang der Bildung von Sekundäraerosolen,
- terrestrische und aquatische Ökosysteme (Versauerung und Eutrophierung), sowie
- die menschliche Gesundheit (Einschränkung der Luftqualität, Feinstaubbelastung, Bildung bodennahen Ozons).

Im Rahmen der internationalen Abkommen müssen die nationalen Emissionen der entsprechenden Gase und Luftschadstoffe jährlich berechnet und in Form des Emissionsinventars an die zuständigen Organisationen übermittelt werden.

Im Zusammenhang mit der Emissionberichterstattung ist zu berücksichtigen, dass Emissionen von NMVOC und NO<sub>x</sub> aus Wirtschaftsdünger-Management und der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden zwar berichtet werden, im Hinblick auf die Einhaltung der NEC-Emissionsobergrenze aber ohne Berücksichtigung bleiben (Adjustment<sup>4</sup>). Gleiches gilt für NH<sub>3</sub>-aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Ausbringung der Gärreste). Hintergrund für dieses Vorgehen ist, dass diese Emissionen nicht Gegenstand der Festlegung der seit 2010 geltenden nationalen Emissionsobergrenzen (NEC-Richtlinie 2011/81/EC) waren.

Die Verantwortung für die gesamte deutsche Emissionsberichterstattung liegt beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Dabei unterliegt der Bereich Landwirtschaft der Federführung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL, früher: BMELV, BMELF). Im Auftrag des BMEL erstellt das Institut für Agrarklimaschutz (AK) (vormals Institut für agrarrelevante Klimaforschung) des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (TI, früher vTI) das jährliche landwirtschaftliche Emissionsinventar. In die-

<sup>1</sup> UN Framework Convention on Climate Change, 1992, and 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> – see also: <http://unfccc.int>

<sup>2</sup> UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (LRTAP), 1979 – see also: <http://www.unece.org/env/lrtap/>

<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, November 27, 2001

<sup>4</sup> <http://iir-de.wikidot.com/adjustment-de-c>

tural emission inventory. In this inventory, the emissions from agricultural animal husbandry and from managed agricultural soils are regarded as agricultural emissions.<sup>5</sup>

The requirements for the preparation of the inventory as well as the emission reporting process are described for green house gases - especially methane and nitrous oxide - in the IPCC Guidelines (IPCC, 2006). For air pollutants – especially ammonia - the methods and rules are provided in the Emission Inventory Guidebook (EMEP, 2016). Where necessary, older guidelines are still used: IPCC (1996), EMEP (2007), EMEP (2009) and EMEP (2013).

The basic requirements with respect to the level of complexity to be applied for the emission calculations are predominantly determined by key source analysis. An emission source is a key source when it significantly contributes in amount, trend or uncertainty to the national total emission ((IPCC (2006), Kapitel 4; EMEP (2016), Part A/Chapter 2). Emissions from key sources have to be determined with detailed methods. Also with respect to policy advice (cf. DÄMMGEN et al., 2006; GAUGER et al., 2006) there is increasing interest in emission calculation methods as detailed as possible, for only detailed methods allow for the identification and assessment of options for emission mitigation.

On this account, the methods for the calculation of emissions from the German agriculture have been continually improved during the past years for the sector of animal husbandry. The development of methods also used results obtained from an international comparison of methods between neighboured countries (EAGER<sup>6</sup>). All methods used at present for the calculation of emissions from German agricultural animal husbandry satisfy or partly exceed by far the basic requirements specified in the guidelines.

Work is in progress in various research projects in order to improve also the calculations of green house gas emissions from agricultural soils. In the inventory, at the time being, these calculations can be performed only with the rather simple methods provided in the guidelines, even though the emissions from agricultural soils represent significant contributions to the national total of green house gas emissions from agriculture.

The quality of the emission calculation has to satisfy high demands: emission calculations and emission reporting must be transparent; the results must be comparable to those of other countries; the reported time series must be consistent; the emission calculations must be complete, i. e. take into account all relevant sources and sinks of emissions; the uncertainties of the emissions calculated must be determined. Responsibilities, procedures and the implementation of the interna-

sem werden die Emissionen aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung und den bewirtschafteten Nutzflächen berichtet.<sup>5</sup>

Die Anforderungen an die Erstellung von Emissionsinventaren sowie die Emissionsberichterstattung werden für Treibhausgase - insbesondere Methan und Lachgas - in den IPCC Guidelines (IPCC, 2006) und für Luftschadstoffe - insbesondere Ammoniak - im Emission Inventory Guidebook (EMEP, 2016) beschrieben. Wenn nötig, werden auch ältere Richtlinien noch zugrunde gelegt: IPCC (1996), EMEP (2007), EMEP (2009) und EMEP (2013).

Die Mindestanforderungen an den Detaillierungsgrad der Emissionsberechnung werden vorrangig durch die Hauptquellgruppenanalyse bestimmt. Als Hauptquellgruppen werden diejenigen Quellgruppen bezeichnet, die wesentliche Anteile zu Höhe, Trend oder Unsicherheit der nationalen Gesamtemissionen beitragen (IPCC (2006), Kapitel 4; EMEP (2016), Part A/Kapitel 2)). Für Hauptquellgruppen besteht die Verpflichtung, detaillierte Berechnungsmethoden anzuwenden. Auch im Rahmen der Politikberatung (vgl. DÄMMGEN et al., 2006; GAUGER et al., 2006) besteht ein Interesse an möglichst detaillierten Berechnungsmethoden, um Optionen zur Emissionsminderung aufdecken und prüfen zu können.

Daher wurden in den vergangenen Jahren die Methoden zur Berechnung von Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft im Bereich der Tierhaltung beständig weiterentwickelt. Dabei wurden auch Ergebnisse einbezogen, die im internationalen Vergleich benachbarter Staaten erarbeitet wurden (EAGER<sup>6</sup>). Die aktuell im Bereich der Tierhaltung verwendeten Emissionsberechnungsmethoden erfüllen die in den Richtlinien festgelegten Mindestanforderungen an den Detaillierungsgrad und gehen teilweise weit über darüber hinaus.

Aktuell laufende Forschungsprojekte sollen dazu beitragen, auch die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden verbessern zu können. Im Inventar können diese Emissionsberechnungen derzeit, trotz des großen Beitrags der landwirtschaftlichen Bodennutzung zu den Gesamt-Treibhausgasemissionen aus der deutschen Landwirtschaft, nur mit den in den Regelwerken vorgegebenen sehr einfachen Methoden erfolgen.

An die Qualität der Emissionsberechnung werden hohe Ansprüche gestellt. Sie bestehen in der Forderung nach Transparenz der Emissionsberechnung und Berichterstattung, Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit denen anderer Länder, Konsistenz der zu berichtenden Zeitreihen, Vollständigkeit (Einbeziehung aller relevanten Emissionsquellen und -senken) sowie Bestimmung der Genauigkeit der Emissionsergebnisse. Zuständigkeiten, Verfahrensabläufe und Umsetzung der inter-

<sup>5</sup> 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".

<sup>6</sup> EAGER: European Agricultural Gaseous Emissions Inventory Researchers Network. EAGER is a core group of international scientists trying to improve and harmonize national ammonia emission inventory calculations ([www.eager.ch](http://www.eager.ch))



tional requirements for the quality management within the framework of emission inventory preparation at TI are described in two specific documents that are available in German only (BMEL, 2016; TI, 2016). These documents describe in detail the concept of the preparation of green house gas inventories for the source and sink sectors Agriculture and LULUCF within the responsibility of BMEL as well as the implementation improvisations and the quality management for these two source and sink sectors, see Chapter 3.5.

The report at hand documents calculation methods, data sources and emission results of the current emission reporting submission 2018. It has been published in the online publication series „Thünen Report“ of the Johann Heinrich von Thünen-Institute and is available, along with a comprehensive EXCEL® file with input data and emission results (spatial resolution of federal states), on the website of the Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture<sup>7</sup>. The print version is printed in a very small number of copies only for institutions involved in the preparation of the report; for the print version the comprehensive data collection is provided in form of a supplemental CD.

The report serves as additional document to the National Inventory Report 2018 (NIR) on the German green house gas emissions<sup>8</sup> and to the Informative Inventory Report 2018 (IIR), the latter reporting German emissions of air pollutants (especially ammonia)<sup>9</sup>.

Changes, regarding data and methods, in comparison with the report of the last year's emission reporting (RÖSEMANN et al., 2017) are briefly described in Chapter 3.5.2.

**Chapter 2** provides an overview of the calculated emission results and discusses the differences to the last-year emission reporting. (The modifications of methods and data underlying the differences between the present submission and the last-year submission are shortly described in Chapter 3.5.2.)

**Chapter 2.4** describes the data collection available with the report at hand. It consists of an EXCEL® workbook with the emission results of the current submission along with additional information. The tables given in the EXCEL® workbook are addressed in the text volume in the respective paragraphs of chapters 4 to 13.

**Chapter 3** describes the basics of the agricultural inventory preparation. Besides an overview of units and definitions, Chapter 3 comprises the choice of methods based on key source analysis, an overview of basic calculation concepts and approaches (including the calculation of projections for 2020), the description of the input data and an overview on the quality management.

nationalen Anforderungen an das Qualitätsmanagement bei der Erstellung der Emissionsinventare am TI sind im „Konzept zur Erstellung von THG-Emissions- und Kohlenstoffinventaren der Quell- und Senkengruppen Landwirtschaft und LULUCF durch das Johann Heinrich von Thünen Institut (TI) im Zuständigkeitsbereich des BMEL“ (BMEL, 2016) und in der „Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen Landwirtschaft und LULUCF“ (TI, 2016) beschrieben, siehe Kapitel 3.5.

Der vorliegende Berichtsband dokumentiert Berechnungsverfahren, Datenquellen und Emissionsergebnisse der aktuellen Emissionsberichterstattung 2018 aus der deutschen Landwirtschaft und ist in der Online-Publikationsreihe „Thünen Report“ des Johann Heinrich von Thünen-Instituts erschienen. Er kann zusammen mit einer umfangreichen EXCEL®-Datei mit Eingangsdaten und Emissionsergebnissen (in Bundesland-Auflösung) von der Website des Thünen-Instituts für Agrarklimaschutz heruntergeladen werden<sup>7</sup>. Die Printversion wird in sehr kleiner Zahl nur für die am Bericht beteiligten Institutionen aufgelegt; die umfangreiche Datensammlung liegt der Printversion in Form einer CD bei.

Der Bericht dient als Begleitdokument zum Nationalen Inventarbericht 2018 (NIR, National Inventory Report) über die deutschen Treibhausgas-Emissionen<sup>8</sup>, und zum Informative Inventory Report 2018 (IIR), der über die deutschen Schadstoffemissionen (insbesondere Ammoniak)<sup>9</sup> berichtet.

Änderungen bei Daten und Methoden im Vergleich zum Bericht des Vorjahres (RÖSEMANN et al., 2017) werden in Kapitel 3.5.2 kurz beschrieben.

**Kapitel 2** gibt einen Überblick über die berechneten Emissionsergebnisse und geht auf die Unterschiede zur letztjährigen Berichterstattung ein. (Die diesen Unterschieden zugrunde liegenden Änderungen bei Berechnungsverfahren und Eingangsdaten werden in Kapitel 3.5.2 kurz beschrieben.)

In **Kapitel 2.4** wird die umfangreiche EXCEL®-Datei der beiliegenden Datensammlung erläutert, die die Emissionsergebnisse sowie ergänzende Daten der aktuellen Submission enthält. (In den Kapiteln 4 bis 13 wird an den entsprechenden Stellen auf die in der EXCEL®-Datei enthaltenen Daten verwiesen.)

**Kapitel 3** beschreibt die Grundlagen der landwirtschaftlichen Inventarerstellung. Dieses Kapitel umfasst neben einem Unterkapitel zu Einheiten und Begrifflichkeiten die Methodenauswahl nach Hautquellgruppenanalyse, eine Übersicht über grundlegende Konzepte und Berechnungsansätze (einschl. der Projektionserstellung für 2020), die Beschreibung der eingehenden Daten

<sup>7</sup> <https://www.thuenen.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/>

<sup>8</sup> National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory (NIR), <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen.htm>

<sup>9</sup> German Informative Inventory Report (IIR), <http://iir-de.wikidot.com/start>

Chapter 3 also includes a sub-chapter that describes modifications of methodologies and input data.

**Chapters 4 to 9** describe the emission calculations for 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.

**Chapter 10** addresses the calculation of emissions from the anaerobic digestion of energy crops, including the management of the digestate.

**Chapters 11 and 12** deal with the description of emissions from soils, grass land and arable land.

**Chapter 13** describes the *Frac* quantities that have to be reported in the CRF tables.

The assessment of the uncertainties of the greenhouse gas emission inventory and the ammonia emission inventory is dealt with in **Chapter 14**.

Due to space limitations in the following text, equations, tables, figures, and maps are presented in an English Version only.

For technical reasons the German text uses related links that are named in English, i. e. Table instead of Tabelle and Figure instead of Abbildung.

sowie einen Überblick über das Qualitätsmanagement (einschließlich der Änderungen bei Berechnungsverfahren und Eingangsdaten).

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

**Kapitel 10** befasst sich mit der Berechnung von Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen einschließlich Gärreste-Management.

**Kapitel 11 und 12** enthalten die Beschreibung der Emissionen aus Böden, Grünland und Ackerland.

**Kapitel 13** geht auf die *Frac*-Größen ein, die in den CRF-Tabellen zu berichten sind.

**Kapitel 14 beschreibt** die Schätzung der Gesamtunsicherheiten von Treibhausgas- und Ammoniak-Inventar.

Aus Platzgründen werden im nachfolgenden Text neben Gleichungslegenden auch Tabellen, Abbildungen und Karten lediglich in englischer Fassung dargestellt.

Aus technischen Gründen werden im deutschen Text bei Verweisen auf Tabellen und Abbildungen die englischen Begriffe „Table“ bzw. „Figure“ verwendet.

## 2 Emission results in Submission 2018 / Emissionsergebnisse in Submission 2018

In the following, a summary of important results of the emission calculations for the emission reporting 2018 (Submission 2018) from German agriculture is presented. The results mainly pertain to the time series 1990 to 2018, but also to the projection for the year 2020. The overview focuses on CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub> from emission sources covered by the emission reporting for the sector "Agriculture", i. e. animal husbandry and managed agricultural soils. Emissions from the anaerobic digestion of energy crops (emissions from the digester, the storage of the digestate as well as spreading of the digestate) are accounted for, but there is an adjustment procedure for NH<sub>3</sub> (see Chapter 1). Emissions from deer, rabbits, ostriches and fur bearing animals are not reported as their contributions to the total German emissions is insignificant, see Chapter 9.

Emissions from industrial processes (e. g. fertilizer production) as well as emissions from energy consumption associated with agriculture are not considered as they are reported elsewhere (according to IPCC and EMEP rules).

Detailed information on input data and emission results is provided in the chapters beginning with chapter 4 and in the data collection provided with this report (see Chapter 2.4).

Chapter 2.1 and Chapter 2.2 provide an overview of the calculated emission results. Chapter 2.3 discusses the differences to the last-year emission reporting. (The modifications of methods and data underlying the differences between the present submission and the last-year submission are shortly described in Chapter 3.5.2.)

For the uncertainties of the GHG and the NH<sub>3</sub> inventories see Chapter 14.

Im Folgenden wird eine Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die Berichterstattung 2018 (Submission 2018) aus der deutschen Landwirtschaft gegeben, wobei es zum Einen um die Zeitreihe 1990 bis 2016 geht, zum Anderen um die Projektion für das Jahr 2020. Die Übersicht beschränkt sich auf CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</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. Die Vergärung von Energiepflanzen (Emissionen aus Fermenter, Gärrestlager und Gärrestausrückführung) wird mit berücksichtigt, wobei es aber für NH<sub>3</sub> ein Adjustmentverfahren gibt (siehe Kapitel 1). Nicht berücksichtigt werden wegen Geringfügigkeit die Emissionen von Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren (siehe Kapitel 9).

Emissionen aus Vorleistungsbereich (z. B. Düngherstellung) und Energieverbrauch in der Landwirtschaft, die nach den IPCC- und EMEP-Regeln in gesonderten Sektoren berichtet werden, finden im Folgenden keine Berücksichtigung.

Umfassende Informationen zu Eingangsdaten und Emissionsergebnissen finden sich ab Kapitel 4 und in der beiliegenden Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

Kapitel 2.1 und Kapitel 2.2 geben einen Überblick über die berechneten Emissionsergebnisse. Kapitel 2.3 geht auf die Unterschiede zur letztjährigen Berichterstattung ein. (Die diesen Unterschieden zugrunde liegenden Änderungen bei Berechnungsverfahren und Eingangsdaten werden in Kapitel 3.5.2 kurz beschrieben.)

Hinsichtlich der Unsicherheit von Treibhausgas- und NH<sub>3</sub>-Gesamtinventar wird auf Kapitel 14 verwiesen.

## 2.1 GHG emissions (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O) / THG-Emissionen (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> und N<sub>2</sub>O)

Figure 2.1 displays, for the different source sectors, the time series of greenhouse gas emissions from German agriculture as calculated for the years 1990 to 2016 in CO<sub>2eq</sub> units. For the data see Table 2.1.

The conversion from units of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O into units of CO<sub>2eq</sub> was performed by multiplying with the GWP (Global Warming Potential) 25 kg kg<sup>-1</sup> for CH<sub>4</sub> and 298 kg kg<sup>-1</sup> for N<sub>2</sub>O (for the GWP values see IPCC (2007)).

As regulated by the IPCC (2006) guidelines, the CO<sub>2</sub> emissions from liming comprise the CO<sub>2</sub> emission from liming in the forest sector.

In addition, Figure 2.1 presents results for the projection year 2020. The 2020 emissions were calculated based on the data provided in Chapter 3.3.7.

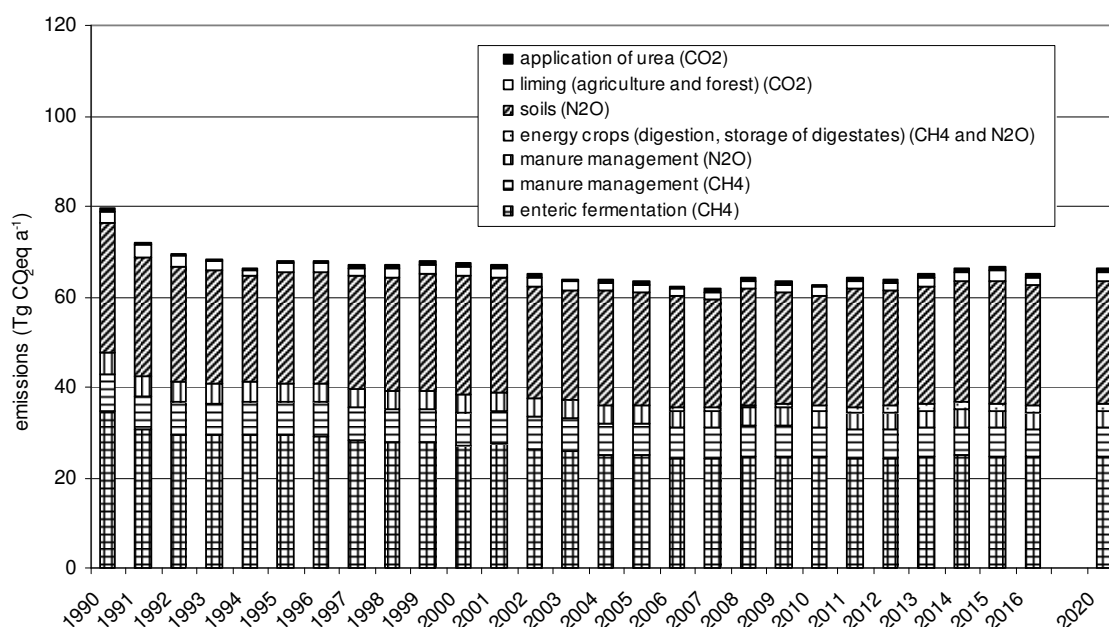
Figure 2.1 zeigt gegliedert nach Quellbereichen die für 1990 bis 2016 berechneten Zeitreihen der Treibhausgas-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft in CO<sub>2eq</sub>-Einheiten. Zu den Daten siehe Table 2.1.

Die Umrechnung von CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Einheiten in CO<sub>2eq</sub>-Einheiten erfolgte durch Multiplikation mit GWP (Global Warming Potential) 25 kg kg<sup>-1</sup> für CH<sub>4</sub> und 298 kg kg<sup>-1</sup> für N<sub>2</sub>O (zum GWP siehe IPCC (2007)).

Aufgrund der Berichtsvorschriften von IPCC (2006) umfassen die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Kalkung auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Kalkung im Forstbereich.

Ergänzt werden die Zeitreihen in Figure 2.1 durch die Projektion für 2020, die auf Grundlage der Vorgaben in Kapitel 3.3.7 erstellt wurde.

**Figure 2.1: Annual THG emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2018) (GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> = 25, GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)**



Total emissions of methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) from German agriculture (including the anaerobic digestion of energy crops) decreased by 17,8 % from about 79.4 Tg CO<sub>2eq</sub> in 1990 to about 65.2 Tg CO<sub>2eq</sub> in 2016. This reduction is a consequence of the following emission changes of partial sources (rounded figures):

- decrease of 10.2 Tg CO<sub>2eq</sub> (-29.4 %) as CH<sub>4</sub> from enteric fermentation,
- decrease of 1.9 Tg CO<sub>2eq</sub> (-23.9 %) as CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from manure management,
- increase of 1.6 Tg CO<sub>2eq</sub> as CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O from anaerobic digestion of energy crops (digester + storage of digestate; 1990: 0 Tg),
- decrease of 2.0 Tg CO<sub>2eq</sub> (-6.9 %) as N<sub>2</sub>O from agricultural soils,
- decrease of 0.8 Tg CO<sub>2eq</sub> (-27.8 %) as CO<sub>2</sub> from liming (agriculture and forest),
- increase of 0.3 Tg CO<sub>2eq</sub> (+71.1 %) as CO<sub>2</sub> from application of urea.

Die Gesamtemissionen von Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) aus der deutschen Landwirtschaft (einschließlich der Vergärung von Energiepflanzen) sanken von rund 79,4 Tg CO<sub>2eq</sub> im Jahr 1990 auf rund 65,2 Tg CO<sub>2eq</sub> im Jahr 2016 (-17,8 %). Dieser Trend ergab sich aus Veränderungen folgender Teil-Emissionen (gerundet):

- Abnahme um 10,2 Tg CO<sub>2eq</sub> (-29,4 %) als CH<sub>4</sub> aus der Verdauung,
- Abnahme um 1,9 Tg CO<sub>2eq</sub> (-23,9 %) als CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management,
- Zunahme um 1,6 Tg CO<sub>2eq</sub> als CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter + Gärrestlager; 1990: 0 Tg),
- Abnahme um 2,0 Tg CO<sub>2eq</sub> (-6,9 %) als N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlich genutzten Böden,
- Abnahme um 0,8 Tg CO<sub>2eq</sub> (-27,8 %) als CO<sub>2</sub> aus Kalkung (Landwirtschaft und Forst),
- Zunahme um 0,3 Tg CO<sub>2eq</sub> (+71,1 %) als CO<sub>2</sub> aus Harnstoffanwendung.

These modifications of the Green House Gas emissions are mostly due to the following changes in German agriculture:

- Decrease of animal numbers after the German reunification because of reduction of oversized livestock numbers in Eastern Germany (see Figure 2.3);
- additional decrease in cattle numbers up to the middle of the first decade of the current century because of the limiting effect of the milk quota system, and a recovery of cattle numbers after cancellation of the milk quota system as of 31 May 2015.

The increase of Green House Gas emissions as of the middle of the current century's first decade is, among other things, due to increased application of N fertilizing. This is mainly caused by increasing application of digestates from biogas production. On the other hand, increasing use of animal manures used as feedstock for biogas plants has led to a reduction of methane emissions from conventional storage of animal manures.

Diese Veränderungen der Treibhausgasemissionen sind zu einem großen Teil auf folgende Entwicklungen in der deutschen Landwirtschaft zurück zu führen:

- Rückgang der Tierzahlen nach der Wiedervereinigung im Zuge des Abbaus von Überbeständen in Ostdeutschland (siehe dazu Figure 2.3);
- weiterer Rückgang bei den Rindern bis Mitte der 2000er Jahre wegen begrenzender Wirkungen der Milchquotenregelung, sowie Wiederanstieg u.a. wegen Aufhebung der Milchquotenregelung zum 31. Mai 2015.

Die Zunahme der Treibhausgasemissionen ab Mitte der 2000er Jahre ist u. a. auf steigende Lachgasemissionen infolge höherer Stickstoffdüngung zurückzuführen. Dies wurde vor allem durch die ansteigende Ausbringung von Gärresten der Biogasproduktion verursacht. Dementgegen hat der über das EEG geförderte verstärkte Einsatz von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen zu einer Reduzierung der Methanemissionen aus der konventionellen Wirtschaftsdüngerlagerung beigetragen.

**Table 2.1: GHG emissions from German agriculture for 1990 - 2016 in Tg CO<sub>2eq</sub> (Submission 2018)**  
(GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> = 25, GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)

year	Total GHG from German agriculture	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	CH <sub>4</sub> manure management	N <sub>2</sub> O manure management <sup>a</sup>	CH <sub>4</sub> + N <sub>2</sub> O energy crops <sup>b</sup>	N <sub>2</sub> O soils <sup>c</sup>	CO <sub>2</sub> liming	CO <sub>2</sub> urea application
1990	79.398	34.664	8.073	5.084	0.000	28.392	2.704	0.480
1991	71.792	30.725	7.204	4.498	0.001	26.460	2.471	0.434
1992	69.334	29.667	7.128	4.428	0.001	25.506	2.206	0.398
1993	68.324	29.444	7.050	4.425	0.002	25.036	1.917	0.451
1994	66.438	29.427	7.382	4.204	0.002	23.487	1.519	0.417
1995	67.861	29.340	7.291	4.195	0.005	24.808	1.745	0.477
1996	67.866	29.259	7.333	4.222	0.008	24.819	1.744	0.481
1997	66.951	28.410	7.225	4.140	0.010	24.844	1.824	0.496
1998	66.924	27.878	7.363	4.086	0.023	25.052	2.005	0.516
1999	67.719	27.841	7.354	4.072	0.026	25.818	2.048	0.560
2000	67.415	27.091	7.183	4.043	0.042	26.252	2.225	0.579
2001	66.973	27.356	7.266	4.119	0.059	25.620	1.913	0.641
2002	64.870	26.287	7.085	4.036	0.085	24.740	1.992	0.645
2003	63.883	25.871	7.105	4.029	0.100	24.315	1.831	0.633
2004	63.807	25.146	6.882	3.945	0.129	25.215	1.819	0.672
2005	63.254	24.931	6.877	3.988	0.342	24.790	1.727	0.598
2006	62.351	24.334	6.672	3.938	0.466	24.628	1.659	0.654
2007	61.772	24.307	6.639	3.979	0.618	23.802	1.786	0.641
2008	64.148	24.782	6.633	3.997	0.697	25.557	1.835	0.648
2009	63.425	24.837	6.596	4.009	0.865	24.528	1.795	0.795
2010	62.647	24.654	6.347	3.934	1.052	24.335	1.738	0.587
2011	64.286	24.348	6.240	3.879	1.267	25.915	1.886	0.750
2012	63.849	24.345	6.296	3.857	1.276	25.501	1.949	0.625
2013	65.004	24.717	6.252	3.856	1.517	25.963	2.004	0.695
2014	66.289	24.864	6.288	3.877	1.561	26.759	2.242	0.698
2015	66.690	24.756	6.189	3.831	1.614	27.229	2.215	0.856
2016	65.228	24.456	6.143	3.794	1.627	26.436	1.952	0.820

<sup>a</sup> N<sub>2</sub>O from manure management includes indirect N<sub>2</sub>O emissions due to deposition of NH<sub>3</sub>-N and NO-N emitted from housing and storage  
<sup>b</sup> emissions from fermenter and storage of digestate from anaerobic digestion of energy crops  
<sup>c</sup> including N<sub>2</sub>O due to field application of digestate from anaerobic digestion of energy crops

In 2016 the percentage of greenhouse gas emissions from German agriculture caused by soils (N<sub>2</sub>O, including emissions due to application of digestate from anaerobic digestion of energy crops) amounted to 40.5 % (in CO<sub>2</sub>

2016 betrug der Anteil des N<sub>2</sub>O aus Böden (incl. N<sub>2</sub>O infolge der Ausbringung von Gärresten aus Energiepflanzen-Vergärung) an den Treibhausgas-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft in CO<sub>2eq</sub> 40,5 %, während der

equivalents), while the percentage of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation was 37.5 % (1990: 35.8 % and 43.7 %, respectively). The remaining 22.0 % (1990: 20.6 %) are caused by manure management (15.2 %; CH<sub>4</sub> + N<sub>2</sub>O) with the ratio of CH<sub>4</sub> to N<sub>2</sub>O (in CO<sub>2</sub> equivalents) between 1.6 and 1.8, digestion of energy crops (2.5 %: CH<sub>4</sub> + N<sub>2</sub>O from digester and storage of digestate) and liming and application of urea (CO<sub>2</sub>, in total 4.3 %).

In 2016 the GHG emissions from the emission sector "Agriculture" were about 1.5 Tg CO<sub>2eq</sub> lower than in 2015 (-2.2 %). This decrease is essentially due to decreased CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation (-1.2 %), decreased N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils (-2.9 %) and decreased CO<sub>2</sub> emissions from application of urea (-11.8 %). The decrease of CH<sub>4</sub> from enteric fermentation is mainly due to the decrease of cattle numbers from 2015 to 2016. For N<sub>2</sub>O from agricultural soils the decrease is predominantly caused by a reduced use of mineral fertilizers. The decreased application of urea led to a decrease of the pertinent CO<sub>2</sub> emissions. The only sector with (slightly) increasing GHG emissions from 2015 to 2016 is that of anaerobic digestion of energy crops, see Table 2.1.

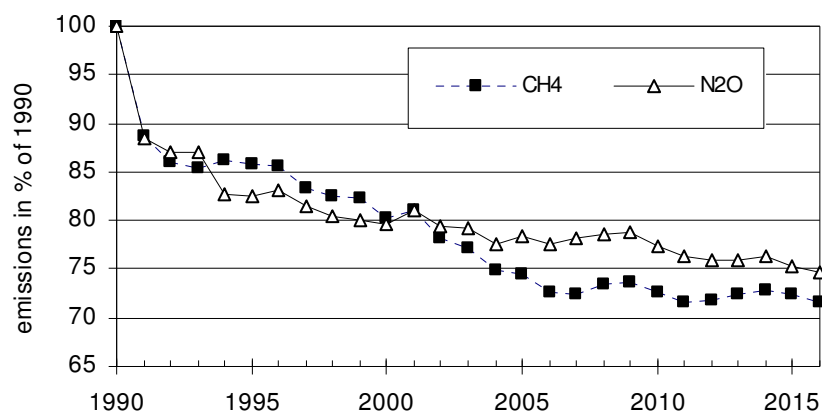
Figure 2.2 shows the decrease of the N<sub>2</sub>O emissions from manure management and of the CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation and manure management since 1990.

Anteil von CH<sub>4</sub> aus der tierischen Verdauung bei 37,5 % lag (1990: 35,8 % bzw. 43,7 %). Die restlichen 22,0 % (1990: 20,6 %) entfielen auf Wirtschaftsdünger-Management (15,2 %: CH<sub>4</sub> + N<sub>2</sub>O, bei einem Verhältnis von CH<sub>4</sub> zu N<sub>2</sub>O in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zwischen ca. 1,6 : 1 und 1,8 : 1), Vergärung von Energiepflanzen (2,5 %: CH<sub>4</sub> + N<sub>2</sub>O aus Fermenter und Gärrestlager) sowie Kalkung und Harnstoffanwendung (CO<sub>2</sub>, zusammen 4,3 %).

2016 lagen die THG-Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft um rund 1,5 Tg CO<sub>2eq</sub> unter denen von 2015 (-2,2 %). Diese Abnahme beruht im Wesentlichen auf Abnahmen bei CH<sub>4</sub> aus der Verdauung (-1,2 %), bei N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlich genutzten Böden (-2,9 %) und bei CO<sub>2</sub> aus der Harnstoffanwendung (-11,8 %). Die Abnahme von CH<sub>4</sub> aus der Verdauung ist vor allem eine Folge der von 2015 zu 2016 zurückgegangenen Rinderzahlen. Bei N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlich genutzten Böden liegt der Grund zum ganz überwiegenden Anteil in der Abnahme der ausgebrachten Mineraldüngermenge. Der Rückgang der Harnstoffausbringung führte zu einer Abnahme der entsprechenden CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die einzige (geringe) Zunahme an Emissionen von 2015 zu 2016 ist bei den THG-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen zu finden, siehe Table 2.1.

Figure 2.2 zeigt die Abnahme der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management und der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management seit 1990.

**Figure 2.2: Development of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry in % of 1990, Submission 2018 (enteric fermentation and manure management)**



The decrease of CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions in Figure 2.2 is partly due to the decrease of animal numbers of dairy cows and other cattle between 1990 and 2005, see Figure 2.3.

(For the animal numbers of all animal categories relevant to emission reporting see Chapter 3.4.2.)

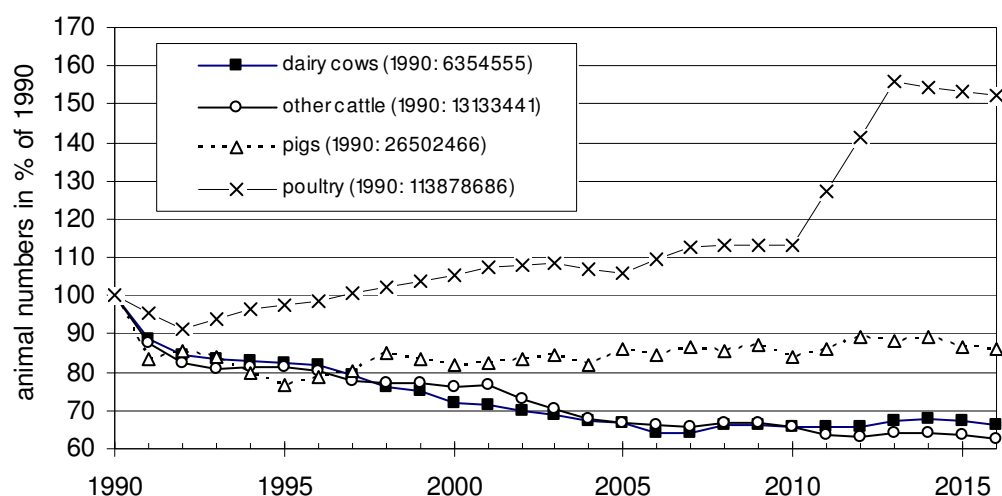
Cattle and pigs are (almost constant over the years since 1990) responsible for about 94 to 95 % of total CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry (2016: dairy cows ca. 51.1 %; other cattle ca. 33.0 %; pigs ca. 10.2 %). The continued decrease of the numbers of dairy cows and other cattle until 2005 as well as the increase of pig numbers after 1995 is obvious. Pig numbers in Figure 2.3 do not include suckling-pigs, see Chapters 5.1 und 5.3.

Die Abnahme der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen in Figure 2.2 ist zum Teil auf die Abnahme der Tierzahlen bei Milchkühen und übrigen Rindern bis ca. 2005 zurück zu führen, siehe Figure 2.3.

(Zu den Tierzahlen aller in der Berichterstattung berücksichtigten Tierkategorien siehe Kapitel 3.4.2.2.)

Rinder und Schweine verursachen über die Jahre weitgehend konstant 94 bis 95 % der Gesamtemissionen an CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O aus der Tierhaltung (Milchkühe 2016 51,1 %, übrige Rinder 33,0 %, Schweine 10,2 %). Deutlich sind abnehmende Tierzahlen bei Milchkühen und übrigen Rindern bis 2005, sowie der Wiederanstieg bei den Schweinen ab 1995. Die Schweinezahlen in Figure 2.3 enthalten keine Saugferkel bis 8 kg, vgl. Kap. 5.1 und 5.3.

**Figure 2.3: Development of animal numbers in % of 1990, Submission 2018**



The marked increase of pig numbers from 2010 to 2012 is partly due to the fact that the Federal Statistical Office modified, as of 2011, the survey regulations in order to include pigs from companies without agricultural land. In a similar way the official counting of poultry has been modified as of 2013, leading to drastically higher poultry numbers than in 2010. Nevertheless, emission contributions by poultry are only a small share of total emissions from animal husbandry.

An additional reason for the decrease of the CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions since 1990 is the increasing impact of the anaerobic digestion of slurry and the partly gastight storage of the residues especially since 2004 (see chapter 3.3.4.4). Table 2.2 and Table 2.3 show the amounts of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O not emitted due to anaerobic digestion of slurry and partly gastight residue storage. These tables also give the percentages of these amounts in relation to the total emissions from manure management to be obtained in the absence of anaerobic digestion. It can be seen that N<sub>2</sub>O emissions are enhanced up to 2007, which is due to low frequencies of gas tight storage of digestate.

Der Anstieg der Schweinezahlen von 2010 zu 2012 geht zum Teil darauf zurück, dass das Statistische Bundesamt bis 2010 nicht erfasste landlose Mastbetriebe in die Erfassung ab 2011 einbezogen hat. In ähnlicher Weise führte die veränderte Erhebung der Geflügelzahlen 2013 zu drastisch höheren Werten als 2010. Geflügel trägt allerdings nur in geringem Maße zu den CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Tierhaltung bei.

Ein weiterer Grund für den Rückgang der CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen seit 1990 liegt in der insbesondere ab 2004 zunehmenden Bedeutung der anaeroben Vergärung von Gülle und der teilweise gasdichten Lagerung der Gärreste (siehe Kapitel 3.3.4.4). Table 2.2 und Table 2.3 zeigen die durch Güllevergärung eingesparten CH<sub>4</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionen sowie das Verhältnis der Minderung zu der sich ohne Güllevergärung ergebenden Gesamtemission aus dem Wirtschaftsdünger-Management aller im Inventar berücksichtigten Nutztiere. Bei N<sub>2</sub>O zeigen sich dabei bis 2007 Emissionserhöhungen. Sie sind auf die bis dahin noch geringe Verbreitung der Abdeckung von Gärrestlagern zurückzuführen.

**Table 2.2: Total national reduction of CH<sub>4</sub> emissions from manure management due to anaerobic digestion of manure (also in percent of the total CH<sub>4</sub> emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion), Submission 2018**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gg a <sup>-1</sup>	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.08	0.14	0.17	0.38	0.43
%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Gg a <sup>-1</sup>	0.7	1.0	1.4	2.2	2.9	6.5	9.5	13.7	16.6	21.3
%	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	2.3	3.4	4.9	5.9	7.5
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Gg a <sup>-1</sup>	26.6	32.7	35.8	40.3	41.9	42.2	42.2			
%	9.5	11.6	12.4	13.9	14.3	14.6	14.7			



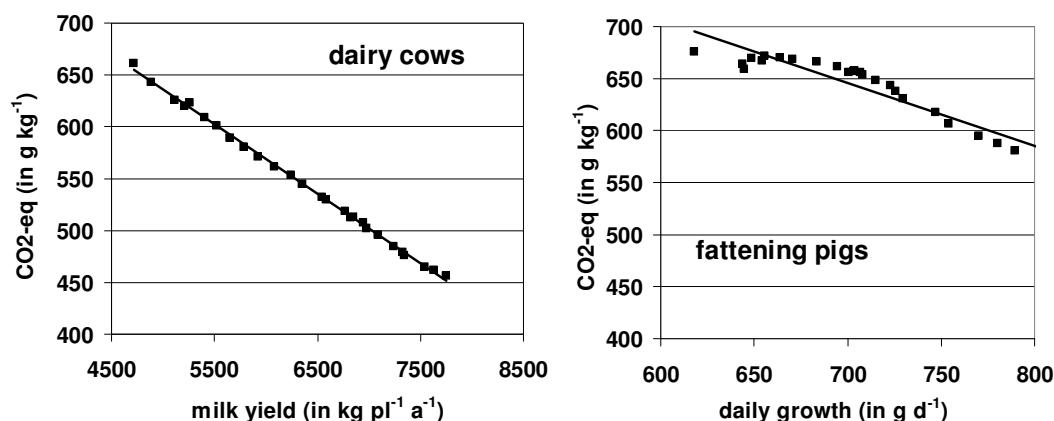
**Table 2.3:** Total national reduction of direct N<sub>2</sub>O emissions from manure management due to anaerobic digestion of manure (also in percent of total direct N<sub>2</sub>O emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion; negative data: increased emissions), Submission 2018

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gg a <sup>-1</sup>	-0,00007	-0,00017	-0,00022	-0,00027	-0,00024	-0,0006	-0,0009	-0,0010	-0,0021	-0,0022
%	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002	-0,002	-0,01	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Gg a <sup>-1</sup>	-0,009	-0,015	-0,022	-0,027	-0,031	-0,051	-0,035	-0,01	0,03	0,09
%	-0,09	-0,15	-0,22	-0,27	-0,32	-0,52	-0,36	-0,1	0,3	0,9
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Gg a <sup>-1</sup>	0,17	0,28	0,45	0,54	0,59	0,61	0,61			
%	1,7	2,8	4,5	5,4	5,8	6,1	6,2			

The emission reducing effect of decreasing animal numbers for cattle and of the digestion of animal manures is partly compensated by constantly improving animal performance. Figure 2.4 shows the development of the calculated GHG emissions from enteric fermentation and manure management (housing and storage) for dairy cows and fattening pigs as related to performance data (dairy cows: milk yield per place and year; fattening pigs: daily weight gain per animal) using the emission data of each single year since 1990.

Die emissionsmindernde Wirkung sinkender Tierzahlen bei den Rindern und der Vergärung von Wirtschaftsdünger wird zum Teil durch beständige Leistungssteigerungen kompensiert. Figure 2.4 zeigt für Milchkühe und Mastschweine unter Verwendung der berechneten Emissionswerte aller Jahre seit 1990 die Treibhausgasemissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager) als Funktion der Leistung (bei Milchkühen: jährliche Milchleistung pro Tierplatz; bei Mastschweinen: täglicher Gewichtszuwachs pro Tier).

**Figure 2.4:** Total performance-related GHG emissions from enteric fermentation and manure management (housing, storage) for dairy cows (per kg of milk) and fattening pigs (per kg of total growth), Submission 2018 (GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> = 25, GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)



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

In principle, a similar picture is obtained for GHG emissions from pig production as related to animal performance. However, for pigs the trend is less pronounced and not as linear as for dairy cows.

As can be seen in Figure 2.1, the interannual fluctuations of total CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O emissions are to a large extent due to fluctuations of the N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils.

The time series of the total of the N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils (i.e. the sum of direct and indirect emissions) is provided in Figure 2.5.

Bei den Milchkühen führen beständig zunehmende Milchleistungen zu einer Abnahme der Emissionen pro kg Milch. Die Abnahme ist jedoch nicht proportional zur Milchleistungszunahme. Dies liegt daran, dass der Erhaltungsenergiebedarf (ca. 40 % des Gesamtenergiebedarfs einer Milchkuh) von der Milchleistung unabhängig ist.

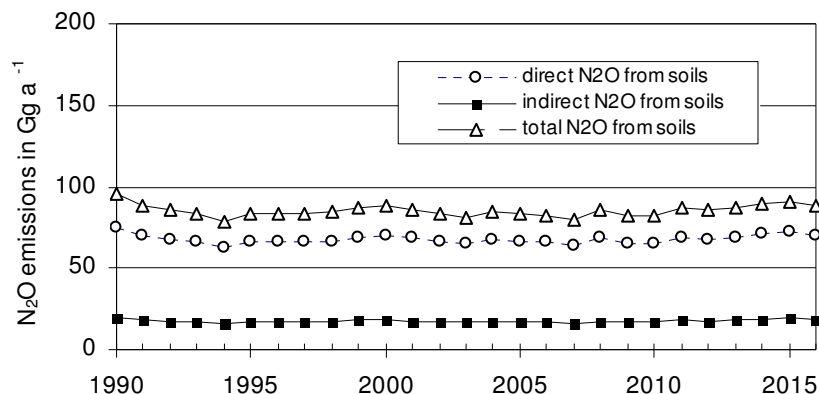
Ein prinzipiell ähnliches Bild ergibt sich bei den leistungsbezogenen Treibhausgasemissionen aus der Mastschweinehaltung, wenn auch nicht so linear wie bei den Milchkühen und in geringerem Ausmaß.

Die in Figure 2.1 zu erkennenden 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 landwirtschaftlichen Böden zurück.

Figure 2.5 zeigt die N<sub>2</sub>O-Gesamtemissionen aus landwirtschaftlichen Böden, die sich aus direkten und indirekten Emissionen zusammensetzt.



**Figure 2.5: N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils (in Gg a<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O), Submission 2018**



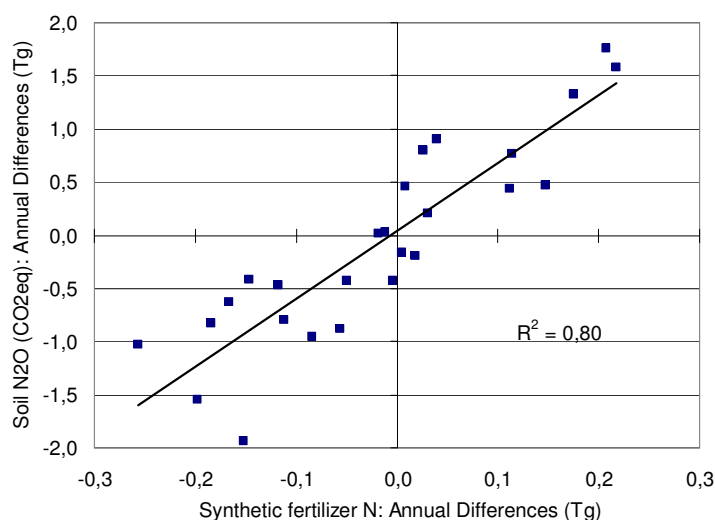
Direct emissions comprise emissions resulting from the application of animal manures, mineral fertilizers, digestate (from digestion of animal manures and energy crops) and sewage sludge, as well as emissions caused by grazing, cultivation of organic soils, and degradation of crop residues. Indirect emissions originate from the (atmospheric) deposition of reactive N species (NH<sub>4</sub> and NO<sub>3</sub> resulting from NH<sub>3</sub> and NO emissions in agriculture) as well as from nitrogen leaching and runoff into surface waters.

To a remarkable extent, interannual variations of total N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils originate from interannual variations in mineral fertilizer application, see Figure 2.6.

Direkte Emissionen sind die Emissionen infolge der Ausbringung von Wirtschafts- und Mineraldünger, Gärresten (aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen) und Klärschlämmen sowie aufgrund von Weidegang, Bewirtschaftung organischer Böden und Zersetzung von Ernterückständen. Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen resultieren aus der atmosphärischen Deposition von reaktivem Stickstoff (NH<sub>4</sub> und NO<sub>3</sub> als Reaktionsprodukte von landwirtschaftlichen NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen) sowie aus Stickstoff-Auswaschung und -Oberflächenabfluss.

Die jährlichen Schwankungen der Gesamt-N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden sind zu einem beträchtlichen Teil Folge der Schwankungen in der Mineraldüngeranwendung, siehe Figure 2.6.

**Figure 2.6: Interannual variations of annual N<sub>2</sub>O emissions (direct plus indirect N<sub>2</sub>O) from agricultural soils vs. interannual variations of mineral fertilizer N for the years 1990 to 2016 (Submission 2018)**



## 2.2 NH<sub>3</sub> emissions / NH<sub>3</sub>-Emissionen

Figure 2.7 shows the Submission 2018 time series of the NH<sub>3</sub> emissions from German agriculture. The time series comprise the years 1990 to 2016 as well as the results for the projection year 2020. Projection 2020 was calculated based on the data provided in Chapter 3.3.7.

According to the requirements of emission reporting the emissions presented in Figure 2.7 show the emissions separately for the major animal categories (emissions from housing and storage), grazing (the total for all grazing animals), organic fertilizers (NH<sub>3</sub> from spreading of animal manures and digestate of manures of all animal categories), application of synthetic fertilizers as well as anaerobic digestion of energy crops (NH<sub>3</sub> from storage and application of digestate). The data used for Figure 2.7 can be found in Table 2.4.

Figure 2.7 also shows the German national emission ceiling of 550 Gg NH<sub>3</sub> per year prescribed for the years from 2010 onwards by the NEC Directive (2001/81/EC) of the European Parliament of 23 October 2001. Negotiations for this directive did not include emissions from anaerobic digestion of energy crops, see Chapters 1 and 10. Hence Germany reports the total NH<sub>3</sub> emissions from agriculture including those from anaerobic digestion of energy crops, but the latter are not considered with regard to compliance of the total German emissions with the NEC ceiling of 550 Gg NH<sub>3</sub> per year.

Figure 2.7 shows that in the years after 2010 this national emission ceiling is considerably exceeded by agriculture only (even after discounting the emissions from energy crops), see also Chapter 2.3.

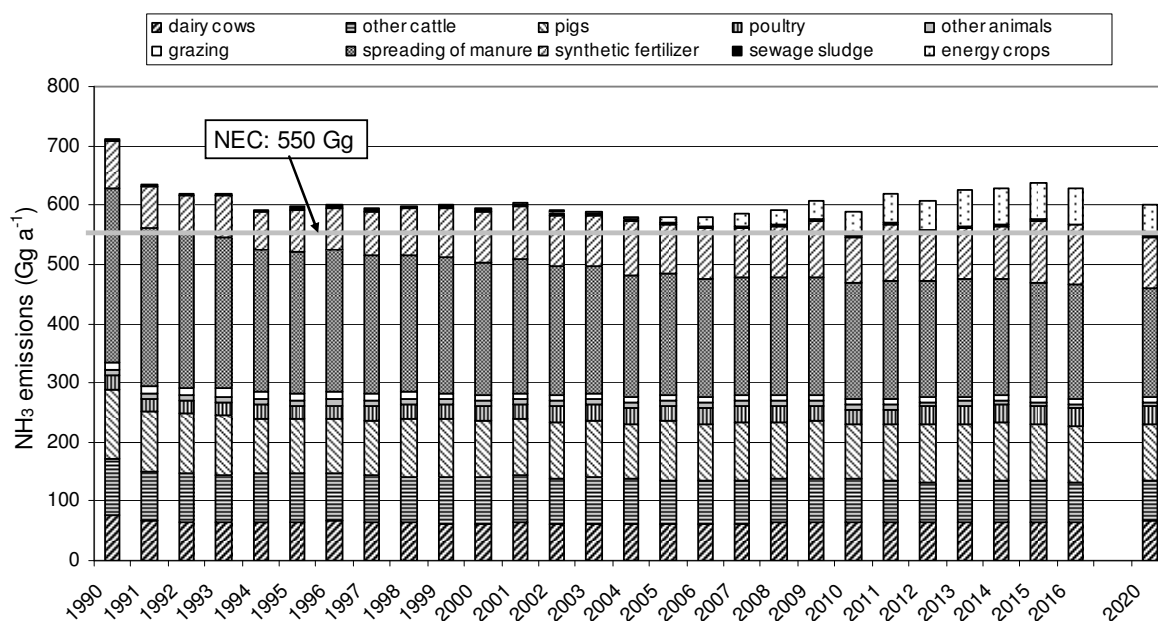
Figure 2.7 zeigt für Submission 2018 den zeitlichen Verlauf der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft für 1990 - 2016 sowie die Projektion für 2020. Die Projektion für 2020 wurde auf Grundlage der Vorgaben in Kapitel 3.3.7 erstellt.

Die in Figure 2.7 dargestellten Emissionen gliedern sich gemäß den Anforderungen an die Emissionsberichterstattung nach den großen Tierkategorien (NH<sub>3</sub> aus Stall und Lager), Weidegang (alle Weidetiere zusammen), organischer Düngung (NH<sub>3</sub> aus der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten aller Tierkategorien), Mineraldünger-Ausbringung sowie Vergärung von Energiepflanzen (NH<sub>3</sub> aus Gärrestlagerung und -ausbringung). Die zugrundeliegenden Zahlenwerte finden sich in Table 2.4.

Figure 2.7 zeigt zusätzlich die ab 2010 für die deutschen Gesamt-NH<sub>3</sub>-Emissionen vorgegebene Obergrenze von jährlich 550 Gg (NEC-Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments vom 23. Oktober 2001), bei deren Aushandlung die Emissionsquelle „Energiepflanzen“ aber nicht berücksichtigt wurde, siehe Kapitel 1 und 10. Demzufolge berichtet Deutschland zwar die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft einschließlich der energiepflanzenbedingten Emissionen; für die Einhaltung bzw. Nichteinhaltung des NEC-Schwellenwertes von 550 Gg ist aber die NH<sub>3</sub>-Emission nach Abzug des energiepflanzenbedingten Beitrags maßgeblich.

Aus Figure 2.7 geht hervor, dass in den Jahren nach 2010 der NEC-Schwellenwert allein schon durch die Landwirtschaft (ohne den energiepflanzenbedingten Beitrag) überschritten wird, siehe dazu auch Kapitel 2.3.

**Figure 2.7: Annual NH<sub>3</sub> emissions from German agriculture and projections for 2020 (Submission 2018)**



**Table 2.4: Ammonia emissions from German agriculture for 1990 - 2016 in Gg NH<sub>3</sub> (Submission 2018)**

year	total	dairy cows (housing + storage)	other cattle (housing + storage)	pigs (housing + storage)	poultry (housing + storage)	other animals (housing + storage)	grazing (all animals)	spreading (manure + digestate of manure)	synthetic fertilizer	sewage sludge	energy crops (storage + spreading)
1990	711.6	75.1	96.4	117.1	23.0	9.4	14.2	294.3	78.4	3.7	0.0
1991	634.1	66.5	83.8	99.9	21.8	9.6	13.0	265.5	70.4	3.7	0.0
1992	618.7	64.9	81.0	102.5	20.8	9.7	12.8	258.5	64.8	3.5	0.0
1993	620.3	65.2	79.9	100.6	21.2	10.2	13.0	256.6	70.0	3.5	0.1
1994	592.9	65.9	81.9	92.7	21.7	10.6	11.1	241.0	64.6	3.5	0.1
1995	597.7	65.6	82.1	89.9	21.6	11.0	11.3	239.2	72.0	4.7	0.2
1996	601.1	66.0	81.1	92.1	22.1	11.4	11.4	240.0	72.1	4.7	0.3
1997	594.4	64.3	78.6	93.9	22.4	10.6	11.0	233.6	75.1	4.6	0.3
1998	598.2	63.1	78.2	98.9	22.9	9.8	10.7	232.0	77.5	4.2	0.7
1999	601.2	62.7	79.4	97.5	22.8	9.1	10.5	230.8	83.3	4.2	0.8
2000	595.1	61.9	78.7	95.2	24.1	9.2	10.2	224.6	85.5	4.4	1.3
2001	603.7	63.3	80.0	95.6	24.8	9.5	10.3	226.1	88.2	4.0	1.9
2002	590.3	62.2	75.8	96.4	25.0	9.6	9.8	217.8	87.2	3.8	2.7
2003	588.7	62.5	77.2	97.6	25.2	9.7	9.6	213.6	86.2	3.9	3.2
2004	579.7	62.2	74.3	94.6	25.7	9.5	9.3	206.6	89.5	3.8	4.2
2005	580.7	62.7	73.6	98.3	25.5	9.3	9.1	204.7	82.6	3.7	11.3
2006	580.8	61.3	72.6	96.6	25.7	9.5	8.8	199.7	87.0	3.6	16.1
2007	586.3	62.1	72.0	98.4	26.5	9.8	8.8	199.9	83.7	3.5	21.6
2008	592.7	63.7	73.5	96.3	26.2	9.3	8.7	199.9	86.9	3.4	24.8
2009	607.5	64.0	73.8	97.5	25.6	8.9	8.6	199.4	94.5	3.4	31.8
2010	588.5	64.2	72.8	93.2	24.7	8.3	8.4	197.5	75.9	3.5	39.9
2011	618.7	64.3	69.9	94.6	26.8	8.1	8.3	198.8	94.9	3.4	49.7
2012	607.7	63.8	69.2	97.5	29.0	8.1	8.2	196.2	81.1	3.3	51.3
2013	624.8	64.4	69.9	96.4	30.2	8.0	8.3	197.0	88.1	2.9	59.6
2014	627.1	65.3	69.8	97.4	30.5	7.9	8.4	196.3	88.7	2.8	60.1
2015	636.9	65.9	68.7	94.2	30.5	7.8	8.4	193.4	105.0	2.5	60.6
2016	629.2	65.4	67.7	93.4	30.3	7.7	8.3	192.8	100.0	2.5	61.1

As can be seen, there is a marked decrease of the NH<sub>3</sub> emissions from German agriculture in the years immediately after the German unification 1990/1991 (reduction of oversized livestock numbers). During the subsequent years the emissions from animal husbandry and fertilizer application do not show substantial trends. Interfering with this development is the progressing use of anaerobic digestion of energy crops, leading, in total with the emissions from animal husbandry and fertilizer application, to a considerable increase of NH<sub>3</sub> emissions until 2015. The decrease from 2015 to 2016 is mainly due to reduced amounts of mineral fertilizers.

Omitting the emissions originating from anaerobic digestion of energy crops and spreading of the pertinent digestate, the 2016 NH<sub>3</sub> emissions of the German agriculture were 568.2 Gg, which is 20.2 % lower than in 1990 where the emissions amounted to 711.6 Gg. While anaerobic digestion of energy crops (including spreading of the resulting digestate) was negligible in 1990, it led to NH<sub>3</sub> emissions of 61.1 Gg in 2016. Hence, total NH<sub>3</sub> emissions from agriculture in 2016 were 629.2 Gg, which is 11.6 % less than 1990.

The time series of total NH<sub>3</sub> emissions from animal husbandry and fertilizer application is a result of counteracting processes. Besides the amounts of fertilizers the animal numbers are of concern (see Figure 2.3). Under unchanged agricultural conditions, increasing animal numbers inevitably lead to increased emissions.

Die Gesamt-NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft sind nach der deutschen Wiedervereinigung von 1990 zu 1991 deutlich gesunken (Abbau von Überbeständen in Ostdeutschland). In den Jahren danach – einschließlich der Projektion für 2020 - ist für die Summe der Emissionen aus der Tierhaltung und der Mineraldüngerausbringung kein wesentlicher Trend mehr zu erkennen. Der Entwicklung überlagert ist die Zunahme der Vergärung von Energiepflanzen, was in der Summe mit den anderen NH<sub>3</sub>-Emissionen zu einem merklichen Emissionsanstieg bis 2015 führte. Der Rückgang von 2015 zu 2016 ist im Wesentlichen eine Folge verringerter Mineraldüngermengen.

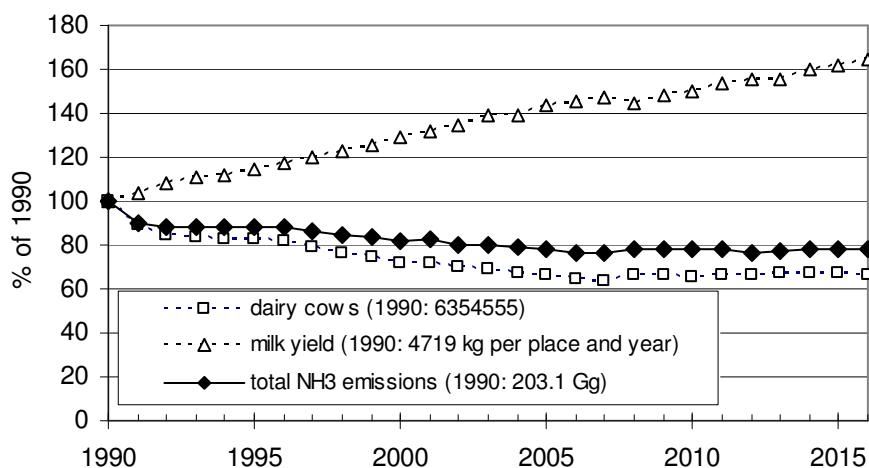
Ohne Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Ausbringung der Gärreste) liegen die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft bei 568,2 Gg im Jahr 2016 und damit um 20,2 % niedriger als 1990 mit 711,6 Gg. Die 1990 noch vernachlässigbare Vergärung von Energiepflanzen (incl. Gärrestausrückstände) führte 2016 zu NH<sub>3</sub>-Emissionen von 61,1 Gg. Damit lag die Gesamt-NH<sub>3</sub>-Emission der Landwirtschaft 2016 bei 629,2 Gg (- 11,6 % gegenüber 1990).

Die zeitliche Entwicklung der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Tierhaltung und der Mineraldüngerausbringung ist ein Ergebnis gegenläufiger Effekte. Neben der Menge des ausgebrachten Mineraldüngers ist die Tierzahl (Figure 2.3) eine wichtige Einflussgröße. Unter sonst unveränderten Bedingungen führen steigende Tierzahlen immer zu einer Zunahme der Emissionen.

The continuing increase of animal performance leads to increasing total emissions as well. As an example, Figure 2.8 shows for dairy cows how increasing milk yields partly compensate decreasing animal numbers. (The impact of increased performance on product-related emissions is dealt with farther below.)

Eine emissionserhöhende Wirkung geht auch vom Anstieg der tierischen Leistung aus. So werden z. B. die abnehmenden Milchkuhzahlen durch die Steigerung der jährlichen Milchleistung teilweise kompensiert, siehe Figure 2.8. (Zur Auswirkung von Leistungssteigerungen auf die produktbezogenen Emissionen siehe weiter unten.)

**Figure 2.8: Development of dairy cattle numbers, milk yields and  $\text{NH}_3$  from dairy cattle husbandry (including grazing), Submission 2018**



For the main emission sources within the animal categories „cattle“ and „pigs“, i. e. for dairy cows and fattening pigs, Figure 2.9 shows for the example year 2016 the calculated percentages of  $\text{NH}_3$  emissions originating from housing, storage and manure application (as well as grazing for dairy cows). It is obvious that for dairy cows the emissions from manure application are predominant, while for fattening pigs the major share of the emissions are originating from housing.

In the same way, Figure 2.10 shows the calculated percentages of  $\text{NH}_3$  emissions from housing, storage and manure application for broilers and for the total of all animals. For broilers, half the total emissions are caused by spreading, while slightly more than a quarter originates from housing. For all animals, on average, emissions from housing and application are of similar size (both in the order of two fifth); the remaining emissions are somewhat lower than one fifth of the total emissions and subdivide into emissions from storage and grazing with the ratio of about 9:1.

The emissions described above also comprise the effect of anaerobic digestion of animal manures.

Table 2.5 shows for the years 1990 to 2016 the changes of total  $\text{NH}_3$  emissions from animal husbandry (housing + storage + application + grazing) caused by the anaerobic digestion of animal manures.

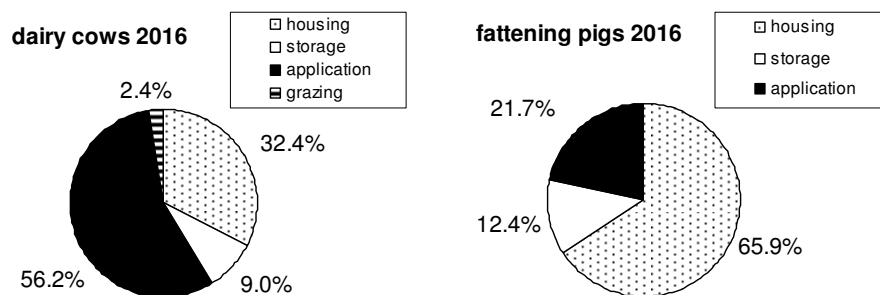
Für die Hauptquellen im Bereich Rinder und Schweine, d. h. Milchkühe und Mastschweine, verdeutlicht Figure 2.9 exemplarisch für 2016 die berechnete prozentuale Verteilung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Stall, Lager und Wirtschaftsdünger-Ausbringung (sowie Weidegang bei den Milchkühen). Es wird deutlich, dass bei Milchkühen die Emissionen aus der Wirtschaftsdünger-Ausbringung überwiegen, während dies bei den Mastschweinen für den Stallbereich gilt.

Figure 2.10 zeigt in gleicher Weise für Masthähnchen sowie für die Gesamtheit aller im Inventar berücksichtigten Tiere die prozentuale Verteilung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Bei den Masthähnchen resultiert die Hälfte der Gesamtemission aus der Ausbringung, während etwas mehr als ein Viertel dem Stall zuzuordnen ist. Im Durchschnitt aller Tiere liegen die Emissionen aus Stall und Ausbringung in etwa gleichauf in der Größenordnung von zwei Fünfteln der Emissionen, während sich das verbleibende knappe Fünftel im Verhältnis von ca. 9:1 auf Lager und Weidegang aufteilt.

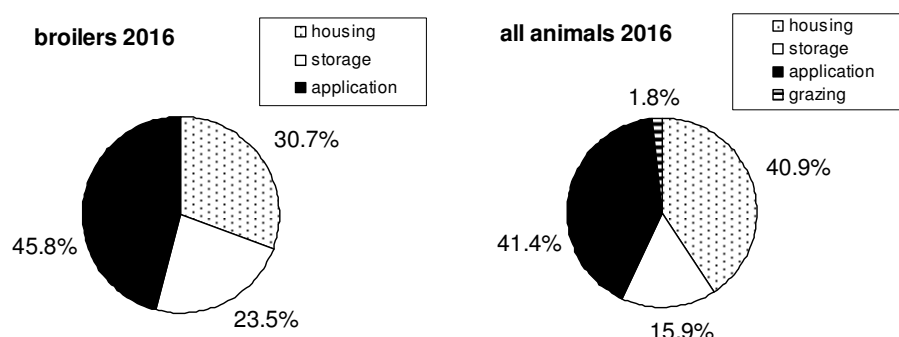
Die oben beschriebenen Emissionen beinhalten auch die Auswirkung der Wirtschaftsdünger-Vergärung.

Table 2.5 zeigt für die Jahre 1990 bis 2016 die Veränderungen der Gesamt- $\text{NH}_3$ -Emissionen der Tierhaltung (Stall + Lager + Ausbringung + Weidegang) durch die Wirtschaftsdünger-Vergärung.

**Figure 2.9: Dairy cows and fattening pigs (Submission 2018): Percentages of NH<sub>3</sub> emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2016 (no free range husbandry for pigs)**



**Figure 2.10: Broilers and all animals (Submission 2018): Percentages of NH<sub>3</sub> emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2016**



**Table 2.5: Increase of total NH<sub>3</sub> emissions from "housing + storage + spreading + grazing" due to anaerobic digestion of manure (also in percent of NH<sub>3</sub> emissions from the situation without anaerobic digestion; negative values: decrease of emissions), Submission 2018**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gg a <sup>-1</sup>	-0.001	-0.004	0.00	-0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.03	0.03
%	-0.0002	-0.0006	-0.001	-0.001	0.000	0.001	0.002	0.002	0.006	0.007
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Gg a <sup>-1</sup>	0.14	0.26	0.41	0.53	0.68	1.02	1.55	2.09	2.41	2.99
%	0.029	0.052	0.082	0.108	0.142	0.212	0.33	0.44	0.50	0.63
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Gg a <sup>-1</sup>	3.68	4.24	3.18	2.64	1.92	1.17	1.18			
%	0.78	0.90	0.67	0.56	0.40	0.25	0.25			

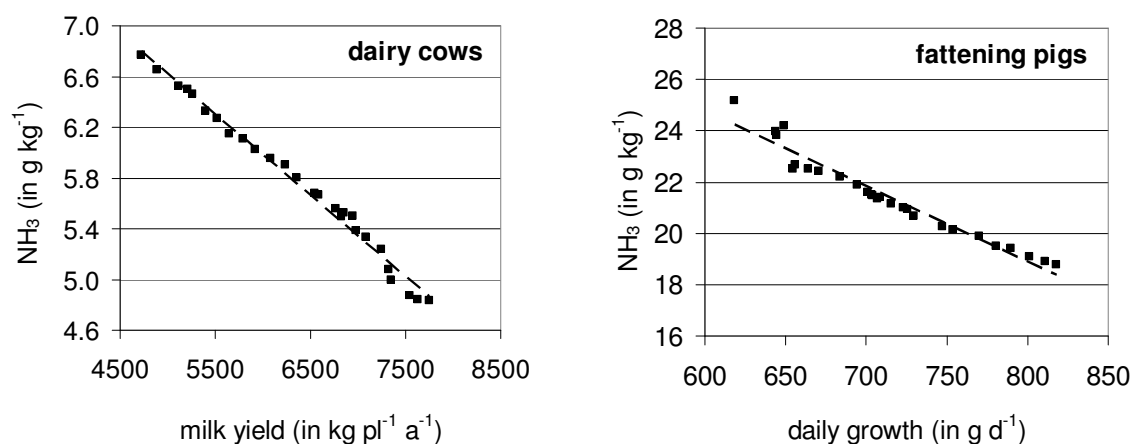
As can be seen, digestion mostly leads to (slightly) increased total emissions of NH<sub>3</sub>. This is due to the increase of the relative TAN content of the substrate in the digester that in turn leads to an increase of the potential of NH<sub>3</sub> emissions during storage and application of the digestate. This effect is the more prominent the more animal manures are anaerobically digested. However, in the early 1990s, it was compensated as the application of digestate uses techniques producing lower emissions than the techniques used for undigested manures. Gastight storage leads to lower emissions as well. This becomes apparent especially in the change from 2011 to 2012 when the use of gastight storage drastically increased, but also in the years 2013 to 2015 with still increasing use of gastight storage, while 2016 was more or less on the level of 2015.

Wirtschaftsdünger-Vergärung führt i. d. R. zu einer (leichten) Erhöhung der NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen. Der Grund dafür liegt im Anstieg des TAN-Gehalts des Substrats im Fermenter, mit der Folge eines erhöhten Potentials für NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Lagerung und Ausbringung der Gärreste. Dieser Effekt zeigt sich um so deutlicher, je mehr Wirtschaftsdünger vergoren wird. Er wurde anfangs der 1990er Jahre noch durch die im Vergleich zu unbehandeltem Wirtschaftsdünger emissionsärmeren Techniken zur Gärrestausrückführung kompensiert. Die gasdichte Gärrestlagerung hat ebenfalls eine emissionsverringende Wirkung. Dies zeigt sich insbesondere beim Übergang von 2011 zu 2012, als die Verbreitung der gasdichten Lagerung sprunghaft zunahm, aber auch in den Jahren 2013 bis 2015 mit weiter zunehmender Verbreitung, während 2016 in etwa auf dem Level von 2015 lag.

Total emissions from animal husbandry increase by increased animal performance (see above), while the opposite is true for product-related emissions. Ammonia emissions as related to unit of product (dairy cows: milk yield per place and year; fattening pigs: total weight gain per place and year) are visualized for the period from 1990 to 2016 in Figure 2.11. They comprise emissions from housing, storage and application of manures, as well as grazing for dairy cows.

Die Gesamtemissionen aus der Tierhaltung nehmen durch die Leistungsteigerung zu (siehe weiter oben), während die produktbezogenen Emissionen abnehmen. Figure 2.11 zeigt für Milchkühe und Mastschweine für die Jahre 1990 bis 2016 die aus der Tierhaltung (Stall + Lager + Ausbringung; bei Milchkühen auch incl. Weidegang) entstandenen produktbezogenen Ammoniakemissionen als Funktion der Leistung (bei Milchkühen: jährliche Milchleistung pro Tierplatz; bei Mastschweinen: jährlicher Gesamtgewichtszuwachs pro Tierplatz).

**Figure 2.11: Dairy cows and fattening pigs: Performance-related total  $\text{NH}_3$  emissions from animal husbandry, including grazing for dairy cows (for dairy cows per kg milk, for fattening pigs per g of daily growth), Submission 2018**



For dairy cows, the steady increase of milk yields has resulted in reductions of emissions related per kg milk produced. However, the reduction is not proportional to the increase in milk yields, as the energy requirements for maintenance (about 40 % of the total energy requirements) are not related to milk yields and (as a rule) almost constant. In addition the emissions are also affected by from-year-to-year changes of frequencies of housing types, storage types and landspreading conditions (see Chapter 3.4.3).

A similar picture can be obtained for  $\text{NH}_3$  emissions from pig production as related to animal performance. Here, trends are less distinct, as energy requirements for maintenance (in contrast to dairy cows) are related to animal performance and increase with increasing weight gains. Increased N intake with feeds is compensated by increased N retention. Hence, N excretion rates and as a consequence,  $\text{NH}_3$  emission rates, increase at a somewhat slower rate than weight gain rates. Like for dairy cows the emissions are also affected by from-year-to-year changes of frequencies of housing types, storage types and landspreading conditions (see Chapter 3.4.3). An additional effect is caused by the increasingly used phase feeding, which leads to reduced N inputs in pig fattening. This effect is modelled in the inventory from 1990 onwards.

Nevertheless, for the international emission reporting and the definition and application of mitigation

Bei den Milchkühen führen beständig zunehmende Milchleistungen zu einer Abnahme der Emissionen pro kg Milch, jedoch nicht proportional zum Leistungsanstieg. Dies liegt zum Einen daran, dass der Erhaltungsenergiebedarf, der ca. 40 % des Gesamtenergiebedarfs einer Milchkuh ausmacht, von der Milchleistung unabhängig ist und daher bei der Steigerung der Milchleistung i. d. R. nicht mit ansteigt. Zum Anderen wirken sich die mit den Jahren erfolgten Änderungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsbedingungen (siehe Kapitel 3.4.3) aus.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den leistungsbezogenen  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Mastschweinehaltung, auch wenn anders als bei der Milchkuh der Erhaltungsenergiebedarf nicht leistungsunabhängig ist, sondern mit größer werdendem Zuwachs ansteigt. Der damit ansteigenden N-Aufnahme mit dem Futter steht allerdings eine ebenfalls ansteigende erhöhte N-Retention gegenüber, so dass die N-Ausscheidung und damit die  $\text{NH}_3$ -Emission relativ langsamer ansteigt als das Tiergewicht. Wie bei den Milchkühen wirken sich auch hier zusätzlich die seit 1990 erfolgten Änderungen der Haltungs-, Lager- und Ausbringungsbedingungen (siehe Kapitel 3.4.3) aus. Ein zusätzlicher Effekt geht von der zunehmenden Verbreitung der Phasenfütterung aus, durch die der N-Input in der Schweinemast im Inventar ab 1990 allmählich abnehmend modelliert wurde.

Für die internationale Emissionsberichterstattung und die Definition und Umsetzung von Emissionsminde-

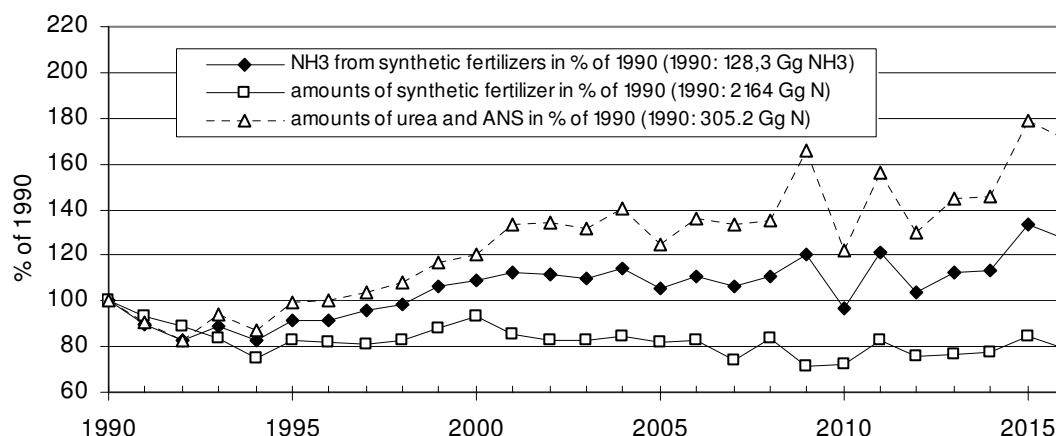
measures on national level only the absolute emissions are relevant. Consideration of product related emissions (i. e. relative emissions) can only help compare production processes with respect to their specific emission potentials. This is, however, not the task of the national emission reporting and will therefore not be further expored in the report at hand, but see e. g. "Standards for the calculation of a farm's climate balance" (Berechnungsstandard Klimabilanz, BEK).<sup>10</sup>

NH<sub>3</sub> emissions from the application of mineral fertilizers are dominated by the application of urea and ANS. Figure 2.12 shows (in relation to 1990) the time series of the calculated NH<sub>3</sub> 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. The obvious correlation between the amount of urea and ANS applied and the NH<sub>3</sub> 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.

runungszielen auf nationaler Ebene sind allerdings allein die absoluten Emissionen relevant. Die Betrachtung der produktbezogenen (d.h. relativen) Emissionen kann lediglich helfen, Produktionsverfahren im Hinblick auf ihre spezifischen Emissionspotentiale miteinander zu vergleichen. Dies ist allerdings nicht Aufgabe der Emissionsberichterstattung und wird deshalb im vorliegenden Bericht nicht weiter verfolgt wird. (Siehe dazu aber u. a. "Berechnungsstandard Klimabilanz (BEK)"<sup>10</sup>).

Die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung sind maßgeblich durch die Anwendung von Harnstoff und AHL geprägt. Figure 2.12 zeigt relativ zu 1990 die zeitlichen Verläufe der berechneten NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung, der Mineraldüngeranwendung insgesamt (N-Menge) und der in der Mineraldünger-Stickstoffmenge enthaltenen Summe von Harnstoff-N und AHL-N. Die deutliche Abhängigkeit der NH<sub>3</sub>-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 2.12: Application of mineral fertilizer N (amounts sold), amounts of N in urea and ANS applied, and the NH<sub>3</sub> emissions from the total application of mineral fertilizers (Submission 2018)**



<sup>10</sup> <https://www.ktbl.de/inhalte/themen/ueber-uns/projekte0/klimagasbilanzen0/>

### 2.3 Comparison with submission 2017 / Vergleich mit Submission 2017

For the calculation of the current Submission 2018 some changes were made, with respect to Submission 2017 (RÖSEMANN et al., 2017), in the fields of input data and methodologies. All changes between Submissions 2017 and 2018 are listed in Chapter 3.5.2.

Figure 2.13 and Figure 2.14 illustrate the differences between the results of Green House Gas emissions and  $\text{NH}_3$  emissions of current Submission 2018 and Submission 2017.

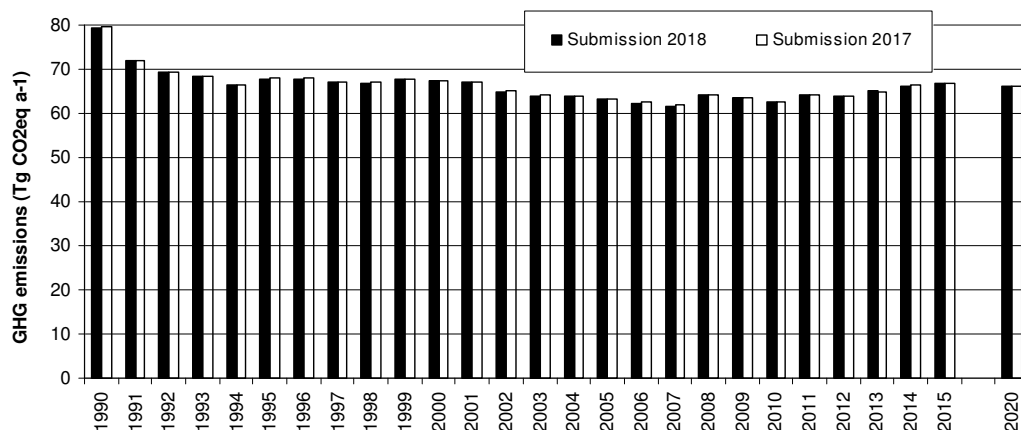
The comparison of  $\text{NH}_3$  emissions does not include emissions originating from anaerobic digestion of energy crops (storage and application of digestate) as these emissions are not relevant for compliance with the national  $\text{NH}_3$  emission ceiling (NEC), see Chapter 1. Differences between Submission 2018 and Submission 2017 resulting from emissions from anaerobic digestion of energy crops are displayed separately, see Table 2.6.

Zur Berechnung der vorliegenden Submission 2018 wurden gegenüber Submission 2017 (RÖSEMANN et al., 2017) in den Bereichen „Eingangsdaten“ und „Methodiken“ einige Änderungen vorgenommen. Kapitel 3.5.2 gibt eine Übersicht über diese Änderungen.

Die sich aus den Änderungen ergebenden Unterschiede zwischen den Treibhausgas- und  $\text{NH}_3$ -Emissionsergebnissen der Submissionen 2017 und 2018 zeigen Figure 2.13 and Figure 2.14.

Der  $\text{NH}_3$ -Vergleich beschränkt sich auf die Emissionen ohne die Emissionsquelle „Energiepflanzen“ (Gärrestlagerung und -ausbringung), da diese nicht relevant für die Einhaltung des NEC-Schwellenwertes ist, siehe Kapitel 1. Die Unterschiede zwischen Submission 2018 und Submission 2017 bei den berechneten Emissionen aus der Emissionsquelle „Energiepflanzen“ werden separat dargestellt, siehe Table 2.6.

**Figure 2.13: Comparison of GHG emission results in Submission 2018 and Submission 2017**



**Figure 2.14: Comparison of  $\text{NH}_3$  emission results in Submission 2018 and Submission 2017**

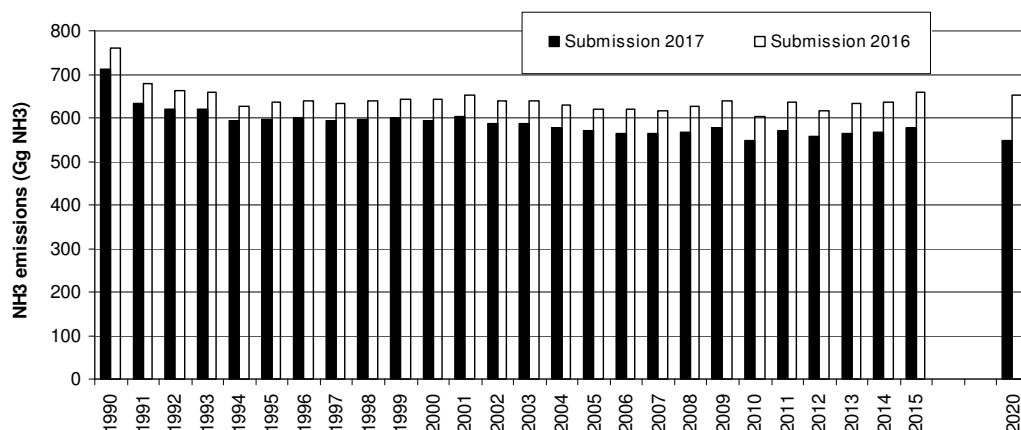


Figure 2.13 shows for the GHG gases that the differences between Submission 2018 and Submission 2017 are small: between -0.11 % and -0.45 % of the emissions reported in Submission 2017. Averaged over all years of the timeseries the difference is -0.26 % or -0.18 Tg CO<sub>2eq</sub>. The by far most important reason for this difference is

Bei den Treibhausgas-Emissionen sind, wie aus Figure 2.13 hervorgeht, die Unterschiede zwischen Submission 2018 und Submission 2017 gering: zwischen -0,11 % und -0,45 % der in Submission 2017 berichteten Emissionen. Über alle Zeitreihenjahre gemittelt liegt der Unterschied bei -0,26 % bzw. -0,18 Tg CO<sub>2eq</sub>. Die bei weitem



the application of the reduced  $\text{NH}_3$  emission factors for mineral fertilizers provided in the new EMEP Guidebook (EMEP, 2016). This has an immediate impact on the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils in emission sector 3.D. Other changes are of far less importance (update of performance data, performance-data related data or methodologies in livestock husbandry; activity data for the calculation of emissions from anaerobic digestion).

Figure 2.14 shows that the  $\text{NH}_3$  emissions calculated for Submission 2018 are, for all years of the time series, markedly lower than those reported in Submission 2017. The differences are between -6.1 % and -13.1 % of the emissions of Submission 2017. Averaged over all years of the timeseries the difference is -8.1 % or -55.5 Gg  $\text{NH}_3$ . Here again the most important reason is the use of lower  $\text{NH}_3$  emission factors for mineral fertilizers as provided by EMEP (2016). Compared to Submission 2017 those new emission factors led to  $\text{NH}_3$  emissions from the application of mineral fertilizers that are lower by 38 %.

The differences in the 2020 projections of GHG and  $\text{NH}_3$  between Submissions 2017 and 2018 follow, in the order of magnitude, the patterns of the differences between the time series. (For the data used of the calculations of the projections see Chapter 3.3.7.).

$\text{NH}_3$  emission reporting does not include the emissions from anaerobic digestion of energy crops (storage and application of digestates). Hence Table 2.6 compares the emissions calculated in Submissions 2017 and 2018. As can be seen, the emissions of Submission 2018 are, up to and including 2012, identical to those of Submission 2017. However, in the years after 2012 and for the projections 2020 the Submission 2018 results are lower. Those differences are due to an update of the activity data.

bedeutendste Ursache hierfür ist die Herabsetzung der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Mineraldüngerdurch das neue EMEP-Guidebook (EMEP, 2016). Dies wirkt sich auf die indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus Böden in der Quellgruppe 3.D aus. Andere Änderungen durch Aktualisierungen von Leistungsdaten oder leistungsabhängigen Daten oder Methoden bei den Tieren bzw. bei Aktivitätsdaten für die Berechnung der Emissionen aus der Vergärung wirken sich nur geringfügig aus.

Figure 2.14 verdeutlicht, dass die  $\text{NH}_3$ -Emissionen der Submission 2018 für alle Jahre der Zeitreihe merklich niedriger als in Submission 2017 sind. Die Differenzen betragen zwischen -6,1 % und -13,1 % der Emissionen der Submission 2017. Über alle Zeitreihenjahre gemittelt liegt der Unterschied bei -8,1 % bzw. -55,5 Gg  $\text{NH}_3$ . Auch hier liegt der Hauptgrund in den oben bei den THG erwähnten niedrigeren  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Mineraldünger nach (EMEP, 2016). Die neuen Emissionsfaktoren führten gegenüber Submission 2017 im Mittel über die gesamte Zeitreihe zu einer Reduktion der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Mineraldüngieranwendung um 38 %.

Die Unterschiede zwischen den 2020-Prognosen für Treibhausgase und  $\text{NH}_3$  der Submission 2017 und 2018 folgen in der Größenordnung dem Muster der Zeitreihen-Unterschiede. (Zur Datengrundlage für die Projektionsberechnungen siehe Kapitel 3.3.7.)

Für die in der  $\text{NH}_3$ -Emissionsberichterstattung nicht berücksichtigte Emissionsquelle „Energiepflanzen“ (Gärrestlager und -ausbringung) stellt Table 2.6 die Emissionen von Submission 2017 und Submission 2018 gegenüber. Die für Submission 2018 berechneten Emissionen sind bis zum Zeitreihenjahr 2012 identisch mit denen der Submission 2017, liegen aber für die Folgejahre und für die Projektion 2020 unter den Ergebnissen der Submission 2017. Diese Unterschiede sind auf die Aktualisierung der Aktivitätsdaten zurück zu führen.

**Table 2.6: Comparison of  $\text{NH}_3$  emissions from energy crops (storage and application of digestate) in Submission 2018 and Submission 2017**

kt a <sup>-1</sup> $\text{NH}_3$	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020
Subm 2017	0.01	0.15	1.33	11.27	16.05	21.59	24.80	31.77	39.94	49.74	51.33	60.91	63.45	63.77	63.81
Subm 2018	0.01	0.15	1.33	11.27	16.05	21.59	24.80	31.77	39.94	49.74	51.33	59.56	60.08	60.61	53.83
Difference 2018 - 2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.35	-3.37	-3.16	-9.98

## 2.4 Collection of input data and emission results / Sammlung von Eingangsdaten und Ergebnissen

The report at hand is available, along with a comprehensive EXCEL® file with input data and emission results (spatial resolution of federal states), on the website of the Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture<sup>11</sup>. The print version is printed in a very small number of copies only for institutions involved in the preparation of the report; for the print version the comprehensive data collection is provided in form of a supplemental CD. File name: Tables\_Submission\_20XX.xls)

The arrangement and numbering of the tables contained in the data collection considers

- **data categories:**
  - emissions (EM),
  - implied emission factors (IEF),
  - activities (AC),
  - additional information (AI),
  - animal excretions (EXCR),
  - summary (summary),
  - uncertainties (UNC);
- **emission categories** sources (mostly as classified in the formerly used Selected Nomenclature for Air Pollutants, SNAP):
  - emissions from agricultural soils (1001),
  - methane emissions from enteric fermentation (1004),
  - emissions from manure management (CH<sub>4</sub>) (1005),
  - emissions from manure management (NMVOC) (1007),
  - emissions from manure management regarding N species (1009),
  - emissions of particulate matter from manure management (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) (1010);
- **emissions listed in the sequence:**
  - ammonia (NH<sub>3</sub>),
  - nitrous oxide (N<sub>2</sub>O),
  - nitric oxide (NO),
  - methane (CH<sub>4</sub>),
  - non-methane volatile organic compounds (NMVOC),
  - particulate matter (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>),
  - carbon dioxide (CO<sub>2</sub>);
- **emission sources of animal husbandry (buffalo included in cattle):**
  - dairy cows,
  - calves,
  - heifers,
  - male beef cattle,
  - suckler cows,
  - mature males > 2 years,
  - sows,
  - weaners,
  - fattening pigs,
  - boars,

Der vorliegende Berichtsband kann in elektronischer Form zusammen mit einer umfangreichen EXCEL®-Datei mit Eingangsdaten und Emissionsergebnissen (in Bundesland-Auflösung) von der Website des Thünen-Instituts für Agrarklimaschutz heruntergeladen werden<sup>11</sup>. Die Printversion wird in sehr kleiner Zahl nur für die am Bericht beteiligten Institutionen aufgelegt; die umfangreiche Datensammlung liegt der Printversion in Form einer CD bei (Datei: Tables\_Submission\_20XX.xls).

Die Ordnung und Nummerierung der in der Datensammlung enthaltenen Tabellen berücksichtigt

- **die Datenkategorien:**
  - Emissionen (EM),
  - aggregierter Emissionsfaktor (IEF),
  - Aktivitäten (AC),
  - zusätzliche Informationen (AI),
  - tierische Ausscheidungen (EXCR),
  - Zusammenfassung (Summary),
  - Unsicherheiten (UNC);
- **die Emissionskategorien** (in Anlehnung an die Ordnung der früher verwendeten Selected Nomenclature for Air Pollutants, SNAP):
  - Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen (1001),
  - Methanemissionen aus der Verdauung (1004),
  - Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (CH<sub>4</sub>) (1005),
  - Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (NMVOC) (1007),
  - Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (N-Spezies) (1009),
  - Partikelemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) (1010);
- **die Emissionen in der Reihenfolge:**
  - Ammoniak (NH<sub>3</sub>),
  - Lachgas (N<sub>2</sub>O),
  - Stickstoffmonoxid (NO),
  - Methan (CH<sub>4</sub>),
  - Flüchtige organische Verbindungen außer Methan (NMVOC),
  - Partikel (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>),
  - Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>);
- **die Emissionsquellen der Tierhaltung (Büffel bei den Rindern enthalten):**
  - Milchkühe,
  - Kälber,
  - Färsen,
  - männliche Mastrinder,
  - Mutterkühe,
  - männliche Rinder > 2 Jahre,
  - Sauen,
  - Aufzuchtferkel,
  - Mastschweine,
  - Eber,

<sup>11</sup> <https://www.thuenen.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/>

sheep,  
goats,  
horses (including asses and mules),  
laying hens,  
broilers,  
pullets,  
geese,  
ducks,  
turkeys;

Schafe,  
Ziegen,  
Pferde (incl. Esel und Maultiere),  
Legehennen,  
Masthähnchen und –hühnchen,  
Junghennen,  
Gänse,  
Enten,  
Puten;

- **aggregation of animal groups:**

Where necessary for reporting purposes, data of various animal subcategories are aggregated to data of the main category.

The tables describing activities are ordered in the same way as the tables for emissions. However, all soil relevant activities are to be found under AC1001, all animal numbers under AC1005.

The order of tables containing implied emission factors (IEF) 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 mostly restricted to data to be reported under the various conventions.

Additional Tables contain relevant data and frequency distributions of housing and storage facilities as well as application techniques (AI Tables: AI\_1005FHO, AI\_1005FST, AI\_1005FSP) and with uncertainties of the GHG inventory and the ammonia inventory of the German agriculture (sheet „UNC“).

SI units and symbols are used throughout, see Chapter 3.1.1.

- **die Aggregation zu Tiergruppen:**

Wo für Berichtszwecke erforderlich, werden Daten einzelner Tierunterkategorien zu Daten der Gesamtkategorie aggregiert.

Die Tabellen der Gruppe „Aktivitäten“ folgen sinn gemäß der Anordnung der Tabellen der Emissionen. Die bodenrelevanten Aktivitäten sind allerdings unter AC1001 zusammengefasst, die relevanten Tierzahlen unter AC1005.

Die Tabellen der Gruppe „aggregierte Emissionsfaktoren“ (IEF) 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 beschränkt sich weitestgehend auf die international zu berichtenden Daten.

Zusätzliche Tabellenblätter beinhalten emissionsrelevante Daten und Häufigkeitsverteilungen zu Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren (AI-Tabellenblätter: AI\_1005FHO, AI\_1005FST, AI\_1005FSP) sowie Unsicherheiten des Treibhausgasinventars und des Ammoniakinventars der deutschen Landwirtschaft (Tabellenblatt „UNC“).

Es werden ausschließlich SI-Einheiten und -Symbole benutzt, siehe dazu Kapitel 3.1.1.

### 3 Inventory preparation / Die Inventarerstellung

The annual emission inventory for the sector “Agriculture” is prepared with the inventory model GAS-EM. Chapters 3.2 and 3.3 describe the model and the underlying methodologies. The symbols, units and definitions used for the inventory preparation are presented in Chapter 3.1. The emission calculations are performed separately for each source category using the respective input data. For the input data see Chapter 3.4. More details and special features of the source categories are described in Chapters 4 to 13. Chapter 14 deals with the uncertainties of the emission results. The preparation of the emission inventory includes quality control and assurance, see Chapter 3.5.

Das jährliche Emissionsinventar für den Sektor Landwirtschaft wird mithilfe des Modells GAS-EM erstellt. In den Kapiteln 3.2 und 3.3 werden das Modell und die verwendete Methodik erläutert. Die verwendeten Symbole, Einheiten und Definitionen werden in Kapitel 3.1 vorgestellt. Die Berechnung der Emissionen erfolgt getrennt nach Quellgruppen mit den entsprechenden Eingangsdaten. Zu den Eingangsdaten siehe Kapitel 3.4. Einzelheiten und Besonderheiten der Quellgruppen werden in den Kapiteln 4 bis 13 beschrieben. Kapitel 14 befasst sich mit den Unsicherheiten der Emissionsergebnisse. Zur Emissionsinventarerstellung gehört auch die Kontrolle und Sicherung der Qualität des Emissionsinventars, siehe dazu 3.5.

#### 3.1 Symbols, units and definitions / Symbole, Einheiten und Definitionen

##### 3.1.1 Symbols and units / Symbole und Einheiten

Table 3.1 provides a list of symbols used frequently while Table 3.2 collates the subscripts used to characterise the various source categories. Table 3.3 shows the list of German Federal States (Bundesländer) and their abbreviations.

Table 3.1 zeigt eine Auflistung häufig gebrauchter Symbole. Table 3.2 gibt die Indizes an, die zur Charakterisierung von Quellen benutzt werden. Table 3.3 zeigt eine Zusammenstellung der deutschen Bundesländer und ihrer Kürzel.

**Table 3.1: List of symbols frequently used for quantities**

$\alpha$	time units conversion factor	Umrechnungsfaktor für Zeiteinheiten
A	area	Fläche
$B_0$	maximum methane producing capacity	maximale Methanbildungs-Kapazität
$\beta$	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
IEF	implied emission factor	aggregierter Emissionsfaktor
$\mu$	molar mass	Molmasse
M	mass	Masse
N	amount of nitrogen	Stickstoffmenge
NE	net energy	Netto-Energie
NEL	net energy for lactation	Netto-Energie Laktation
T	temperature	Temperatur
TS	dry matter	Trockensubstanz
t	time span	Zeitdauer
w	Weight	(Tier-) Gewicht (Masse)
X, x	fraction	relativer Anteil

**Table 3.2: List of subscripts used to identify source categories and subcategories**

arable	arable land	Ackerland
bf	heifers	Färsen
bm	male beef cattle	männliche Mastrinder
bo	boars	Eber
br	broilers	Masthähnchen und –hühnchen
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
ent	enteric fermentation	Verdauung
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
HCB	Hexachlorobenzene (pesticide agent)	Hexachlorobenzol (Pestizid-Wirkstoff)
ho	horses (heavy horses)	Pferde (Großpferde)
la	lambs	Lämmer
leach	N leached and/or run off	ausgewaschenes bzw. abgeflossenes N
lh	laying hens	Legehennen
man	manure	Wirtschaftsdünger
mm	mature males > 2 years	männliche Rinder > 2 Jahre
MM	manure management	Wirtschaftsdünger-Management
oc	other cattle (cattle other than dairy cows)	Rinder ohne Milchkühe
os	other sheep (sheep other than lambs)	Schafe ohne Lämmer
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
we	weaners	Aufzuchtferkel

**Table 3.3: Abbreviations used for the German Federal States**

BB	Brandenburg	Brandenburg
BW	Baden-Württemberg	Baden-Württemberg
BY	Bavaria	Bayern
HE	Hesse	Hessen
MV	Mecklenburg-Western Pomerania	Mecklenburg-Vorpommern
NI	Lower Saxony	Niedersachsen
NW	North Rhine-Westphalia	Nordrhein-Westfalen
RP	Rhineland-Palatinate	Rheinland-Pfalz
SL	Saarland	Saarland
SN	Saxony	Sachsen
ST	Saxony-Anhalt	Sachsen-Anhalt
SH	Schleswig-Holstein	Schleswig-Holstein
TH	Thuringia	Thüringen
StSt	So-called City States: Berlin, Bremen and Hamburg (sum or weighted mean of the respective city states)	Stadtstaaten: Berlin, Bremen and Hamburg (Summe oder gewichtetes Mittel der entsprechenden Stadtstaaten)

If possible SI units referred to IUPAC<sup>12</sup> (1993) and IUPAP<sup>13</sup> (1987) are used for standards, recommendations, symbols and units. Special units used in agricultural sciences and in micrometeorology are used according to Monteith (1984) and Reifsnnyder et al. (1991).

a	year
d	day
h	hour
ha	hectare
kg	kilogramme
kt	kiloton
t	ton
Mg	Megagramme (= t)
Gg	Gigagramme (= kt)
Tg	Teragramme (= million t)
MJ	mega joule

In order to simplify notation the following units are introduced:

an	animal
pl	animal place
	(pl = AAP, see Chapter 3.1.2.2)
eg	egg

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.

### 3.1.2 Definitions / Definitionen

#### 3.1.2.1 Emissions, emission factors and activity data / Emissionen, Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

The term “emission” denotes the process of transferring matter from a source into the free atmosphere (German standard VDI 2450). In physics, there are two definitions of “emission”:

- emission rate (mass emitted per time unit)
- emission rate density (mass emitted per time unit and area)

The annual total of German ammonia emissions (see e. g. Chapter 14.7, Table 14.2) is an example for an emission rate. The annual emissions of nitrous oxide per hectare of cultivated organic soils (see Chapter 11.6) is an example for an emission rate density.

The term „emission factor“ denotes a parameter that gives emissions relative to the amount of the emissions-generating quantity (activity data).

Equation (3.1) gives the general relation between emission, emission factor and activity data:

$$E = EF \cdot AD$$

$E$	emission
$EF$	emission factor
$AD$	activity data

Wenn möglich werden SI-Einheiten und Symbole nach IUPAC<sup>12</sup> (1993) bzw. IUPAP<sup>13</sup> (1987) benutzt. Spezielle Einheiten, die in den Agrarwissenschaften und der Mikrometeorologie verwendet werden, werden wie bei Monteith (1984) und Reifsnnyder et al. (1991) verwendet.

a	Jahr
d	Tag
h	Stunde
ha	Hektar
kg	Kilogramm
kt	Kilotonne
t	Tonne
Mg	Megagramm (= t)
Gg	Gigagramm (= kt)
Tg	Teragramm (= Mio. t)
MJ	Megajoule

Zur Erleichterung der Schreibweise werden folgende Einheiten zusätzlich eingeführt:

an	Tier
pl	Tierplatz
	(pl = AAP, siehe Kapitel 3.1.2.2)
eg	Ei

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>).

Der Begriff „Emission“ beschreibt nach VDI 2450 den Vorgang des Übertritts eines Stoffes in die offene Atmosphäre. In physikalischer Hinsicht gibt es zwei Definitionen:

- Emissionsstrom (pro Zeiteinheit emittierte Masse)
- Emissionsstromdichte (pro Zeit- und Flächeneinheit emittierte Masse)

Ein Emissionsstrom-Beispiel ist die jährliche deutsche Gesamtemission an Ammoniak, siehe z. B. Kapitel 14.7, Table 14.2. Ein Beispiel für die Emissionsstromdichte ist die jährliche Lachgas-Emission pro Hektar kultivierten organischen Bodens, siehe Kapitel 11.6.

Als Emissionsfaktor bezeichnet man einen Parameter, der angibt, wie groß eine Emission pro Einheit der emissionserzeugenden Größe (Aktivitätsgröße) ist.

Gleichung (3.1) beschreibt den prinzipiellen Zusammenhang zwischen Emission, Emissionsfaktor und Aktivitätswert:

(3.1)

<sup>12</sup> IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry

<sup>13</sup> IUPAP: International Union of Pure and Applied Physics

The units of  $E$ ,  $EF$  and  $AD$  depend on the context of the emission calculations.

In agricultural emissions reporting, activity data can be e. g. areas, numbers of animal places (for the definition of animal places see Chapter 3.1.2.2) or amounts of nitrogen (e. g. nitrogen in fertilizers applied to the field).

The example of annual emissions of nitrous oxide per hectare of cultivated organic soils shows that it depends on the context of the emission calculations whether a quantity can be denoted as emission or emission factor: On the one hand it can be that the emissions per hectare are the quantity  $E$ , where the pertinent  $EF$  has the units of "emissions per fertilizer N units" and the activity data  $AD$  has the units "amount of fertilizer N per hectare".

On the other hand,  $E$  can be the total annual emissions of nitrous oxide from all cultivated organic soils in Germany. Then the quantity "annual emissions of nitrous oxide per hectare of cultivated organic soils" becomes an emission factor while the pertinent  $AD$  is the total area of cultivated organic soils in Germany.

The descriptions of methods for the calculation of emissions from animal husbandry sometimes use the term "partial emission factor". However, this emission factor is nothing else than an emission factor as defined by Equation (3.1). It describes the ratio of nitrogen emitted to the amount of nitrogen potentially available for nitrogen emissions. There are specific partial emission factors for housing, storage, spreading and grazing.

Another type of emission factor is the implied emission factor ( $IEF$ ). It is defined as the ratio of aggregated emissions to aggregated activities. The  $IEF$  units depend on the units of  $E$  and  $AD$ :

$$IEF = \frac{\sum E_i}{\sum AD_i} \quad (3.2)$$

$IEF$	implied emission factor
$E_i$	emission from source $i$
$AD_i$	activity of source $i$

The  $IEF$  concept can be illustrated by an example. The mean total annual emissions of ammonia per fattening pig place represents such an  $IEF$  and is calculated from the total of ammonia emissions from all fattening pig places, divided by the total number of fattening pig places. This  $IEF$  has the units "annual ammonia emissions per animal place".

The chapters on agricultural emission sources (Chapters 4 bis 11) describe in detail the relevant emission factors and activity data.

Die Einheiten von  $E$ ,  $EF$  und  $AD$  hängen vom jeweils betrachteten Zusammenhang ab.

In der Emissionsberichterstattung aus der Landwirtschaft können Aktivitätsgrößen z. B. Flächen sein, aber auch Tierplatzzahlen (zur Tierplatzzahl-Definition siehe Kapitel 3.1.2.2) oder Stickstoffmengen (z. B. aufs Feld ausgebrachte Mengen an Düngerstickstoff).

Das Beispiel der jährlichen Lachgas-Emission pro Hektar kultivierten organischen Bodens zeigt, dass es vom Zusammenhang abhängen kann, ob eine Größe als Emission oder als Emissionsfaktor zu bezeichnen ist. So kann es sein, dass die jährlichen Lachgas-Emission pro Hektar die Emissionsgröße  $E$  ist, wobei der zugehörige Emissionsfaktor  $EF$  die Einheit „Emission pro Düngerstickstoffmenge“ und die Aktivitätsgröße  $AD$  die Einheit „Düngerstickstoffmenge pro Hektar“ haben.

Geht es bei  $E$  aber um die Gesamtemission an Lachgas aller kultivierter organischen Böden in Deutschland, wird die Größe „jährliche Lachgas-Emission pro Hektar kultivierten organischen Bodens“ zum Emissionsfaktor, wobei  $AD$  dann die Gesamtfläche kultivierter organischen Böden in Deutschland ist.

In der Berechnung von Stickstoffemissionen aus der Tierhaltung wird auch der spezielle Begriff des „partiellen Emissionsfaktors“ verwendet. Dieser ist aber nichts anderes als ein Emissionsfaktor im Sinne von Gleichung (3.1). Er beschreibt das Verhältnis von emittierter Stickstoffmenge zu der für diese Emission potentiell verfügbare Stickstoffmenge, wobei allerdings für Stall, Lager, Ausbringung und Weidegang separate Emissionsfaktoren existieren.

Als  $IEF$  (implied emission factor) wird ein Quotient aus aggregierten Emissionen und aggregierten Aktivitätsdaten bezeichnet, wobei die Einheit des  $IEF$  von den Einheiten von  $E$  und  $AD$  abhängt:

Ein Beispiel für das  $IEF$ -Konzept stellt die mittlere jährliche Gesamt-Ammoniak-Emission pro Mastschwein-Platz dar, gebildet aus der Summe aller Ammoniak-Emissionen aus der Mastschweinhaltung dividiert durch die Gesamtzahl an Mastschweinplätzen. Dieser  $IEF$  hat die Einheit „jährliche Ammoniak-Emission pro Tierplatz“.

Die Kapitel zu den verschiedenen landwirtschaftlichen Emissionsquellen (Kapitel 4 bis 11) gehen im Detail auf Emissionsfaktoren und Aktivitätsgrößen ein.

### 3.1.2.2 Animal place and animal number / Tierplatz und Tierzahl

#### 3.1.2.2.1 Average annual population / Mittlere jährliche Tierpopulation

The inventory model GAS-EM uses a resolution in time of one year making it impossible to take into account interannual variations of animal populations. Apart from this modelling aspect, the official German statistics do not provide enough data to keep track of such interannual variations.

Hence, it is assumed for the inventory calculations that the numbers of animals counted at a certain reference date (see Chapter 3.4.2.1) represent the animal numbers at any other possible reference date in the same year and can be denoted by  $n_{op}$  (with  $op$  = occupied places, and the unit „pl“ in the German inventory). Accordingly, the number of animal places not occupied at the reference date is assumed to be constant throughout the year ( $n_{ep}$ , mit  $ep$  = empty places).

As animal place number  $n_{op}$  is constant during one year, it is equivalent to the annual mean of the animal population and therefore consistent with the definition of AAP („average annual population“) in EMEP(2016)-3B-14 and EMEP(2016)-3B-20, or IPCC(2006)-10.8, Equation 10.1:  $n_{op} = AAP$ .

An average animal place is, by definition, occupied on 365 days a year. As a consequence the inventory uses activity data (e. g. the N excretions) and calculates emissions for 365 days a year. The emission factors of IPCC and EMEP are adjusted to this definition. Empty times on animal places are, on average, represented by the aforementioned entity  $n_{ep}$  as for these  $n_{ep}$  animal places the emissions are set to zero. By doing so it is not necessary to take explicitly into account these  $n_{ep}$  animal places in the inventory.

Obviously, input data and emission results used and obtained for animal places occupied throughout a year are not directly comparable to data valid for animal husbandry in agricultural practice, where empty times are a feature of each single animal place rather than combined to a number of animal places that are empty throughout a year. The conversion between average animal place used in the inventory and an animal place in agricultural practice is discussed in Chapter 3.1.2.2.2.

Note: In the report at hand the number of animal places is often simply addressed as number of animals.

With sheep there is a strong interannual variation of lamb numbers. The numbers provided by official statistics are November numbers that are too low to represent mean annual lamb numbers. Hence the lamb numbers have to be corrected, see Chapter 6.2.1.1.

For animals that are not counted every year, the animal numbers are interpolated or extrapolated in order to close the data gaps.

Emission calculations by the more complex Tier 2 approaches (i. e. for cattle, pigs and some poultry categories) are first performed for the entire life time of the respective animal that is less than one year. The results (and the emission-relevant input data) are then divided

Das Inventarmodell GAS-EM rechnet mit einer zeitlichen Auflösung von einem Jahr. Damit können Schwankungen im Tierbestand innerhalb eines Jahres nicht abgebildet werden. Abgesehen davon stellt die deutsche Officialstatistik nicht genügend Daten bereit, um solche Schwankungen nachzuvollziehen.

Für die Inventarberechnungen wird daher davon ausgegangen, dass die durch die Officialstatistik zu einem bestimmten Stichtag (siehe Kapitel 3.4.2.1) erhobene Anzahl besetzter Tierplätze  $n_{op}$  (mit  $op$  = occupied places) auch an jedem anderen Tag des Jahres anzutreffen ist (Einheit „pl“ im deutschen Inventar). Damit konsistent wird die Anzahl der am Stichtag nicht besetzten Tierplätze ( $n_{ep}$ , mit  $ep$  = empty places) ebenfalls als konstant angenommen.

Da die Größe  $n_{op}$  über das Jahr konstant ist, ist sie per se identisch mit dem Jahresmittel der Tierzahl und damit konsistent mit der AAP-Definition („average annual population“) in EMEP(2016)-3B-14 und EMEP(2016)-3B-20, bzw. IPCC(2006)-10.8, Gleichung 10.1. Das heißt, dass  $n_{op} = AAP$ .

Ein mittlerer Tierplatz ist definitionsgemäß 365 Tage im Jahr besetzt. Daher erfolgt im Inventar die Bereitstellung von Eingangsdaten (z. B. die N-Ausscheidungen) und Berechnung der Emissionen ebenfalls für 365 Tage im Jahr. Die IPCC- und EMEP-Emissionsfaktoren sind darauf abgestimmt. Der oben erwähnte, durch  $n_{ep}$  repräsentierte Leerstand von Tierplätzen wird berücksichtigt, in dem für die nicht besetzten Tierplätze null Emissionen für das ganze Jahr angesetzt werden. Damit ist es aber rechnerisch nicht erforderlich, die leerstehenden Tierplätze im Inventar explizit mitzuführen.

Es ist offensichtlich, dass Eingangsdaten und Ergebnisse für den ganzjährig besetzten mittleren Tierplatz nicht unmittelbar mit Daten aus der landwirtschaftlichen Tierhaltungspraxis vergleichbar sind, welche für einen realen Tierplatz einschließlich der auf diesem realen Tierplatz üblichen Leerstandszeiten erhoben wurden. Auf die Umrechnung zwischen mittlerem Tierplatz im Inventar und einem Tierplatz in der landwirtschaftlichen Praxis geht Kapitel 3.1.2.2.2 ein.

Anmerkung: Im vorliegenden Bericht wird die Tierplatzzahl oft auch vereinfachend als Tierzahl bezeichnet.

Bei den Schafen ist wegen der sehr starken intraannuellen Schwankung der Lämmerzahl eine Korrektur der im November (und damit zu niedrig) erhobenen Lämmerzahlen erforderlich, siehe Kapitel 6.2.1.1.

Bei Tieren, deren Bestände nicht jedes Jahr erhoben werden, werden die Datenlücken durch lineare Interpolation bzw. Extrapolation geschlossen.

In der Modellierung der Emissionen werden in allen Fällen, in denen komplexere Stufe-2-Verfahren zur Anwendung kommen (Rinder, Schweine, diverse Geflügelarten), die emissionsbestimmenden Größen zunächst für die Lebensdauer des betreffenden Tieres berechnet, durch die Lebensdauer (in Tagen) dividiert und durch



by the lifetime (in days) and multiplied by 365 in order to obtain annual data consistent with the AAP definition. See also Chapter 3.1.2.3.

Multiplikation mit 365 Tagen in einen mit der AAP-Definition konsistenten Jahreswert transformiert. Siehe hierzu auch Kapitel 3.1.2.3.

#### 3.1.2.2.2 *Relation to animal places in practice / Zusammenhang mit Tierplätzen in der Praxis*

While the inventory is based on the concept of an average animal place that is occupied throughout the year (see Chapter 3.1.2.2.1), an animal place in practice ("real animal place") is, in general, occupied for certain times, interrupted by empty times.

Sometimes it might be of interest to compare the inventory model's input data (e. g. N excretions) and results (emissions) as obtained for an average animal place with data obtained in practice for a real animal place. For this purpose the inventory data have to be converted. Such a conversion requires the number of days per year the real animal place is occupied to be divided by 365. The resulting factor (that is lower than or equal to 1) is then used to multiply the input data and emissions used and produced by the inventory model to obtain practice related input data and emissions.

Während das Inventar auf dem Konzept des mittleren, ganzjährig besetzten Tierplatzes beruht (siehe Kapitel 3.1.2.2.1), ist ein Tierplatz in der Praxis („realer Tierplatz“) im allgemeinen nur zeitweilig besetzt, unterbrochen durch Leerstandszeiten.

Um die mit dem Inventarmodell für einen mittleren Tierplatz berechneten Eingangsdaten (z. B. die N-Ausscheidungen) und Emissionen mit Daten für einen realen Tierplatz vergleichbar zu machen, müssen die Inventardaten umgerechnet werden. Dazu ist die Anzahl von Tagen im Jahr, an denen der reale Tierplatz tatsächlich besetzt ist, zu ermitteln und durch 365 zu dividieren. Mit dem sich daraus ergebenden Faktor, der kleiner oder gleich 1 ist, sind die Eingangsdaten und Emissionen des Inventars zu multiplizieren, um mit der Praxis vergleichbare Eingangsdaten und Emissionen zu erhalten.

#### 3.1.2.3 *Lifespan and duration of production cycle / Lebensdauer und Durchgangsdauer*

In the inventory, the quantity „lifespan“ ( $\tau_{\text{lifespan}}$ , units: d) denotes the duration of the time during which an animal is part of a given animal category. This definition is necessary to cope with the fact that one single animal can be part of more than one category during its life. For example, female cattle first belong to the category „calves“ (having the lifetime of a calf), then are members of the category „heifers“ (having the lifetime of a heifer), and finally can become dairy cows (having the lifetime of a dairy cow). Only for animals that belong to only one animal category during their life (like e. g. broilers), the value of the quantity „lifespan“ is identical to the duration of the entire life.

Die Größe „lifespan“ bzw. „Lebensdauer“ ( $\tau_{\text{lifespan}}$ , Einheit: d) bezeichnet im Inventar die Zeitdauer, während der ein Tier Teil der Population einer bestimmten Tierkategorie ist. Diese Definition ist erforderlich, da manche Tiere im Laufe ihres Lebens mehr als einer Tierkategorie angehören. So gehören weibliche Rinder zunächst der Tierkategorie „Kälber“ an (mit der Lebensdauer eines Kalbs), wechseln danach in die Kategorie der Färsen (mit Färsen-Lebensdauer) und können anschließend Milchkühe werden (mit Milchkuh-Lebensdauer). Nur bei Tieren, die im Laufe ihres Lebens nur einer einzigen Tierkategorie angehören, wie z. B. Masthähnchen, ist der Wert der Größe „lifespan“ bzw. „Lebensdauer“ identisch mit der tatsächlichen Lebensdauer.

The duration of a production cycle  $\tau_{\text{round}}$  (units: d) is related to the quantity „lifespan“  $\tau_{\text{lifespan}}$  and is defined as the sum of  $\tau_{\text{lifespan}}$  and the vacancy time (service time, units: d) before the next production cycle. Due to the definition of the mean animal place (see Chapter 3.1.2.2), the duration of a production cycle  $\tau_{\text{round}}$  isn't used in the emission calculations, except for the definition of the animal subcategories of pullets and laying hens (see Chapters 8.3.1 and 8.5.1).

Eine zu  $\tau_{\text{lifespan}}$  verwandte Größe ist die Durchgangsdauer  $\tau_{\text{round}}$  (Einheit: d). Sie ist die Summe aus der Lebensdauer innerhalb der Tierkategorie ( $\tau_{\text{lifespan}}$ ), und der Leerstands- oder Reinigungszeit ( $\tau_{\text{service}}$ , Einheit: d) vor dem nachfolgenden Durchgang. Die Durchgangsdauer geht aber aufgrund der Tierplatz-Definition (siehe Kapitel 3.1.2.2) nicht in die Emissionsberechnung ein. Sie wird nur bei Jung- und Legehennen zur Tierzahlen-Umrechnung benötigt (siehe Kapitel 8.3.1 und 8.5.1).

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

In general, animal start weight and final live weight  $w_{\text{start}}$  and  $w_{\text{fin}}$  are the animal's masses at the beginning and the end of its membership in a specific animal category (see also Chapter 3.1.2.3). If during its life the animal belongs to only one animal category, 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“).

Allgemein bezeichnen Anfangsgewicht  $w_{\text{start}}$  und Lebendendgewicht  $w_{\text{fin}}$  die Masse des lebenden Tieres zu Beginn bzw. am Ende seiner Zugehörigkeit zu einer bestimmten Tierkategorie (siehe dazu auch Kapitel 3.1.2.3). Gehört das Tier im Laufe seines Lebens nur einer einzigen Tierkategorie an, steht „Anfangsgewicht“ für Geburts- bzw. Schlüpfgewicht. Das Lebendendgewicht heißt bei Masttieren auch Mastendgewicht.

Final live weight can be estimated from carcass weight (for the carcass weight see below) using Eq. (3.3).

Das Lebendendgewicht kann mithilfe von Gleichung (3.3) aus dem Schlachtgewicht (s. u.) geschätzt werden.

The German term “Schlachtgewicht” is used to describe the animal weight immediately after slaughtering and gutting (BUNDESGESETZBLATT (2008) Teil I Nr. 52). Therefore the weight after slaughtering is the animal weight without those parts of the body which are (have to be) removed.

Hence, the German term “Schlachtgewicht” is not equivalent to the seemingly similar English term “slaughter weight” (that refers to the animal weight immediately before slaughtering), but to the English term “carcass weight”.

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

$$w_{\text{carcass}} = c_w \cdot w_{\text{fin}} \quad (3.3)$$

$w_{\text{carcass}}$	carcass weight (in kg an <sup>-1</sup> )
$c_w$	ratio of carcass weight to final live weight (in kg kg <sup>-1</sup> , $0 < c_w < 1$ )
$w_{\text{fin}}$	final live weight (in kg an <sup>-1</sup> )

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

$$w_{\text{carcass}, i} = \frac{m_{\text{slaughtered}, i}}{n_{\text{slaughtered}, i}} \cdot \beta \quad (3.4)$$

$w_{\text{carcass}, i}$	carcass weight of an animal in category $i$ (in kg an <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 ( $\beta = 10^3 \text{ kg Mg}^{-1}$ )

Das Schlachtgewicht ist laut BUNDESGESETZBLATT (2008) Teil I Nr. 52 das Warmgewicht des geschlachteten und ausgeweideten Tieres. Somit ist das Gewicht nach Schlachtung das um die Masse der nicht verwertbaren Tieranteile verminderte Lebendendgewicht vor Schlachtung.

Der Begriff „Schlachtgewicht“ ist damit nicht gleichbedeutend mit dem scheinbar ähnlichen englischen Ausdruck „slaughter weight“ (der das Tiergewicht unmittelbar vor der Schlachtung kennzeichnet), sondern entspricht dem englischen Begriff „carcass weight“.

Das Verhältnis des Lebendendgewichtes 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.

### 3.1.2.5 Weight gain and weight gain rate / Gewichtszuwachs und Zuwachsrate

Weight gain is the difference between start weight and final live weight in a specific phase of life defined by the animal's membership in a specific animal category:

$$\Delta w = w_{\text{fin}} - w_{\text{start}} \quad (3.5)$$

$\Delta w$	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 of the respective animal category (see Chapter 3.1.2.2) is the weight gain rate  $\Delta w/\Delta t$ :

$$\frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{\Delta w}{\tau_{\text{lifespan}}} \quad (3.6)$$

$\Delta w/\Delta t$	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)

Als Zuwachs während der Zugehörigkeit eines Tieres zu einer bestimmten Tierkategorie bezeichnet man die Differenz von Anfangs- und Lebendendgewicht dieser Tierkategorie:

Das Verhältnis von Zuwachs zu Lebensspanne in der betreffenden Tierkategorie (siehe Kapitel 3.1.2.2) ergibt die mittlere Zuwachsrate  $\Delta w/\Delta t$ :

### 3.1.2.6 Mean weight / Mittleres Tiergewicht

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.

### 3.1.2.7 Metabolic weight / 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:

$$w_{m,j} = w_{\text{unit}} \cdot \left( \frac{w_j}{w_{\text{unit}}} \right)^m \quad (3.7)$$

$w_{m,j}$	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. (3.7) has to be integrated. This results in a cumulative (an accumulated) metabolic weight as in eq. (3.8).

Gleichung (3.7) ist zu integrieren, wenn der Erhaltungsenergiebedarf einer gesamten Lebensspanne benötigt wird. Es ergibt sich das kumulierte (oder auch: kumulative) metabolische Gewicht:

$$\Sigma W_j = \sum_{j=1}^{k_{\text{fin}}} \tau_{\text{day}} \cdot w_{m,j} \quad (3.8)$$

$\Sigma W_j$	cumulative metabolic live weight (kg d an <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)
$\tau_{\text{day}}$	time period of one day ( $\tau_{\text{day}} = 1 \text{ d}$ )
$w_{m,j}$	metabolic animal weight on day j of lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )

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

GAS-EM is a modular EXCEL® spreadsheet programme (siehe Kapitel 3.2.4) to estimate gaseous and particulate emissions from animal agriculture and crop production including professional horticulture.

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

The assessment of emissions within GAS-EM uses the definitions of agriculture according to the definitions of IPCC (see Chapter 3.2.2). All calculation procedures involved are based on the rules provided by the respective conventions and the current guidance documents (see Chapter 3.2.1).

In addition, the German agricultural inventory uses differing methods in specific circumstances in order to improve the description of national emission conditions. These national methods are described in detail in the respective chapters.

GAS-EM ist ein modulares EXCEL®-Tabellenkalkulationsprogramm (siehe Kapitel 3.2.4) zur Berechnung gas- und partikelförmiger Emissionen aus Tierhaltung und Pflanzenbau in der Landwirtschaft (einschl. des kommerziellen Gartenbaus). GAS-EM wurde erstmalig von DÄMMGEN et al. (2002) erstellt und seither kontinuierlich weiter entwickelt.

Zur Emissionsberechnung mit dem GAS-EM-Modell wird das System Landwirtschaft im Sinne der IPCC-Berichterstattung definiert (siehe Kapitel 3.2.2). Die Methoden zur Emissionsberechnung beruhen auf den Vorgaben der entsprechenden Konventionen und den aktuellen Regelwerken (siehe Kapitel 3.2.1).

Das deutsche landwirtschaftliche Inventar verwendet bisweilen abweichende Methoden, um die nationale Situation zutreffender abbilden zu können. Diese nationalen Methoden werden an entsprechender Stelle beschrieben.

### 3.2.1 Guidance documents / Handbücher

The guidance documents used to calculate the inventory with the GAS-EM model are the IPCC Guidelines (IPCC, 2006) and the EMEP Guidebook (EMEP, 2016). The agricultural section of the EMEP Guidebook has been developed with the assistance of the German working group (e.g. DÄMMGEN and HUTCHINGS, 2005, and in 2016 during writing the EMEP Guidebook 2016).

In some specific cases the older guidelines are still used: IPCC (1996), EMEP (2007), EMEP (2009), EMEP (2013).

The IPCC-Guidelines (IPCC, 2006) are referred to quoting the page number, e.g. IPCC(2006)-10.39. The page number consists of two parts. The part before the point denotes the respective guideline chapter.

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.

The EMEP/EEA Guidebook issued in 2013 is referenced as EMEP(2013)-XX-PP, where XX is the sector (e.g. 3B for animal husbandry and manure management) and PP the page. EMEP/EEA Guidebook issued in 2009 is referenced the same way.

The EMEP/EEA Guidebook issued in 2007 is referenced as EMEP(2007)-SN-PP, e.g. EMEP(2007)-B1010-7, where SN is the so called SNAP code denoting specific chapters (SNAP: Selected Nomenclature for Air Pollutants). PP denotes the page

Die den Berechnungen mit GAS-EM zugrunde liegenden Handbücher umfassen die IPCC-Guidelines (IPCC, 2006) und das EMEP-Guidebook (EMEP, 2016). Der die Landwirtschaft betreffende Teil des EMEP-Guidebook wurde unter Beteiligung der deutschen Arbeitsgruppe entwickelt (z.B. DÄMMGEN and HUTCHINGS, 2005, und 2016 bei der Erstellung des EMEP-Guidebook 2016).

In Einzelfällen kommen auch ältere Richtlinien noch zum Einsatz: IPCC (1996), EMEP (2007), EMEP (2009), EMEP (2013).

Bei den IPCC-Guidelines von 2006 wird die Seitenzahl mit Bindestrich an die Jahreszahl gehängt, z. B. IPCC(2006)-10.39. Die Seitenzahl ist zweiteilig, wobei die Zahl vor dem Punkt das Kapitel bezeichnet.

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

Das EMEP/EEA-Guidebook von 2013 wird als EMEP(2013)-XX-PP zitiert, wobei XX für den Quellsektor steht (z.B. 3B für Tierhaltung und Wirtschaftsdünger-Management) und PP für die Seitennummer. Die gleiche Zitierweise gilt für (EMEP, 2009).

Das EMEP-Guidebook von 2007 wird als EMEP (2007)-SN-PP zitiert (z. B. EMEP(2007)-B1010-7), wobei SN eine sogenannte „SNAP“-Nummer ist, die abgegrenzte Kapitel bezeichnet (SNAP: Selected Nomenclature for Air Pollutants). PP ist die Seitenzahl.

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

The assessment of emissions within GAS-EM uses the definitions of agriculture according to the definitions of IPCC. It comprises the sectors “animal production” (emissions from enteric fermentation and manure management) as well as emissions from agricultural soils and from commercial horticulture.

Figure 3.1 illustrates the agricultural system with its respective subsystems as well as related neighbouring

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

Figure 3.1 zeigt das System „Landwirtschaft“ mit den dazugehörigen Subsystemen sowie benachbarte, nicht

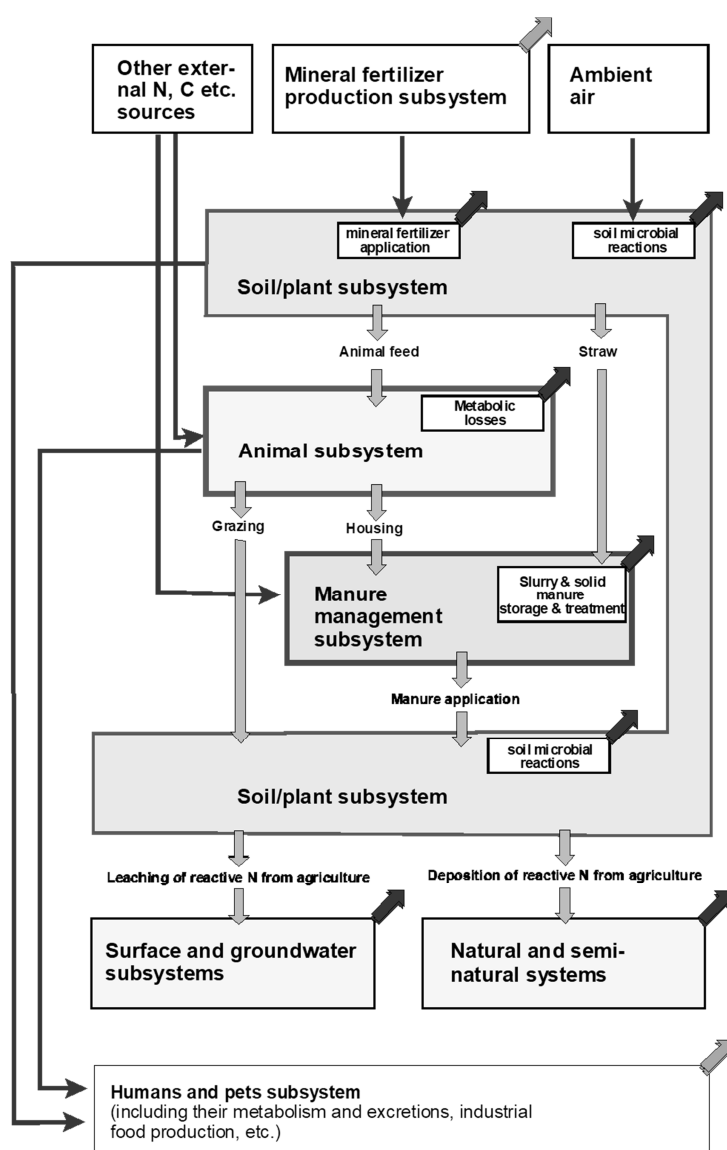
systems. In addition the mass flows between the agricultural subsystems and the subsequent emissions are shown. The following agricultural subsystems are considered:

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

der Landwirtschaft direkt zugerechnete Systeme. Ebenfalls gezeigt werden die Massenflüsse zwischen den Subsystemen und die daraus resultierenden Emissionen. Landwirtschaftliche Subsysteme sind

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

Figure 3.1: Mass flow in agriculture



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

Fluxes of feeding material between subsystems „Soil/plant“ and „animal“ are not explicitly calculated in the inventory. It is simply assumed that the amounts of feeding material are available.

Bedding material is assumed to be straw. The amounts of N imported by bedding material into the subsystem „animal“ are subtracted from the N pools in subsystem „Soil/plant“.

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

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

Figure 3.2 illustrates how and with which spatial resolution GAS-EM differentiates between animal categories and subcategories<sup>14</sup> – provided that the respective data is available. It distinguishes the source categories 3.A and 3.B. For the latter, different housing, storage and spreading systems are taken into account.

$CH_4$  emissions for the source categories 3.A and 3.B are separately calculated for each animal subcategory used in the inventory (see Chapter 3.3.2 and 3.3.4.1). Emissions of the N species for 3.B and 3.D are calculated based on the N-flow concept (see Chapter 3.3.4.3).

For the temporal and spatial resolution of the emission calculations see Chapter 3.2.5

Flüsse von Futtermitteln zwischen dem Subsystem „Boden/Pflanze“ und dem Subsystem „Tiere“ werden im Inventar nicht explizit berechnet; bei der Tierfütterung wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Futtermengen vorhanden sind.

Einstreu wird als Stroh angesehen; die im Subsystem „Tiere“ durch Einstreu eingebrachten N-Mengen werden im Subsystem Boden/Pflanze abgezogen.

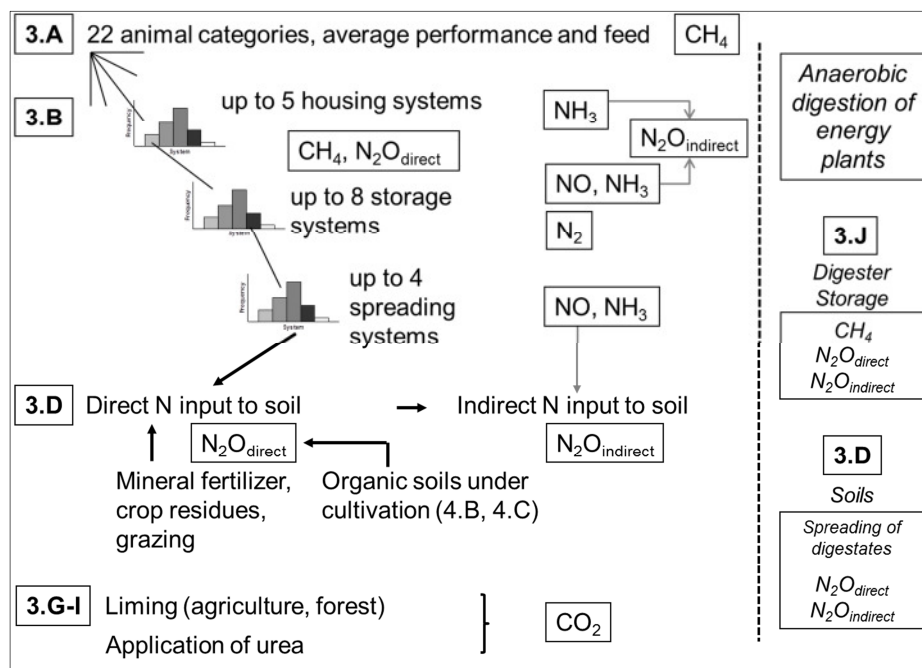
N-Einträge auf und in Böden führen zu N-Flüssen in nicht-landwirtschaftliche Systeme: Oberflächenabfluss in Oberflächenwässer und durch Auswaschung in Oberflächen- und Grundwässer. Sie verursachen dort z.B. die Bildung von  $N_2O$ . Die Konventionen ordnen diese indirekten Emissionen der Landwirtschaft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

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

Figure 3.2 zeigt, wie und auf welcher räumlichen Ebene – soweit Daten vorhanden – das GAS-EM-Modell zunächst nach Tierkategorien und –unterkategorien<sup>14</sup> für die Berechnungen der Quellgruppen 3.A und 3.B differenziert, und diese wiederum nach Stallsystemen, Lagerungssystemen und Ausbringungsverfahren für Wirtschaftsdünger aufteilt.  $CH_4$  wird für 3.A und 3.B getrennt je Tier-Subkategorie berechnet (siehe Kapitel 3.3.2 und 3.3.4.1). Die Emissionen der N-Spezies wird für die Quellgruppen 3.B und 3.D auf der Basis eines N-Fluss-Konzeptes berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.3).

Zur räumlichen und zeitlichen Auflösung der Emissionsberechnungen siehe Kapitel 3.2.5.

**Figure 3.2: Concept and thematic contents of the GAS-EM model**



<sup>14</sup> Six animal categories for cattle; four for pigs; two for sheep; one for goats; two for horses; seven for poultry.



### 3.2.3 Choice of methodologies / Methodenwahl

From the decision trees for the choice of methodologies (see IPCC (2006), Figures 10.2, 10.3, 10.4, 11.2 and 11.3, and EMEP (2016)-3B, Figure 3.1, and EMEP (2016)-3D, Figure 3.1) follows that detailed calculation methodologies have to be used for key sources. Key sources are those emission sources that significantly contribute to height, trend or uncertainty of the national total emissions (IPCC (2006), Chapter 4; EMEP (2016), Part A/Chapter 2). The results of the key source analysis are documented for green house gases in the current NIR (National Inventory Report, <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>) and for air pollutants in the current IIR (Informative Inventory Report, <http://iirde.wikidot.com/agriculture>).

Calculation methodologies are distinguished according to their increasing level of complexity with Tier 1 being the lowest level (for the definitions of emissionsfactors and activity data see Chapter 3.1.2.1):

- **Tier 1 methodologies** that combine national activity data obtained by statistical surveys (e.g. animal numbers from the census) directly with emission factors provided in the IPCC or EMEP/CORINAIR guidance documents (“default emission factors”);
- **Tier 2 methodologies** that rely on the use of national emission factors (e.g., for animals, derived from national data on feeding and husbandry systems);
- **Tier 3 methodologies** that go beyond Tier 2 methodologies with respect of the degree of detail involved.

As in the German text the expression “Tier” would be ambiguous (the German word “Tier” means “animal”), the German text prefers to use “Stufe” (corresponding to the English word “level”) instead of “Tier”.

All methods used at present in GAS-EM for the calculation of emissions from German agricultural animal husbandry satisfy or partly exceed by far the basic requirements specified in the guidelines (see Chapters 4 to 9). However, at the time being, the calculations of green house gas emissions from agricultural soils can be performed only with the rather simple methods provided in the guidelines, even though the emissions from agricultural soils represent marked remarkable contributions to the national total of green house gas emissions from agriculture (see Chapter 11 and 12).

For an overview of the calculation methods involved see Chapter 3.1. Details can be found in those chapters dealing with single animal subcategories (Chapter 4 et seq.) and the chapters dealing with emissions from agricultural soils (Chapter 11 et seq.).

For the calculation of uncertainties for both the greenhouse gas and the NH<sub>3</sub> inventories see Chapter 14.

Aus den Entscheidungsbäumen für die Methodenwahl (siehe IPCC (2006), Abbildungen 10.2, 10.3, 10.4, 11.2 und 11.3, sowie EMEP(2016)-3B, Abbildung 3.1, und EMEP (2016)-3D, Abbildung 3.1) geht hervor, dass für Hauptquellgruppen detaillierte Berechnungsmethoden anzuwenden sind. Als Hauptquellgruppen werden diejenigen Quellgruppen bezeichnet, die wesentliche Anteile zu Höhe, Trend oder Unsicherheit der nationalen Gesamtemissionen beitragen (IPCC (2006), Kapitel 4; EMEP (2016), Part A/Kapitel 2). Die Ergebnisse der Hauptquellgruppenanalyse werden für die Treibhausgase im jeweils aktuellen NIR (National Inventory Report, <http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm>) und für die Luftschadstoffe im jeweils aktuellen IIR (Informative Inventory Report, <http://iirde.wikidot.com/agriculture>) dokumentiert.

Bei den Berechnungsverfahren wird nach ihrem von Stufe zu Stufe zunehmenden Detaillierungsgrad unterschieden (zur Definition von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten siehe Kapitel 3.1.2.1):

- **Stufe-1-Verfahren**, die sich auf statistisch erhobene nationale Aktivitätsdaten (z.B. Tierzahlen) sowie Emissionsfaktoren aus den Regelwerken von IPCC und EMEP/CORINAIR („default emission factors“) stützen;
- **Stufe-2-Verfahren**, die nationale Emissionsfaktoren verwenden (bei Tieren z. B. abgeleitet aus nationalen Daten zu Fütterung und Haltungsverfahren);
- **Stufe-3-Verfahren**, die im Detaillierungsgrad der Beschreibung über ein Stufe-2-Verfahren hinausgehen.

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

Im deutschen Inventarmodell GAS-EM erfüllen die im Bereich der Tierhaltung verwendeten Berechnungsmethoden die Mindestanforderungen an den Detaillierungsgrad und gehen teilweise weit über darüber hinaus (siehe Kapitel 4 bis 9). Dagegen erfolgt mangels detaillierter Verfahren die Berechnung der Treibhausgas-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden trotz ihres großen Beitrags zu den Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft nach wie vor nur mit den in den Regelwerken vorgegebenen Stufe-1-Methoden (siehe Kapitel 11 und 12).

Für einen Überblick über die verwendeten Rechenmethoden wird auf Kapitel 3.1 verwiesen. Details finden sich in den Tier-Kapiteln ab Kapitel 4 und den Boden-Kapiteln ab Kapitel 11.

Auf die Berechnung der Unsicherheit von Gesamt-Treibhausgas-Inventar und Gesamt-NH<sub>3</sub>-Inventar geht Kapitel 14 ein.

### 3.2.4 The GAS-EM EXCEL® calculation files / Die GAS-EM EXCEL®-Rechendateien

For each type of emission source in agricultural animal husbandry (e.g. dairy cows, fattening pigs) and for the emissions from agricultural soils GAS-EM comprises an EXCEL® file (calculation workbook) containing a title sheet, one input sheet for activity data and their frequency distributions, one input sheet for emission factors and additional modelling parameters, one output sheet compiling the results and one or several calculation sheets. In addition, sheets are added for supplementary calculations.

GAS-EM umfasst für jeden Emittententyp aus dem Bereich der Tierhaltung (z. B. Milchkühe, Mastschweine) sowie für die Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden eine EXCEL®-Datei (Rechen- oder Arbeitsmappe) mit einem Titelblatt, einem Eingabeblatt für Aktivitätsgrößen bzw. deren Häufigkeitsverteilungen, einem Eingabeblatt für Emissionsfaktoren und weitere Modellparameter, einem zusammenfassenden Ausgabeblatt und einem oder mehreren Tabellenblättern für Berechnungen. Zusätzliche Tabellenblätter dienen ergänzenden Berechnungen.

### 3.2.5 Resolution in time and space / Zeitliche und räumliche Auflösung

The basic time step in GAS-EM is one year. Processes that need to be examined in shorter time steps (e.g. interannual fluctuations of animal populations or the application of manure under different weather conditions) cannot be described in GAS-EM due to the lack of input data. Also processes with a duration of more than a year, e. g. a stockpiling of mineral fertilizers, cannot be dealt with in GAS-EM as the input data needed to model stockpiling is generally unavailable. Hence, GAS-EM assumes for mineral fertilizers that the total of the fertilizer amounts sold in the quarters I and II of a given year Y and the quarters III and IV of the previous year are completely applied to the agricultural soils within year Y.

Emissions from animal husbandry are calculated for districts and subsequently aggregated to obtain emission results for federal states and the national level. As the official survey of animal numbers does not account for the location where the animals are kept but for the residence of the owner of the animals, the emissions calculated for the emission inventory have to be assigned to the location of the animal owner's residence. This error can lead to a biased representation of emission results on a regional level, but is assumed of lesser influence on higher spatial aggregation levels, i. e. on federal state level. It is irrelevant on the level used for emission reporting, i. e. the national level.

Emissions from the management of agricultural soils are consistently calculated on federal state level and then aggregated on national level as the activity data needed for the years from 1990 onwards are not available on district level (except for manure spreading and grazing, where the activity data are calculated within GAS-EM).

Der Zeitschritt in GAS-EM beträgt ein Jahr. Prozesse auf kürzeren Zeitskalen (wie z. B. interannuelle Schwankungen von Tierbeständen oder die witterungsabhängige Ausbringung von Wirtschaftsdünger) können mangels differenzierterer Daten nicht abgebildet werden. Auch über ein Jahr hinausreichende Prozesse, wie z. B. eine Vorratshaltung beim Mineraldünger, können in GAS-EM nicht abgebildet werden, da generell entsprechende Daten zur Modellierung der Speichereffekte fehlen. So wird in GAS-EM für den Mineraldünger angenommen, dass die in den ersten beiden Quartalen des aktuellen und in den letzten beiden Quartalen des Vorjahres insgesamt verkauften Düngermengen im aktuellen Jahr vollständig ausgebracht werden.

Die Emissionen aus der Tierhaltung werden zunächst auf Kreisebene berechnet, bevor sie zu Ergebnissen auf Bundesland- und nationaler Ebene aggregiert werden. Da bei der amtlichen Tierzählung nicht die tatsächlichen Standorte der Tierhaltung erfasst werden, sondern die Wohnorte der Tierhalter, müssen die für das Emissionsinventar berechneten Emissionen demjenigen Kreis zugeordnet werden, der dem Wohnort des Tierhalters entspricht. Dieser Fehler kann zu Verzerrungen der Ergebnisdarstellung im regionalen Bereich führen, wird aber auf Länderebene als vernachlässigbar eingeschätzt und ist auf der für die Emissionsberichterstattung relevanten nationalen Ebene ohne Bedeutung.

Die Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden werden einheitlich auf Bundesland-Ebene berechnet und anschließend zum jeweiligen nationalen Ergebnis aggregiert, da außer für Wirtschaftsdüngerausbringung und Weidegang (in beiden Fällen berechnet) keine Aktivitätsdaten auf Kreisebene für alle Jahre ab 1990 verfügbar sind.



### 3.3 Basic methodologies / Grundlegende Methoden

The subsequent sub-chapters provide an overview of the basic methodologies for the preparation of the German agricultural inventory. For the calculation of the emissions originating from animal husbandry animal sub-categories are defined that are homogeneous with respect to animal performance (weights, growth, Milk yield, etc.), age and utilisation (fattening or breeding), see Chapter 4.1.

More detailed descriptions of the methodologies for the various animal sub-categories and the agricultural soils are given in the Chapter 4. Modifications of methods with respect to the previous submission (see RÖSEMANN et al., 2013) are shortly discussed in Chapter 3.5.2

#### 3.3.1 Energy requirements and feed intake of animals / Tierischer Energiebedarf und Futteraufnahme

Whenever the necessary descriptions of processes are available, the German inventory calculates the energy requirements of an agricultural animal. As a rule, the metabolizable energy (ME) is assessed. Dairy cows form an exception. Here the NEL system is used (NEL: net energy for lactation). For ME and NEL see also KIRCHGESSNER et al. (2008).

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

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

The gross energy contents of the diet components then allow for the assessment of the gross energy (GE) intake. The latter is the base for the calculations of methane emissions from enteric fermentation (see Chapter 3.3.2) as well as for the derivation of the methane emissions from manure management (see Chapter 3.3.4.1) according to IPCC (2006).

However, for the assessment of methane emissions from manure management, the German inventory uses a national approach for the most important animal subcategories. According to DÄMMGEN et al. (2011a), the dry matter intake ( $m_{F, dm}$ ) is used instead. For details see Chapter 3.3.3.1).

The crude protein (XP) content of the diet components is then used to derive the XP intake with feeds. The division of the result by  $6.25 \text{ kg kg}^{-1}$  leads to the N intake. This quantity is needed to create the N balance which is needed to address the N excretion rates (see Chapter 3.3.3.2). All calculations assume that the XP or N requirements are met if the input is calculated using typical diet compositions. The comparison with national standards for N excretion rates can then be used to check the plausibility of the calculation procedure.

Diet compositions and the properties of the feed constituents then allow for the assessment of further

Die nachfolgenden Unterkapitel geben einen Überblick über grundlegende Methoden zur Erstellung des deutschen landwirtschaftlichen Emissionsinventars. Für die Berechnung der Emissionen aus der Tierhaltung werden Tier-Unterkategorien definiert, die bzgl. Leistung (Gewicht, Gewichtszunahme, Milchleistung usw.), Alter und Nutzung (Mast oder Zucht) homogen sind (siehe z. B. Kapitel 4.1).

Detailliertere Methodenbeschreibungen der einzelnen Tier-Unterkategorien bzw. des Bodens erfolgen in den quellenbezogenen Methodenkapiteln ab Kapitel 4. Änderungen der Methoden gegenüber der vorherigen Berichterstattung (RÖSEMANN et al., 2013) sind in Kapitel 3.5.2 aufgelistet.

Soweit Prozessbeschreibungen verfügbar sind, wird im deutschen Inventar der tierische Energiebedarf berechnet. Dies geschieht i. d. R. im ME-System, d. h. unter Zugrundelegung der umsetzbaren Energie (metabolizable energy). Lediglich bei den Milchkühen wird das NEL-System angewandt (NEL: Netto Energie Laktation). Zu ME und NEL siehe auch KIRCHGESSNER et al. (2008).

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

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

Mithilfe des Bruttoenergiegehaltes der Futterkomponenten wird die mit dem Futter aufgenommene Bruttoenergie GE (gross energy) berechnet. GE ist Grundlage für die Berechnung der Methan-Emissionen aus der Verdauung (siehe Kapitel 3.3.2) sowie nach IPCC (2006) auch der Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (siehe Kapitel 3.3.4.1).

Im Fall der Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wurde das deutsche Inventar für die wichtigsten Tiere inzwischen auf die aktualisierte Methode nach DÄMMGEN et al. (2011a) umgestellt, die statt von GE von der Aufnahme an Futtertrockenmasse ( $m_{F, dm}$ ) ausgeht, siehe Kapitel 3.3.3.1.

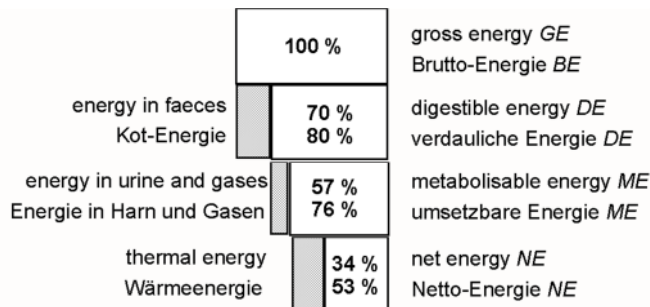
Mit dem Rohproteingehalt (XP) in den einzelnen Futterkomponenten wird schließlich die XP-Aufnahme mit dem Futter berechnet, aus der mit Division durch  $6,25 \text{ kg kg}^{-1}$  unmittelbar die N-Aufnahme hervorgeht. Diese Größe wird in der tierischen N-Bilanz benötigt, um die N-Ausscheidung zu berechnen (siehe Kapitel 3.3.3.2). Es wird davon ausgegangen, dass der XP- bzw. N-Bedarf eines Tieres dann gedeckt ist, wenn seine N-Aufnahme anhand von Kennwerten typischer Futterkomponenten berechnet wird und die sich ergebende N-Ausscheidung dem nationalen Standard entspricht.

Anhand der Futterzusammensetzung und der Eigenschaften der Futterkomponenten werden effektive

effective quantities needed for the quantification of emission rates, such as the digestibility of energy ( $X_{DE}$ ) for the calculation of methane from manure management according to IPCC. DÄMMGEN et al. (2011a) presuppose the knowledge of the digestibility of organic matter ( $X_{DOM}$ ) to calculate these emissions.

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

**Figure 3.3: Energies considered in animal metabolism**



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

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

$$X_{DE} = \frac{DE}{GE} \quad (3.9)$$

$$X_{ME} = \frac{ME}{GE} \quad (3.10)$$

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

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

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

$$GE = \frac{ME_m + ME_f + ME_l + ME_d + ME_p + ME_g}{X_{ME}} \quad (3.11)$$

$GE$	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> )

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

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

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

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

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

$ME_f$	metabolisable energy needed to obtain food (in MJ $pl^{-1} a^{-1}$ )
$ME_p$	metabolisable energy required for pregnancy (in MJ $pl^{-1} a^{-1}$ )
$ME_l$	metabolisable energy for lactation (in MJ $pl^{-1} a^{-1}$ )
$ME_d$	metabolisable energy required for draft power (in MJ $pl^{-1} a^{-1}$ )
$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ $pl^{-1} a^{-1}$ )
$X_{ME}$	metabolisability of feed (in MJ $MJ^{-1}$ )

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

An alternative approach to assess GE intake rates is the multiplication of feed intake amounts with the respective GE contents. This variant is made use of with dairy cows (see Chapter 4.3.4.6).

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

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

Eine alternative Möglichkeit zur GE-Berechnung besteht darin, die aufgenommene Futtermenge mit dem mittleren GE-Gehalt des Futters zu multiplizieren. Diese Variante kommt u. a. bei den Milchkühen zum Einsatz (siehe Kapitel 4.3.4.6).

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

### 3.3.2 $CH_4$ emissions from enteric fermentation / $CH_4$ -Emissionen aus der Verdauung

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

The choice of the complexity level depends on whether the animal category under consideration is considered a key source with respect to methane emissions from enteric fermentation (see Chapter 3.2.3). If this is the case, a Tier 2 or Tier 3 method has to be used.

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

Die Auswahl des anzuwendenden Verfahrens hängt davon ab, ob die jeweilige Tierkategorie als Hauptquellgruppe bzgl. der Methanemissionen aus der Verdauung eingestuft werden (siehe Kapitel 3.2.3). Ist Letzteres der Fall, muss mit Stufe 2 oder Stufe 3 gerechnet werden.

#### 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:

$$E_{CH_4, ent, i} = n_i \cdot EF_{CH_4, ent, i} \quad (3.12)$$

$E_{CH_4, ent, i}$	$CH_4$ emission from enteric fermentation of animal category i (in $kg a^{-1}$ )
$n_i$	number of animal places for animal category i (in pl)
$EF_{CH_4, ent, i}$	default $CH_4$ emission factor for animal category i (in $kg pl^{-1} a^{-1}$ )

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

The more detailed Tier 2 methodology makes use of the above Tier 1 equation where the default emission factor is replaced with an emission factor based on national data for energy requirements.

Das detailliertere Stufe-2-Verfahren nutzt obige Stufe-1-Gleichung, ersetzt den Default-Wert des Emissionsfaktors aber durch eine Berechnung mithilfe nationaler Werte des Gesamt-Energiebedarfs.

According to IPCC(2006)-10.31, Equation 10.21, the methane emission factor is calculated using an animal-specific default value of the methane conversion factor (IPCC(2006)-10.30 et seq., Table 10.12, Table 10.13) as follows:

$$EF_{CH_4, ent, i} = GE_i \cdot \frac{X_{CH_4, GE, i}}{\eta_{CH_4}} \quad (3.13)$$

$EF_{CH_4, ent, i}$	default $CH_4$ emission factor for animal category $i$ (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )
$GE_i$	gross energy intake per place of animal category $i$ (in $MJ\ pl^{-1}\ a^{-1}$ ), see Chapter 3.3
$X_{CH_4, GE, i}$	methane conversion factor of animal category $i$ (fraction of GE converted to methane) (in $MJ\ MJ^{-1}$ )
$\eta_{CH_4}$	energy content of methane ( $\eta_{CH_4} = 55.65\ MJ\ (kg\ CH_4)^{-1}$ )

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

The Tier 3 approach (IPCC(2006)-10.31 et seq.) makes use of the Tier 2 equation where the methane conversion factor ( $X_{CH_4, GE}$ ) is determined on base of national or subnational data.

In the German inventory, the Tier 3 approach is available only for dairy cows, see Chapter 4.3.5. It calculates the  $CH_4$  emission factor as a function of the intake of crude fibre, N-free extracts, crude protein and fat. From this emission factor and the intake of gross energy the methane conversion rate is back-calculated to be entered into the CRF tables.

Nach IPCC(2006)-10.31, Gleichung 10.21, berechnet sich der Emissionsfaktor mithilfe eines tierspezifischen Standard-Wertes für den Methan-Umwandlungsfaktor (IPCC(2006)-10.30f, Table 10.12, Table 10.13):

Das Stufe-3-Verfahren (IPCC(2006)-10.31 f) nutzt die Stufe-2-Gleichung, wobei der Methan-Umwandlungsfaktor ( $X_{CH_4, GE}$ ) aus nationalen oder regionalen Daten abgeleitet wird.

Das Stufe-3-Verfahren ist im deutschen Inventar nur für Milchkühe verfügbar, siehe Kapitel 4.3.5. Dabei wird der  $CH_4$ -Emissionsfaktor als Funktion der Aufnahme von Rohfaser, N-freien Extraktstoffen, Rohprotein und Fett) berechnet. Aus dem Emissionsfaktor wird mithilfe der Gesamtenergie-Aufnahme der in den CRF-Tabellen anzugebende Methanumwandlungsfaktor abgeleitet.

### 3.3.3 Excretions / Ausscheidungen

#### 3.3.3.1 Excretions of VS / VS-Ausscheidungen

The assessment of  $CH_4$  emissions from the manure management (see Chapter 3.3.4.1) 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:

$$VS = DM_{excr} - m_{ash} \quad (3.14)$$

$VS$	volatile solids excreted (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )
$DM_{excr}$	dry matter excreted (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )
$m_{ash}$	amount of ash contained in excretions (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )

Total VS is the sum of degradable VS ( $VS_d$ ) and non-degradable VS ( $VS_{nd}$ ):

$$VS = VS_d + VS_{nd} \quad (3.15)$$

In principle,  $CH_4$  emissions from manure management are related to  $VS_d$ . However, in a first approach,  $VS_d$  is proportional to  $VS_{excr}$ . The factor relating the two is depending on the composition of the excreta. The methodology proposed by IPCC(2006), Equation 10.23, considers this in a “maximum methane producing capacity for manure”  $B_o$  (see Chapter 3.3.4.1). However, Equation 10.24 given in IPCC (2006) for the calculation of VS is not used in the German inventory as this equation

Die Berechnung der  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (siehe Kapitel 3.3.4.1) erfordert die Kenntnis der ausgeschiedenen Mengen an organischer Trockensubstanz, die als Glühverlust der Ausscheidungen bei 800 °C bestimmt wird (englischer Begriff: „volatile solids“ (VS)). Es gilt:

Die Gesamtmenge an VS teilt sich in abbaubare ( $VS_d$ ) und nicht abbaubare VS ( $VS_{nd}$ ):

Im Prinzip wären die  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management auf  $VS_d$  zu beziehen. In erster Näherung ist  $VS_d$  aber proportional zu  $VS_{excr}$ . Der Proportionalitätsfaktor ist von der Zusammensetzung der Exkremente abhängig. IPCC(2006) berücksichtigt dies in der „größtmöglichen Methan-Bildungskapazität für Wirtschaftsdünger“  $B_o$  (siehe Kapitel 3.3.4.1). Die in IPCC (2006) angegebene Gleichung 10.24 zur Berechnung von VS wird im deutschen Inventar nicht verwen-

represents only an approximation and the definition of the ash content is ambiguous as was shown by DÄMMGEN et al. (2011a). Instead, the German inventory uses the VS equation derived by DÄMMGEN et al. (2011a) (for ash contents see Chapters from Chapter 4 onwards):

$$VS = m_{F, dm} \cdot (1 - X_{DOM}) \cdot (1 - X_{ash, feed}) \quad (3.16)$$

VS	excretion of volatile solids (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{F, dm}$	feed intake rate (dry matter) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3
$X_{DOM}$	apparent digestibility of organic matter (in kg kg <sup>-1</sup> )
$X_{ash, feed}$	ash content of feed (in kg kg <sup>-1</sup> )

If dry matter intake  $m_{F, dm}$  is not known, it is approximated as described in IPCC (2006)-10.42 using the ratio GE/18.45, where GE is the intake of gross energy (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>).

If the ash content of the feed is not known, the ash content of the excretions as given in IPCC (2006) is used instead.

det, da sie nur eine Näherung darstellt, und die Definition des Aschegehaltes nicht eindeutig ist, wie DÄMMGEN et al. (2011a) aufzeigten. Stattdessen kommt die von DÄMMGEN et al. (2011a) abgeleitete VS-Gleichung zum Einsatz (zu den Aschegehalten siehe in den Tierkapiteln):

Wenn die Trockenmasseaufnahme  $m_{F, dm}$  nicht bekannt ist, wird sie in Anlehnung an IPCC (2006)-10.42 mithilfe des Quotienten GE/18.45 approximiert, wobei GE für die Aufnahme an Gesamtenergie (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) steht.

Ist der Aschegehalt des Futters nicht bekannt, wird stattdessen der Aschegehalt der Ausscheidungen verwendet, den IPCC (2006) angibt.

### 3.3.3.2 Excretions of N and TAN (or UAN) / Ausscheidungen von N und TAN (bzw. UAN)

For the calculation of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions from animal husbandry (see Chapter 3.3.4.3.1) the excretions of N and – for mammals - TAN are needed per animal place and year.

TAN means „total ammoniacal nitrogen“ and is the share of the total N excretion from which emissions of ammonia occur (see e.g. DÄMMGEN and ERISMAN, 2005). In the inventory, TAN is assumed to be equal to the amount of N excreted in urine.

For poultry, the excretion of uric acid nitrogen (UAN) is needed instead of TAN, see DÄMMGEN und ERISMAN (2005). At the time being, the use of UAN excretions is impossible in the inventory, as the hydrolysis of uric acid producing ammonium carbonate occurs outside the birds' bodies. In particular, it is difficult to model the influence of humidity on this process. Hence, emission inventories make use of mean potential TAN contents for their calculations which means that the UAN excreted is completely considered to be TAN.

Hence, the procedures described in the following apply equally to mammals and poultry. The description of the methodology aims at giving an overview of the principal calculation steps. For details see the animal chapters, beginning with Chapter 4.

For the excretions of animal categories that, like e. g. goats and sheep, are not a key source (see Chapter 3.2.3), default excretion values provided in the guidelines or national data sources are used. For key sources (like e. g. dairy cows and fattening pigs) the N and TAN excretions are calculated using the N mass balance of the animal.

Equation (3.19) describes the annual N mass balance for an average animal place as defined in Chapter 3.1.2.2 ( $m_i = 0$  for all animals except dairy cows and laying hens;  $m_p = 0$  for animals for meat production):

Für die Berechnung von NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen werden die Ausscheidungen von N und – bei Säugetieren - TAN pro Tierplatz und Jahr benötigt.

TAN steht für „total ammoniacal nitrogen“ und ist derjenige Anteil der gesamten N-Ausscheidungen, aus dem Ammoniakemissionen erfolgen (siehe z.B. DÄMMGEN und ERISMAN, 2005). Im Inventar wird TAN mit der N-Menge gleichgesetzt, die mit dem Harn ausgeschieden wird.

Bei Geflügel wird statt der TAN-Ausscheidung die Harnsäure-Ausscheidung (uric acid nitrogen, UAN) benötigt, vgl. DÄMMGEN und ERISMAN (2005). Die Verwendung von UAN-Ausscheidungen im Inventar ist aktuell nicht möglich, da der Prozess der Hydrolyse der Harnsäure zu Ammoniumcarbonat außerhalb des Körpers stattfindet und der dabei wichtige Einfluss von Feuchte schwierig zu modellieren ist. Daher wird anstelle von UAN mit mittleren scheinbaren TAN-Gehalten gerechnet, wobei TAN = UAN angenommen wird.

Daher gelten die nachfolgenden Ausführungen für Säugetiere und Geflügel gleichermaßen. Es wird dabei ein Überblick über die prinzipielle Vorgehensweise vermittelt. Zu Details siehe Tierkapitel ab Kapitel 4.)

Für Tierkategorien, die wie z. B. Ziegen und Schafe nicht zu den Hauptquellgruppen (siehe Kapitel 3.2.3) zählen, werden für die Ausscheidungen Standwerte aus den Richtlinien oder nationalen Datenquellen verwendet. Für Hauptquellgruppen (wie z.B. Milchkühe, Mastschweine) werden die N- und TAN-Ausscheidungen mithilfe der tierischen N-Massenbilanz berechnet.

Gleichung (3.19) beschreibt die jährliche N-Bilanz für einen mittleren Tierplatz, wie er in Kapitel 3.1.2.2 definiert wird ( $m_i = 0$  für alle Tiere außer Milchkühen und Legehennen;  $m_p = 0$  für Masttiere):

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{l}} - m_{\text{g}} - m_{\text{p}} \quad (3.17)$$

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen in excreta (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{l}}$	amount of nitrogen secreted with milk or eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained in the animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{p}}$	amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The N intake with feed ( $m_{\text{feed}}$ ) is determined by the intake of feed and the average crude protein content of the feed.

As a rule, the amount of feed intake is a function of the energy requirements of the animal and the energy content of the feed. The calculation is based on the assumption that the energy requirements be exactly satisfied. In the respective equation (3.18) the energy requirements and the energy content of the feed are given in ME units (ME = metabolizable energy). For dairy cows the units to be used are NEL units (NEL = net energy lactation), see Chapters 4.3.2 and 4.3.8.1.

For animals kept for meat production, the amount of feed needed annually per average animal place can be calculated using the feed conversion factor, see Equation (3.19):

Die N-Aufnahme mit dem Futter ( $m_{\text{feed}}$ ) wird durch die aufgenommene Futtermenge und deren mittleren Rohproteingehalt bestimmt.

Die Futtermenge wird i. d. R. aus dem tierischen Energiebedarf und dem Energiegehalt des Futters berechnet, wobei davon ausgegangen wird, dass der tierische Energiebedarf exakt erfüllt wird. In der entsprechenden Gleichung (3.18) werden Energiebedarf und mittlerer Energiegehalt des Futters in ME-Einheiten angegeben (ME = umsetzbare Energie). Für Milchkühe sind NEL-Einheiten zu verwenden (NEL = Netto Energie Laktation), siehe dazu Kapitel 4.3.2 und 4.3.8.1.

Bei Masttieren kann die auf einem mittleren Tierplatz jährlich erforderliche Futtermenge auch mithilfe des Futterverwertungskoeffizienten berechnet werden, siehe Gleichung (3.19):

$$m_{\text{feed}} = x_{\text{N}} \cdot \sum_i DM_i \cdot x_{\text{N,XP},i} = x_{\text{N}} \cdot [x_{\text{XP}}] \cdot m_{\text{F,DM}} = x_{\text{N}} \cdot [x_{\text{XP}}] \cdot \frac{\Sigma ME}{[\eta_{\text{ME}}]} \quad (3.18)$$

or (for animals kept for meat production)

$$m_{\text{feed}} = x_{\text{N}} \cdot [x_{\text{XP}}] \cdot x_{\text{feed}} \cdot \Delta w_{\text{annual}} \quad (3.19)$$

$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$DM_i$	amount of dry matter taken in with feed constituent i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N,XP},i}$	crude protein content of feed constituent i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$[x_{\text{XP}}]$	mean crude protein content of the feed, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{F,DM}}$	total amount of feed intake (dry matter) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME$	the animal's cumulative requirements of metabolizable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$[\eta_{\text{ME}}]$	mean content of metabolizable energy in the feed (dry mass) (in MJ kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{feed}}$	feed conversion factor, i. e. the amount of feed needed to achieve 1 kg of weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{\text{annual}}$	annual weight gain per average animal place (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

According to the definition of the average animal place given in Chapter 3.1.2.2, the annual weight gain  $\Delta w_{\text{annual}}$  of fattening animals with a lifespan shorter than one year is calculated as follows:

Entsprechend der Definition des mittleren Tierplatzes in Kapitel 3.1.2.2 wird für Masttiere, die kürzer als ein Jahr leben, der jährliche Gesamtzuwachs  $\Delta w_{\text{annual}}$  wie folgt berechnet:

$$\Delta w_{\text{annual}} = \Delta w_{\text{animal}} \cdot \frac{\alpha}{\tau_{\text{lifespan}}} \quad (3.20)$$

$\Delta w_{\text{annual}}$	annual weight gain per average animal place (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{\text{animal}}$	total per-place weight gain during one fattening period (in kg pl <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor (365 d a <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lifespan}}$	duration of fattening of one animal (in d, with $\tau_{\text{lifespan}} < 365 \text{ d}$ )

The other components of the N balance are given by:

Die übrigen Bilanzglieder werden wie folgt bestimmt:

$$m_l = x_{N,milk} \cdot x_{XP,milk} \cdot Y_M \quad \text{for dairy cows} \quad (3.21)$$

$$m_l = x_{N,egg} \cdot n_{eggs} \cdot w_{egg} \quad \text{for laying hens} \quad (3.22)$$

$$m_l = 0 \quad \text{for all other animals} \quad (3.23)$$

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

$$m_g = x_{N,animal} \cdot \Delta w_{annual} \quad (3.24)$$

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

$$m_p = x_{N,offspring} \cdot w_{offspring} \quad (3.25)$$

$m_p$	amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$x_{N,offspring}$	nitrogen content of whole offspring body (in kg kg <sup>-1</sup> N)
$w_{offspring}$	weight of the total offspring produced annually per average animal place (calves, piglets) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), with $w_{offspring} = 0$ for animals kept for meat production

The amount of TAN needed for the assessment of the emissions of N species from mammals (see Chapter 3.3.4.3.1) is defined as the share of digestible N taken in with feeds that is not retained in the animal or excreted with milk or offspring. This definition presupposes the knowledge of the digestibility of crude protein ( $X_{DXP}$ ).

Die für die Berechnung von N-Emissionen aus der Säugetierhaltung benötigte TAN-Menge (siehe Kapitel 3.3.4.3.1) ist derjenige Anteil der mit dem Futter aufgenommenen verdaulichen N-Menge, der nicht im Tier retiniert oder für die Produktion von Milch oder Nachkommen aufgewendet wird. Diese Definition setzt die Kenntnis der Verdaulichkeit von Rohprotein  $X_{DXP}$  voraus.

$$m_{excr, TAN} = X_{DXP} \cdot m_{feed} - m_l - m_g - m_p \quad (3.26)$$

$m_{excr, TAN}$	amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$X_{DXP}$	digestibility of crude protein (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{feed}$	amount of nitrogen in feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_l$	amount of nitrogen secreted with milk (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_g$	amount of nitrogen retained in the animal (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_p$	amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

If  $X_{DXP}$  is not available, it may be approximated by the digestibility of energy ( $X_{DE}$ ). For  $X_{DE}$  see Chapter 3.3.1.

Ist  $X_{DXP}$  nicht bekannt, ist eine Approximation durch die Verdaulichkeit von Energie ( $X_{DE}$ ) möglich. Zu  $X_{DE}$  siehe Kapitel 3.3.1.

For dairy cows the amount of TAN is calculated differently. As shown in Chapter 4.3.8.3 it is a function of the amount of N excreted with faeces.

Bei den Milchkühen wird die TAN-Menge abweichend von obiger Gleichung über N-Ausscheidung im Kot berechnet, siehe Kapitel 4.3.8.3.

The relative TAN content  $x_{TAN}$  of the excreta is defined as:

Der relative TAN-Gehalt  $x_{TAN}$  der Ausscheidungen ergibt sich aus:

$$x_{TAN} = \frac{m_{excr, TAN}}{m_{excr}} \quad (3.27)$$

$x_{TAN}$	fraction of nitrogen excreted as TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{excr, TAN}$	amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{excr}$	amount of total nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )



Note that the dairy-cow calculations take into account nitrogen losses by skin and hair. These losses are added to the organic N excretions. For other animals no methods are available to take into account nitrogen losses by skin and hair.

As already mentioned above, for poultry the excretion uric acid nitrogen (UAN) should be considered instead of TAN excretions. However, the inventory considers the amount of UAN to be TAN. The calculation of UAN is performed in analogy to Equation (3.26), where the losses on the right-hand side are represented by N retention in case of pullets and by the sum of N retention and N in eggs in case of laying hens.

Anmerkung: Bei Milchkühen wird auch der mit Hautpartikeln und Haaren abgegebene Stickstoff berücksichtigt. Er wird der organischen N-Ausscheidung hinzugerechnet. Für andere Tiere existieren keine vergleichbaren Berechnungsmethoden.

Wie oben bereits erwähnt wird bei Geflügel statt der TAN-Ausscheidung die Harnsäure-Ausscheidung (uric acid nitrogen, UAN) betrachtet. Im Inventar wird UAN näherungsweise mit TAN gleichgesetzt. Die Berechnung von UAN erfolgt analog zu Gleichung (3.26), wobei die Verlustterme auf der rechten Seite bei Junghennen und Mastgeflügel der N-Retention entsprechen und bei Legehennen der Summe aus N-Retention und N-Abgabe über die Eierproduktion.

### 3.3.4 Emissions from manure management / Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

#### 3.3.4.1 CH<sub>4</sub> emissions / CH<sub>4</sub>-Emissionen

According to IPCC(2006)-10.35 ff there are three increasingly complex tiers for the calculation of the methane emissions from manure management. All methods are based on the following equation:

$$E_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} = n_i \cdot EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} \quad (3.28)$$

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

The methodologies provided by IPCC for the calculation of methane emissions from manure management are described in the following.

Die IPCC-Methoden zur Berechnung von Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden nachstehend beschrieben.

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

The simple Tier 1 methodology (IPCC(2006)-10.37) uses the equation (3.28) with default emission factors.

Das einfache Stufe-1-Verfahren (IPCC(2006)-10.37) nutzt Gleichung (3.28) mit Default-Emissionsfaktoren.

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

The Tier 2 methodology (cf. Equation 10.23 in IPCC(2006)-10.41) uses equation (3.28) and calculates the emission factor  $EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$  as a function of VS excreted, the maximum methane producing capacity  $B_o$  and the methane conversion factor  $MCF$  that describes for each single manure management system the fraction of  $B_o$  that is generated effectively.

Das Stufe-2-Verfahren (vgl. Gleichung 10.23 in IPCC(2006)-10.41) verwendet Gleichung (3.28) und berechnet den Emissionsfaktor  $EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$  als Funktion der ausgeschiedenen VS-Menge, der maximalen Methanbildungskapazität  $B_o$  und des Methanumwandlungsfaktors  $MCF$ , der für jedes Wirtschaftsdünger-Lagerverfahren angibt, welcher Anteil von  $B_o$  tatsächlich erzeugt wird.

$$EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i} = VS_i \cdot \alpha \cdot B_{o,i} \cdot \rho_{\text{CH}_4} \cdot \sum_{jk} MCF_{i,j,k} \cdot MS_{i,j} \quad (3.29)$$

$EF_{\text{CH}_4, \text{MM}, i}$	emission factor for CH <sub>4</sub> from manure management for animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$VS_i$	volatile solid excretion rate of animal category i (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$B_{o,i}$	maximum CH <sub>4</sub> producing capacity (in m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> )
$\rho_{\text{CH}_4}$	density of methane ( $\rho_{\text{CH}_4} = 0.67 \text{ kg m}^{-3}$ )
$MCF_{i,j,k}$	methane conversion factors for manure management system j and climate region k (in m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
$MS_{i,j}$	fraction of animal category i whose manure is handled in a system j (in pl pl <sup>-1</sup> )



For the VS excretions see Chapter 3.3.3.1.  $B_0$  and  $MCF$  for the conventional manure storage types are provided in the animal chapters from Chapter 4 onwards. Chapter 3.3.4.4 deals with special details concerning the calculation of the  $MCF$  for the specific storage type „digestion of slurry and storage of residues“.

The amount of VS that enters manure management systems via bedding material is not explicitly accounted for in Equation (3.29). IPCC (2006)-10.41 indicates that methane emissions from bedding are not taken into account as they do not contribute significantly to the overall emissions. Until the development of a methodology internationally approved of to take into account explicitly the VS input by bedding material, Germany will apply the prescribed IPCC procedure (3.29).

The formation of  $CH_4$  emissions from leachate during the storage of solid manure are assumed to be negligible, as the VS content in leachate is rather low. Hence, for the calculation of  $CH_4$  emissions from manure management storage the formation of leachate is not considered in the inventory.

### 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.

Zu den VS-Ausscheidungen siehe Kapitel 3.3.3.1. Auf  $B_0$  sowie die  $MCF$ -Werte für die herkömmlichen Lagerverfahren wird in den Tierkapiteln ab Kapitel 4 eingegangen. Kapitel 3.3.4.4 befasst sich mit den Besonderheiten bei der Berechnung des  $MCF$  für den speziellen Lagertyp „Güllevergärung und Gärrestlagerung“.

Die mit der Einstreu ins Wirtschaftsdünger-Management gelangende VS-Menge wird in Gleichung (3.29) nicht explizit berücksichtigt. IPCC (2006)-10.41 stellt dazu fest, dass Methanemissionen aus Einstreu nicht berücksichtigt werden, da sie nicht signifikant zur Gesamtemission beitragen. Deutschland wendet bis zur Entwicklung einer international konsensfähigen Methode zur expliziten Berücksichtigung von Einstreu-VS das vorgegebenen IPCC-Verfahren an (3.29).

$CH_4$ -Emissionen aus Jauchebildung bei der Lagerung von Festmist werden als vernachlässigbar angesehen, da Jauche praktisch keine VS-Anteile enthält. Daher wird Jauchebildung im Inventar bei der Berechnung von  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management nicht berücksichtigt.

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

„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.

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

Non-methane volatile organic compounds (NMVOC) are a collection of organic compounds that differ widely in their chemical composition but display similar behaviour in the atmosphere (EEA, 2014). They produce photochemical oxidants by reaction with nitrogen oxides in the presence of sunlight (UNECE, 1991). Agricultural sources of NMVOCs are silage, manure in the barns, outside manure stores, field application of manure and grazing animals (EMEP (2016)-3B-10).

NMVOC emissions originating from the agricultural sector are reported. However, as they had not been included in the definition of the national emission ceiling (NEC Directive 2001/81/EC, 995 Gg a<sup>-1</sup>) they are subtracted from the national total of NMVOC emissions by an adjustment procedure before checking the compliance with the German NMVOC emission ceiling.

EMEP (2016) provides a Tier 1 and a Tier 2 methodology with the respective emission factors (EMEP (2016)-3B-17/18 and EMEP (2016)-3B-26 et seq.). The Tier 2 methodology uses the parameter  $Frac_{silage}$  that is defined as the proportion of silage content in feed to the maximum possible silage content in feed. There is no German data to quantify Germany  $Frac_{silage}$ . Hence the

Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC) weisen große Unterschiede in ihrer chemischen Zusammensetzung auf, zeigen aber ein ähnliches Verhalten in der Atmosphäre (EEA, 2014). Durch Reaktion mit Stickstoffoxiden unter Einfluss von Sonnenlicht bilden sie photochemische Oxidantien (UNECE, 1991). Landwirtschaftliche NMVOC-Quellen sind Silage, Wirtschaftsdünger (im Stall, in Außenlagern und bei der Ausbringung), sowie Weidegang (EMEP (2016)-3B-10).

Die NMVOC-Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft werden zwar berichtet; da sie aber nicht Bestandteil der Festlegung der nationalen Obergrenze (NEC Richtlinie 2001/81/EC, 995 Gg a<sup>-1</sup>) waren, werden sie für die Überprüfung der Einhaltung dieser Obergrenze durch ein Adjustmentverfahren von der deutschen NMVOC-Gesamtemission wieder abgezogen.

EMEP (2016) stellt eine Stufe-1- und eine Stufe-2-Methodik mit den jeweils zugehörigen Emissionsfaktoren bereit (EMEP (2016)-3B-17/18 und EMEP (2016)-3B-26 f). Die Stufe-2-Methodik beinhaltet den Parameter  $Frac_{silage}$ , der das Verhältnis von tatsächlichem Silageanteil im Futter zu maximal möglichem Silageanteil im Futter beschreibt. Deutschland verfügt nicht über Daten

German inventory calculations are based on the Tier 1 methodology.

zur Quantifizierung von  $\text{Frac}_{\text{silage}}$ . Daher rechnet das Inventar mit der Stufe-1-Methodik.

$$E_{\text{NMVOC, MM, } i} = n_i \cdot EF_{\text{NMVOC, MM, } i} \quad (3.30)$$

$E_{\text{NMVOC, MM, } i}$  NMVOC emission from manure management of animal category  $i$  (in  $\text{kg a}^{-1}$ )

$n_i$  number of animal places for animal category  $i$  (in pl)

$EF_{\text{NMVOC, MM, } i}$  emission factor for NMVOC from manure management for animal category  $i$  (in  $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )

EMEP (2016)-3B-18, Table 3.4, provides different emission factors for diets with and without silage. These emission factors have been adopted for the animal categories used in the German inventory. For animal categories not considered in EMEP (2016), the emission factors have been estimated as follows:

The emission factor for “other cattle” is implicitly used for buffalo as buffalo are reported as part of “other cattle” in the German inventory as of Submission 2015.

In a conservative way the emission factors for boars and weaners are approximated by the emission factors for sows and fattening pigs, respectively.

The emission factor given in EMEP (2016) for sheep is interpreted as emission factor for adult sheep. According to the difference in N excretions between lambs and adult sheep (see Chapters 6.4.5 and 6.3.5) it has been assumed that the emission factor for lambs is 40 % of the emission factor for adult sheep.

The emission factor provided in EMEP (2016) for horses is interpreted as emission factor for heavy horses. Hence, for light horses and ponies the emission factor given in EMEP (2016) for mules and asses has been used. (As of Submission 2015, mules and asses are part of the animal category “horses”, see Chapter 7.)

Because of the relative similarity of the housing systems between pullets and broilers the missing emission factor for pullets has been generated by adopting the emission factor for broilers.

Table 3.4 shows the resulting list of emission factors. For cattle and horses (including mules and asses) the German inventory uses the emission factors for diets with silage, for all other animals the emission factors for diets without silage. The factors used in the German inventory are printed in bold.

EMEP(2016)-3B-35 emphasizes the high uncertainty of the emission factors, but no quantitative estimate is provided. Hence the German inventory assumes that the uncertainty of the NMVOC emission factors is in the range of the uncertainty of the PM emission factors (factor 3, see Chapter 3.3.4.5). As this uncertainty exceeds that of the animal numbers by far, the uncertainty of the resulting NMVOC emissions is of the same order of magnitude as the uncertainty of the emission factor. The distribution is asymmetric (lognormal).

EMEP (2016)-3B-18, Table 3.4, gibt unterschiedliche Emissionsfaktoren für Fütterung mit und ohne Silage an. Diese Emissionsfaktoren werden für die im deutschen Inventar berücksichtigten Tierkategorien übernommen. Für Tierkategorien, die in EMEP (2016) nicht berücksichtigt worden sind, wurden Emissionsfaktoren geschätzt:

Der Emissionsfaktor für „übrige Rinder“ wird implizit auch für Büffel verwendet, da diese im deutschen Inventar ab Submission 2015 zusammen mit den übrigen Rindern berichtet werden.

In konservativer Weise wird für Eber der Emissionsfaktor von Sauen und für Aufzuchtferkel der von Mastschweinen übernommen.

Der in EMEP (2016) angegebene Emissionsfaktor für Schafe wird als Emissionsfaktor für erwachsene Schafe interpretiert. Entsprechend dem Unterschied in der N-Ausscheidung von Lämmern und erwachsenen Schafen (siehe Kapitel 6.4.5 und 6.3.5) wird für Lämmer angenommen, dass der Emissionsfaktor für Lämmer 40 % des Emissionsfaktors für erwachsene Schafe entspricht.

Der in EMEP (2016) angegebene Emissionsfaktor für Pferde wird als Emissionsfaktor für Großpferde interpretiert. Für Kleinpferde und Ponys wird der in EMEP (2016) angegebene Emissionsfaktor für Esel und Maultiere verwendet. (Esel und Maultiere werden ab Submission 2015 bei den Pferden mitberichtet, siehe Kapitel 7.)

Wegen der relativen Ähnlichkeit des Haltungsverfahrens wird für Junghennen der Emissionsfaktor von Masthähnchen übernommen.

Table 3.4 zeigt die resultierende Liste der Emissionsfaktoren. Für Rinder und Pferde (incl. Esel und Maultiere) werden im deutschen Inventar die Emissionsfaktoren für Silagefütterung verwendet, für alle anderen Tiere die Emissionsfaktoren für eine Fütterung ohne Silage (im Inventar verwendete Emissionsfaktoren fett gedruckt).

EMEP(2016)-3B-35 betont die sehr große Unsicherheit der Emissionsfaktoren, macht aber keine quantitativen Angaben dazu. Für das deutsche Inventar wird angenommen, dass die Unsicherheit der NMVOC-Emissionsfaktoren im Bereich der Unsicherheit der PM-Emissionsfaktoren liegt (Faktor 3, siehe Kapitel 3.3.4.5). Da diese erheblich größer ist als die Unsicherheit der Tierzahlen, ist die Unsicherheit der resultierenden NMVOC-Emissionen in der gleichen Größenordnung zu erwarten wie die Unsicherheit des Emissionsfaktors. Die Verteilung ist asymmetrisch (Lognormal-Verteilung).

**Table 3.4: Emission factors  $EF_{\text{NMVOC, MM}}$  used for NMVOC emissions from manure management**

Animal subcategories	Emission factor for NMVOC with silage feeding	Emission factor for NMVOC without silage feeding
	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Dairy cows	<b>17.937</b>	8.047 <sup>a</sup>
Other cattle (calves, heifers, male beef cattle, suckler cows, mature males > 2 years)	<b>8.902</b>	3.602 <sup>a</sup>
Sows, breeding boars	-	<b>1.704</b>
Fattening pigs, weaners	-	<b>0.551</b>
Adult sheep	0.279 <sup>a</sup>	<b>0.169</b>
Lambs <sup>b</sup>	0.112 <sup>a</sup>	<b>0.068</b>
Goats	0.624 <sup>a</sup>	<b>0.542</b>
Heavy horses <sup>c</sup>	<b>7.781</b>	4.275 <sup>a</sup>
Light horses and ponies <sup>d</sup>	<b>3.018</b>	1.470 <sup>a</sup>
Laying hens	-	<b>0.165</b>
Broilers and pullets	-	<b>0.108</b>
Geese, ducks, turkeys	-	<b>0.489</b>

Source: EMEP (2016)-3B-18, Table 3.4; **bold figures are used in the inventory.**

<sup>a</sup> EF not used in the German inventory

<sup>b</sup> refers to 40 % of the sheep EF in the EMEP table

<sup>c</sup> refers to horses in the EMEP table

<sup>d</sup> refers to mules and asses in the EMEP table

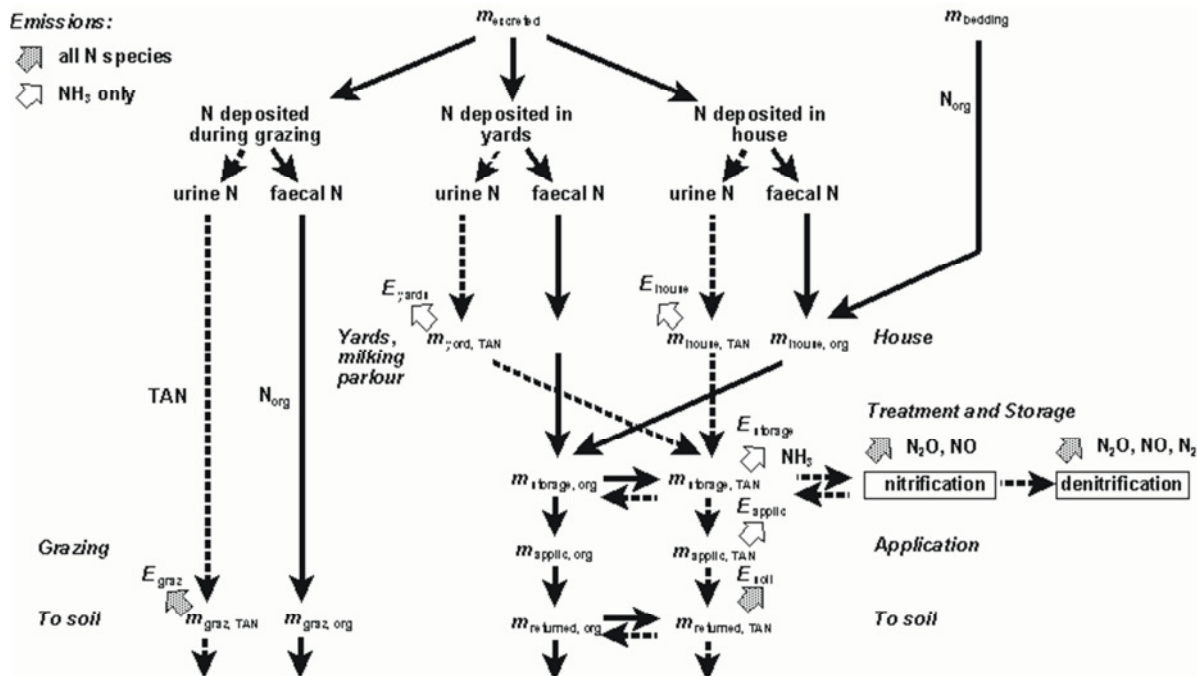
### 3.3.4.3 N emissions / N-Emissionen

#### 3.3.4.3.1 N mass flow concept / N-Massenfluss-Konzept

The N mass flow within the manure management system is treated according to DÄMMGEN and HUTCHINGS (2005), see also REIDY et al., 2008. Figure 3.4 depicts the general procedure.

Der N-Massenfluss im Wirtschaftsdünger-Management der Säugetiere wird nach DÄMMGEN und HUTCHINGS (2005) behandelt, siehe dazu auch REIDY et al., 2008. Figure 3.4 zeigt die allgemeine Vorgehensweise.

**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:  $E$  emissions of N species ( $E_{\text{yard}}$  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.

For Germany the term „yards“ is used only in context with emission calculations for dairy cows; it means „milking area“ and includes the milking parlour and the waiting yard. The calculation procedure pertaining to the N flux scheme is described in Chapter 3.3.4.3.5.

Starting point of the N flux scheme is the N excretion that is subdivided into organic N (excreted as faeces) and ammoniacal N (TAN, excreted as urine), see Chapter 3.3.3.2. However, differing from Figure 3.4, the different types of activity data for the emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  (TAN for  $\text{NH}_3$ , total N for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$ ) require the two N pools „total N“ (i. e. the sum of „organic N“ and „TAN“) and „TAN“ to be used throughout the entire the N flow concept rather than the pools of „organic N“ and „TAN“.

In order to account for different emission factors, the N flow concept partitions the N excretions of an animal between housing and pasture if grazing has to be considered. For dairy cows the milking area has to be taken into account in the excretion portioning. For an exemplary calculation of the excretion partitioning see Chapter 4.3.8.5.1.

Along the chain housing – storage – spreading, emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are calculated based on the contents of the two forementioned N pools (see Chapter 3.3.4.3.5). Along the chain these emissions gradually diminish the amount available of total N and TAN. For solid manure systems the contributions by bedding material are also taken into account; for details see Chapter 3.3.4.3.2. Transformation processes in the storage are described in Chapter 3.3.4.3.4.

In former emission reporting submissions (including that of 2012) the emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ -N, NO-N and  $\text{N}_2$  from storage had been subtracted from the TAN pool alone. With this method, the introduction of the new and markedly higher  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for solid manure storage in submission 2013 in some cases led to negative TAN amounts for the field application of solid manure. In order to avoid this problem, from submission 2013 onwards the nitrogen emitted with  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  is subtracted from the TAN and  $\text{N}_{\text{org}}$  pools proportionally to the contents of the pools (see Chapter 3.3.4.3.5, Equations (3.59) and

(3.60)). Nitrogen emitted with  $\text{NH}_3$  is still subtracted from the TAN pool only.

For animals that spend certain times on pasture, the calculation of emissions from grazing are calculated proportionally to the total N excretion and the time spent on pasture. These emissions are reported in the sector of managed agricultural soils, see Chapter 11.5.

For sake of clarity, Figure 3.4 does not distinguish between specific types of housing, storage and application. The types used in Germany are listed in the animal chapters from Chapter 4 onwards (see sub-chapters for the methane conversion factors and emission factors). It was also refrained from showing the flow of the nitrogen filtered by air scrubbing systems (see Chapter 3.3.4.4). (The inventory assumes that the nitrogen filtered by air scrubbing systems can be considered TAN and is added to the amount of TAN to be spread (without considering any N losses during storage).

Anzumerken ist, dass „yards“ in Deutschland für „Melkbereich“ beim Milchvieh steht, (Melkstand und Vorwarte Hof), sonst im Inventar aber nicht vorkommt. Die Umsetzung des Schemas in eine Berechnungsmethodik wird in Kapitel 3.3.4.3.5 beschrieben.

Ausgangspunkt des N-Fluss-Konzeptes ist die N-Ausscheidung, unterteilt in organisches N (ausgeschieden als Kot) und TAN (total ammoniacal nitrogen, ausgeschieden als Harn), siehe Kapitel 3.3.3.2. Aufgrund der unterschiedlichen Arten von Aktivitätsdaten für  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -, NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen (TAN für  $\text{NH}_3$ , Gesamt-N für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO- und  $\text{N}_2$ ) werden für die Inventarberechnungen allerdings abweichend von Figure 3.4 die beiden N-Pools „Gesamt-N“ (Summe von organischem N und TAN) und „TAN“ benötigt.

Im N-Fluss-Konzept werden, sofern Weidegang zu berücksichtigen ist, die tierischen Ausscheidungen zur Berücksichtigung unterschiedlicher Emissionsfaktoren auf Stall und Weide aufgeteilt; bei Milchkühen ist zusätzlich der Melkbereich zu berücksichtigen. Zur Berechnung der Aufteilung der N-Ausscheidungen siehe beispielhaft Kapitel 4.3.8.5.1.

Entlang der Kette Stall - Lager - Ausbringung werden aus den vorgenannten Pools  $\text{NH}_3$ -,  $\text{N}_2\text{O}$ -, NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.3.5). Dabei verringern sich verfügbares N und TAN von Bereich zu Bereich. Bei Festmistsystemen wird neben den tierischen Ausscheidungen zusätzlich noch der N-Eintrag durch das Einstreumaterial berücksichtigt, worauf Kapitel 3.3.4.3.2 noch näher eingeht. Transformationsprozesse im Lager werden in Kapitel 3.3.4.3.4 beschrieben.

Bis zur Berichterstattung 2012 einschließlich wurden  $\text{N}_2\text{O}$ -, NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen aus dem Bereich Stall/Lager allein vom TAN-Pool subtrahiert. Durch die Einführung des neuen, erheblich höheren nationalen  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für Festmistlagerung zur Berichterstattung 2013 ergab sich, dass damit negative TAN-Mengen bei der Mist-Ausbringung auftreten konnten. Um dies zu verhindern, wird seit der Berichterstattung 2013 das als  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  emittierte N anteilmäßig von TAN-Pool und  $\text{N}_{\text{org}}$ -Pool subtrahiert (proportional zum Inhalt der Pools, siehe Kapitel 3.3.4.3.5, Gleichungen (3.59) und

(3.60)). Als  $\text{NH}_3$  emittierter Stickstoff wird weiterhin nur vom TAN-Pool subtrahiert.

Bei Tieren mit Weidegang werden die weidebedingten Emissionen proportional zu N-Ausscheidung und anteiliger Verweildauer auf der Weide berechnet. Sie werden im Bereich „Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden“ in Kapitel 11.5 berichtet.

Um in Figure 3.4 die Übersichtlichkeit zu wahren, wurde darauf verzichtet, spezielle Stall- und Lagerformen sowie Ausbringungstechniken darzustellen. Details hierzu gehen aus den Unterkapiteln in den Tierbeschreibungen ab Kapitel 4 hervor, in denen Methanumwandlungsfaktoren und Emissionsfaktoren beschrieben werden. Ebenso wurde darauf verzichtet, den aus der Abluftreinigung im Stall (siehe Kapitel 3.3.4.4) resultierenden Stickstoff-Pfad abzubilden. (Das Inventar geht davon aus, dass das in Abluftreinigungsanlagen abgeschiedene N als TAN angesehen werden muss und ohne Lagerungs-

Digestion of manure and the storage of the residues (i. e. the combination of digester and residue storage) is considered a separate storage type. It is described in detail in Chapter 3.3.4.4.

In the emission reporting according to IPCC (2006) the manure management is assigned indirect  $N_2O$  emissions that result from transformation processes in soils forming indirect  $N_2O$  from the deposition of reactive nitrogen ( $NH_3$  and  $NO$ ) emitted from the manure management (housing and storage, including digestate of manure digestion) as well as indirect  $N_2O$  from leaching and runoff of N from the manure management (including anaerobic digestion of manure). For details see Chapter 3.3.4.3.6.

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, in principle, three fractions of N would have to be traced, as shown in Figure 3.5. However, the assumption made in the emission calculations that UAN can be treated as TAN (see Chapter 3.3.3.2) reduces the number of pools that need to be considered to the two pools "total N" and "TAN". Hence, the inventory treats poultry according to Figure 3.4.

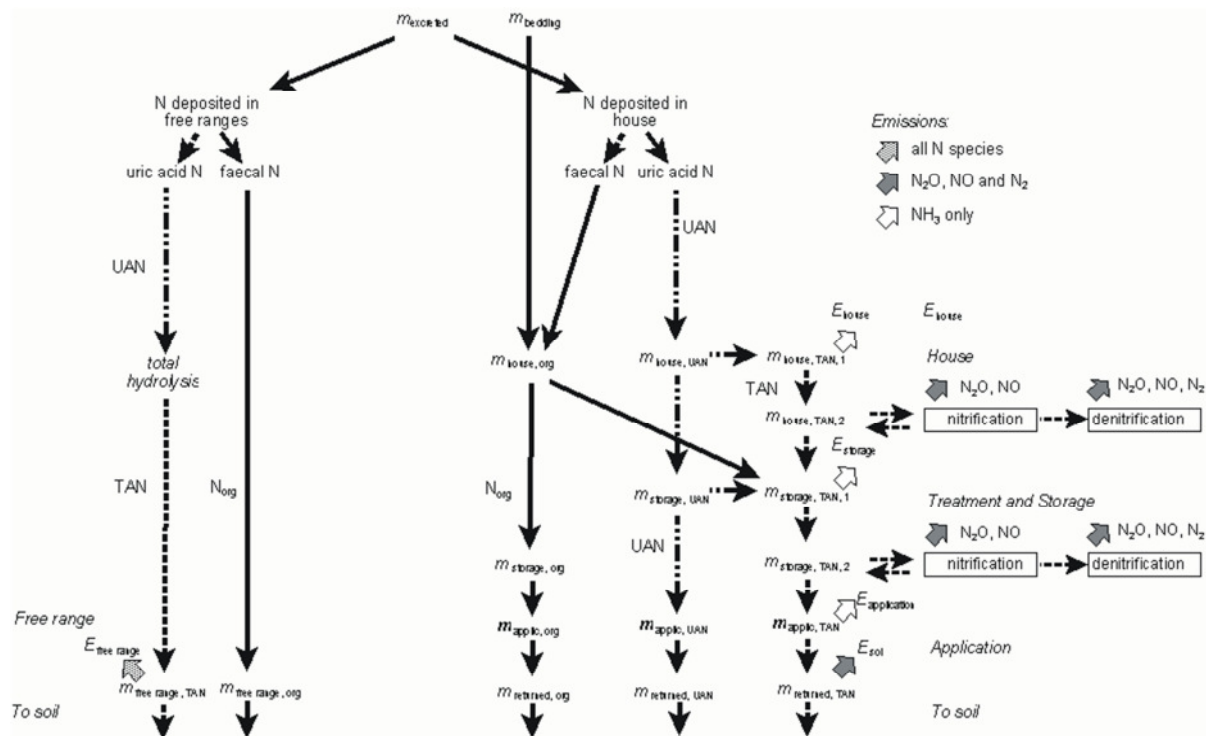
verluste mit unbehandelter Gülle ausgebracht wird.)

Auf die als eigenständiger Lagertyp betrachtete Vergärung von Wirtschaftsdünger incl. Gärrestelagerung sowie die Ausbringung von Gärresten aus vergorener Gülle geht Kapitel 3.3.4.4 ein.

In der Berichterstattung nach IPCC (2006) werden dem Wirtschaftsdünger-Management auch indirekte  $N_2O$ -Emissionen zugeordnet. Diese entstehen bei Umsetzungsprozessen in Böden aus reaktivem Stickstoff, der aus der Deposition von  $NH_3$  und  $NO$  aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management stammt, (Stall, Lager) sowie infolge von Auswaschung oder Oberflächenabfluss aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management. Auf Details geht Kapitel 3.3.4.3.6 ein.

Vögel scheiden N in Form von unverdaulichem organischen N und Harnsäure aus (uric acid nitrogen, UAN). Letztere hydrolysiert zu Ammoniumcarbonat (vgl. DÄMMGEN und ERISMAN, 2005). Es müssten also prinzipiell drei N Fraktionen im Massenfluss berücksichtigt werden. Figure 3.5 veranschaulicht dies. Durch die Annahme, dass UAN als TAN berücksichtigt werden kann (siehe Kapitel 3.3.3.2), reduziert sich in der Emissionsberechnung die Anzahl der zu berücksichtigenden N-Pools aber auf die zwei Pools „Gesamt-N“ und „TAN“. Daher wird Geflügel ebenfalls nach Figure 3.4 behandelt.

**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:  $E$  emissions of N species ( $E_{yard}$   $NH_3$  emissions from yards;  $E_{house}$   $NH_3$  emissions from house;  $E_{storage}$   $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO and  $N_2$  emissions from storage;  $E_{applic}$   $NH_3$  emissions during and after spreading. Broad open arrows mark emissions from soils:  $E_{graz}$   $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO and  $N_2$  emissions during and after grazing;  $E_{returned}$   $N_2O$ , NO and  $N_2$  emissions from soil resulting from manure input. For further information see text.

### 3.3.4.3.2 Bedding in solid-manure systems / Einstreu in Festmistsystemen

In the inventory, N input by bedding material is accounted for as N input with straw. The straw N amounts entering the system depend on animal categories and housing systems and will be listed in the subsequent animal chapters (s. Chapter 4 and subsequent chapters). An overview is given in the data collection provided with this report (see Chapter 2.4) in Table AI\_1005FHO.

Emission calculations for animals grazing all day (cattle except dairy cows, sheep) are based on the assumption that no bedding material is used during the grazing period.

N balance calculations are based on a mean dry matter content of straw of 0.86 kg kg<sup>-1</sup> (Faustzahlen, KTBL, 2009, p. 213) and a mean fresh matter-related N content of 0.005 kg kg<sup>-1</sup> N. These values are obtained from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2017). Hence, the N content of dry matter is close to 0.0058 kg kg<sup>-1</sup>. This N content is consistent with the N content used for the calculation of emissions from crop residues (see Table 11.8 in Chapter 11.7.1.5). All straw N is considered to be organic N, of which 50 % mineralize to TAN (expert judgement DÖHLER H, KTBL). Table 3.5 summarizes the relevant properties of straw as used in this inventory.

Das Inventar berücksichtigt N-Einträge durch Einstreu als N-Einträge durch Stroh. Die Einstreu-N-Mengen hängen von Tierart und Haltungsform ab und werden in den nachfolgenden Tier-Kapiteln angegeben (s. ab Kapitel 4). Eine Übersicht findet sich in der beiliegenden Datensammlung (siehe Kapitel 2.4) in Tabelle AI\_1005FHO.

Bei der Emissionsberechnung wird bei Tieren mit überwiegend ganztägigem Weidegang (Rinder ohne Milchkühe, Schafe) berücksichtigt, dass für die Zeit der Weideperiode keine Einstreu erfolgt.

Es wird von einer mittleren Stroh-Trockenmasse von 0,86 kg kg<sup>-1</sup> (Faustzahlen, KTBL, 2009, S. 213) und einem mittleren N-Gehalt von 0,005 kg kg<sup>-1</sup> in der Frischmasse ausgegangen (DÜNGEVERORDNUNG, 2017). Dementsprechend liegt der N-Gehalt in der Trockenmasse bei 0,0058 kg kg<sup>-1</sup>. Der N-Gehalt ist konsistent zu dem für die Berechnung von Emissionen aus Ernterückständen verwendeten N-Gehalt (siehe Table 11.8 in Kapitel 11.7.1.5). Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem nach einem Expertenurteil (DÖHLER H, KTBL) 50 % zu TAN mineralisieren. Table 3.5 zeigt eine Übersicht über die im Inventar zugrunde gelegten Stroh-Eigenschaften.

**Table 3.5: Straw properties in animal husbandry**

dry matter content (DM) <sup>a</sup>	0.86	kg kg <sup>-1</sup>
N content (related to DM) <sup>b</sup>	0.0058	kg kg <sup>-1</sup>
of which TAN <sup>c</sup>	50	%

Source: <sup>a</sup> KTBL (2009), p. 213; <sup>b</sup> DÜNGEVERORDNUNG (2017), p. 9 and 10; <sup>c</sup> Döhler (KTBL, expert judgement)

### 3.3.4.3.3 Air scrubbing (NH<sub>3</sub> and PM) / Abluftreinigung(NH<sub>3</sub> und Partikel)

Optionally, the inventory calculation procedure can take into account a mitigation of the NH<sub>3</sub> emissions and of particulate matter emissions from housing by a scrubber system.

Im Inventar ist die Möglichkeit gegeben, die Minderung der NH<sub>3</sub>-Emissionen und der Partikelemissionen aus dem Stall durch ein Abluftreinigungssystem zu berücksichtigen.

$$E_{\text{house, eff}} = E_{\text{house}} \cdot (1 - \varphi_{\text{as}}) \quad (3.31)$$

$E_{\text{house, eff}}$	ammonia emissions per place and year from the house after air scrubbing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{house}}$	ammonia emissions per place and year from the house before air scrubbing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\varphi_{\text{as}}$	removal efficiency of the air scrubber system (kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.4.5.2

For the filter efficiency  $\varphi_{\text{as}}$  see Chapter 3.4.5.2.

The calculation of national total emissions from emissions per animal place  $E_{\text{house, eff}}$  has to take into account the fraction of animal places equipped with air scrubbers.

Zur Filtereffizienz  $\varphi_{\text{as}}$  siehe Kapitel 3.4.5.2.

Für die Berechnung der nationalen Gesamtemission aus der tierplatzbezogenen Emission  $E_{\text{house, eff}}$  ist der relative Anteil der mit Abluftreinigungsanlagen ausgestatteten Tierplätze zu berücksichtigen.

$$E_{\text{house, nat}} = n_{\text{animal}} \cdot [E_{\text{house, eff}} \cdot x_{\text{as}} + E_{\text{house}} \cdot (1 - x_{\text{as}})] \quad (3.32)$$

$E_{\text{house, nat}}$	national total of ammonia emissions from housing (in kg a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{house, eff}}$	ammonia emissions per place and year from the house after air scrubbing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{house}}$	ammonia emissions per place and year from the house before air scrubbing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{as}}$	fraction of animal places equipped with air scrubbers (pl pl <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.4.5.2

The inventory assumes that the N filtered by air scrubbing systems is to be considered as TAN and is,

Das Inventar geht davon aus, dass das in Abluftreinigungsanlage abgeschiedene N als TAN angesehen wer-



without N losses from storage, added to the TAN pool of untreated slurry to be spreaded.

The mitigation of particulate matter emissions from housing by air scrubbing is calculated by analogy to the mitigation of NH<sub>3</sub> emissions. The inventory does not account for the fate of the filtered particulate matter.

den muss und ohne Lagerungsverluste mit dem Wirtschaftsdünger (Gülle) ausgebracht wird.

Die Minderung von Partikelemissionen aus dem Stall durch Abluftreinigung wird analog zur Minderung der NH<sub>3</sub>-Emissionen berechnet. Der Verbleib der ausgefilterten Partikel wird nicht weiter verfolgt.

#### 3.3.4.3.4 Transformation processes in the storage / Transformationsprozesse im Lager

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. (Due to lack of data, treatment of slurry is not considered in the inventory).

According to expert judgement of the EAGER working group it is assumed that in solid manure management systems of mammals 40 % of the TAN entering the storage will be immobilized, if enough bedding material is available (which is assumed to be true in the inventory).

In contrast to that, it is assumed that in poultry husbandry with bedding there is no immobilisation of UAN, because the preferably dry conditions in poultry husbandry impede the respective chemical processes.

According to expert judgement by HELMUT DÖHLER, (KTBL), the inventory assumes that in solid systems of mammals (except deep bedding and sloped floor) the N stored as *leachate* ("Jauche") is 25 % of the N excreted in the housing minus NH<sub>3</sub>-N emissions from housing. For sloped floor the inventory uses a lower value (13 %). Deep bedding does not produce leachate (0 %).

According to Table 2.14 in DÖHLER et al. (2002), the TAN content of *leachate* is set to 90 %.

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. (Güllebehandlung wird mangels Daten im Inventar nicht berücksichtigt.)

Nach Expertenurteil der EAGER-Arbeitsgruppe wird bei Säugetieren für Festmistsysteme angenommen, dass 40 % der ins Lager gelangenden TAN-Menge immobilisiert werden, sofern ausreichend Einstreu vorhanden ist (was im Inventar als gegeben vorausgesetzt wird).

In der Geflügelhaltung mit Einstreu wird dagegen davon ausgegangen, dass keine Immobilisierung von UAN erfolgt, da durch die möglichst trockenen Haltungsbedingungen die entsprechenden chemischen Prozesse verhindert werden.

Basierend auf einem Expertenurteil (HELMUT DÖHLER, KTBL) geht das Inventar davon aus, dass bei Säugetieren in Festmistsystemen (außer Tiefstreu und Tretmist) 25 % der N-Ausscheidungen im Stall abzgl. der NH<sub>3</sub>-N-Emissionen aus dem Stall als Jauche-N gelagert werden. Bei Tretmist wird ein niedrigerer Wert angesetzt: 13 %. Bei Tiefstreu entsteht keine Jauche (0 %).

Der TAN-Gehalt der Jauche wird nach Tabelle 2.14 in DÖHLER et al. (2002) mit 90 % angenommen.

#### 3.3.4.3.5 The emission calculation procedure / Berechnung der Emissionen

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

In order to assess emissions, the Tier 1 approach combines animal numbers with default emission factors, irrespective of the national N excretion data and the national characteristics in animal husbandry:

$$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i} = EF_{\text{NH}_3, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.33)$$

$$E_{\text{N}_2\text{O}, \text{MM}, i} = EF_{\text{N}_2\text{O}, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.34)$$

$$E_{\text{NO}, \text{MM}, i} = EF_{\text{NO}, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.35)$$

$$E_{\text{N}_2, \text{MM}, i} = EF_{\text{N}_2, \text{MM}, i} \cdot n_i \quad (3.36)$$

$E_{\text{NH}_3, \text{MM}, i}$  NH<sub>3</sub> emission from manure management of animal category i (in kg a<sup>-1</sup>)  
 $EF_{\text{NH}_3, \text{MM}, i}$  NH<sub>3</sub> emission factor for animal category i (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $n_i$  number of animal places for animal category i (in pl)  
 etc.

The N<sub>2</sub>O mentioned in this chapter is direct N<sub>2</sub>O. For indirect N<sub>2</sub>O from the deposition of reactive N emitted from housing and storage see Chapter 3.3.4.3.6.

Details for each animal category will be presented in the respective chapters as of Chapter 4.

Das Stufe-1-Verfahren kombiniert zur Berechnung von Emissionen Tierzahlen mit default-Emissionsfaktoren ohne Berücksichtigung der nationalen Ausscheidungen und Haltungsverfahren:

Bei N<sub>2</sub>O handelt es sich um direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen. Zu den indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge des Wirtschaftsdünger-Managements in Stall und Lager siehe Kapitel 3.3.4.3.6.

Zu Details siehe Tier-Kapitel ab Kapitel 4.

## Tier 2 and Tier 3 approach / Stufe-2- und Stufe-3-Verfahren

The equations described in the following are primarily based on equations given in EMEP (2016) for the Tier 2 methodology. This approach can be transformed into a Tier 3 methodology by using detailed methods to calculate the N excretions and/or national emission factors. The German inventory uses detailed methods for the calculation of N excretions for the important animal categories (e.g. dairy cows, fattening pigs, fattening poultry) and relies in many cases on national emission factors. According to EMEP (2016) a calculation scheme also qualifies as Tier 3 methodology if it considers mitigation measures. In the German inventory this is the case for NH<sub>3</sub> by taking into account emission reductions by air scrubbing.

Figure 3.4 shows the N flow system that is used to calculate the annual NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> emissions from each animal subcategory. This method reconciles the requirements of both the Atmospheric Emission Inventory Guidebook for NH<sub>3</sub> emissions EMEP (2016) and the IPCC for greenhouse gas emissions (DÄMMGEN and HUTCHINGS, 2008).

Initially the amount of the annual N excreted (see Chapter 3.3.3.2) that is deposited in the animal house, in yards and during grazing is calculated, 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.

$$m_{\text{graz}} = x_{\text{graz}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.37)$$

$$m_{\text{yard}} = x_{\text{yard}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.38)$$

$$m_{\text{house}} = x_{\text{house}} \cdot m_{\text{excr}} \quad (3.39)$$

$m_{\text{graz}}$	amount of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{graz}}$	share of nitrogen excreted on pasture (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excr}}$	amount of total nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3.3.2
$m_{\text{yard}}$	amount of nitrogen excreted in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{yard}}$	share of nitrogen excreted in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{house}}$	amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{house}}$	share of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The fraction of TAN in N excreted is to use to calculate the amounts of N readily convertible to ammonia (TAN) and organic N deposited during grazing, in yards and in the animal house.

$$m_{\text{graz, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{graz}} \quad (3.40)$$

$$m_{\text{graz, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{graz}} \quad (3.41)$$

$$m_{\text{yard, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{yard}} \quad (3.42)$$

$$m_{\text{yard, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{yard}} \quad (3.43)$$

$$m_{\text{house, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{house}} \quad (3.44)$$

Die im Folgenden beschriebenen Gleichungen beruhen zunächst auf den in EMEP (2016) angegebenen Gleichungen für das Stufe-2-Verfahren. Ein Stufe-3-Verfahren wird daraus, wenn – wie im deutschen Inventar für alle wichtigen Tierkategorien (z.B. Milchkühe, Mastschweine, Mastgeflügel) – detaillierte Verfahren zur Berechnung der N-Ausscheidungen verwendet werden und/oder nationale Emissionsfaktoren eingesetzt werden, wie das im deutschen Inventar vielfach der Fall ist. Ein weiterer Grund für eine Einstufung als Stufe-3-Verfahren ist nach EMEP (2016) die Berücksichtigung von Minderungsmaßnahmen, wie das im deutschen Inventar bei NH<sub>3</sub> durch die Berücksichtigung von Abluftreinigungsanlagen geschieht.

Das in Figure 3.4 illustrierte N-Flussschema wird zur Berechnung der Emissionen von NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> für jede Tier-Unterkategorie angewendet. Dieses Verfahren berücksichtigt sowohl die Erfordernisse des Atmospheric Emission Inventory Guidebook für NH<sub>3</sub> EMEP (2016) als auch der IPCC Guidelines für die Treibhausgase (DÄMMGEN und HUTCHINGS, 2008).

Für die Berechnung der Emissionen erfolgt zunächst die Berechnung der N-Mengen, die im Stall, auf befestigten Flächen oder während des Weidegangs ausgeschieden werden (siehe Kapitel 3.3.3.2). Hierzu werden die Gesamtausscheidungen mit Anteilen  $x_{\text{house}}$ ,  $x_{\text{yards}}$  bzw.  $x_{\text{graz}}$  multipliziert. Diese Anteile hängen davon ab, welche Zeiteile die Tiere auf der Weide, auf den befestigten Flächen und im Stall verbringen.

Mit dem TAN-Anteil der N-Ausscheidungen werden die Gehalte an rasch in Ammoniak umwandelbarem N (TAN) und organischem N berechnet, die auf der Weide, den befestigten Flächen und im Stall abgesetzt werden.



$$m_{\text{house, TAN}} = x_{\text{TAN}} \cdot m_{\text{house}} \quad (3.45)$$

$m_{\text{graz, org}}$  amount of organic nitrogen excreted by faeces on pasture (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $x_{\text{TAN}}$  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>)  
 etc.

For dairy cows the milking parlour has to be considered in addition to pasture and housing (and possibly yard). See Chapter 4.3.8.5.1.

Bei Milchkühen ist neben Weide und Stall (und evtl. Laufhof) zusätzlich noch der Melkstall zu berücksichtigen. Siehe dazu Kapitel 4.3.8.5.1.

By multiplying the amount of TAN  $m_{\text{TAN, house}}$  with the TAN related emission factor  $EF_{\text{house}}$  and the amount of TAN  $m_{\text{TAN, yard}}$  with the related emission factor  $EF_{\text{yard}}$  the NH<sub>3</sub>-N losses from the animal house,  $E_{\text{house}}$  and yard,  $E_{\text{yard}}$ , are calculated:

Durch Multiplikation der TAN-Menge mit den TAN-bezogenen Emissionsfaktoren für den Stall  $EF_{\text{house}}$  und befestigte Flächen  $EF_{\text{yard}}$  werden die NH<sub>3</sub>-N-Verluste aus dem Stall,  $E_{\text{house}}$  und den befestigten Flächen,  $E_{\text{yard}}$ , berechnet:

$$E_{\text{house}} = m_{\text{TAN, house}} \cdot EF_{\text{house}} \quad (3.46)$$

$$E_{\text{yard}} = m_{\text{TAN, yard}} \cdot EF_{\text{yard}} \quad (3.47)$$

$E_{\text{house}}$  NH<sub>3</sub>-N emission from the house (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $m_{\text{TAN, house}}$  amount of TAN excreted in the house (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $EF_{\text{house}}$  NH<sub>3</sub>-N ammonia emission factor for housing (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 etc.

The calculation of the emissions from grazing is described in Chapter 11.5.

Die Berechnung der Emissionen aufgrund von Weidegang ist in Kapitel 11.5 beschrieben.

Optionally, the inventory calculation procedure can take into account a mitigation of the NH<sub>3</sub> emissions (and of particulate matter emissions) from housing by a scrubber system (see Chapter 3.3.4.3.3). The filtered N is added to the TAN pool of slurry to be spread, see further down.

Das Inventar bietet die Option, die Minderung von NH<sub>3</sub>-Emissionen (sowie von Partikelemissionen) aus dem Stall durch ein Abluftreinigungssystem zu berücksichtigen (siehe Kapitel 3.3.4.3.3), wobei die ausgefilterte N-Menge als TAN in die Gülle-Ausbringung eingeht, siehe weiter unten.

For housing systems with bedding the bedding material is dealt with as straw and considered part of the nitrogen budget. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2. The amount of N contained in the bedding material ( $m_{\text{bedding}}$ ) is considered N<sub>org</sub> in straw.

Bei Haltungssystemen mit Einstreu wird die Einstreu als Stroh angesehen und in der N-Bilanz berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Die in der Einstreu enthaltene N-Menge ( $m_{\text{bedding}}$ ) wird zunächst als N<sub>org</sub> in Stroh berücksichtigt.

$$m_{\text{straw, org}}^* = m_{\text{bedding}} \quad (3.48)$$

$m_{\text{straw, org}}^*$  amount of organic nitrogen in straw used as bedding material (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $m_{\text{bedding}}$  amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

It is assumed that a certain fraction of the organic N in straw mineralizes to TAN (for the fraction  $x_{\text{min}}$  see Chapter 3.3.4.3.2):

Es wird eine Mineralisierung von organischem Strohn zu TAN angenommen (zur Mineralisierungsrate  $x_{\text{min}}$  siehe Kapitel 3.3.4.3.2):

$$m_{\text{straw, org}} = m_{\text{straw, org}}^* \cdot (1 - x_{\text{min, straw}}) \quad (3.49)$$

$$m_{\text{straw, TAN}} = m_{\text{straw, org}}^* \cdot x_{\text{min, straw}} \quad (3.50)$$

$m_{\text{straw, org}}$  amount of organic nitrogen in straw used as bedding material, after mineralisation (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $m_{\text{straw, org}}^*$  amount of organic nitrogen in straw used as bedding material (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $m_{\text{straw, TAN}}$  amount of TAN originating from straw used as bedding material (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $x_{\text{min, straw}}$  rate of mineralisation for straw used as bedding material (in kg kg<sup>-1</sup>)

For each animal category 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. Instead, in the following each type of storage systems is described as if it took all the N input from housing and yards.

In addition, slurry-based systems are distinguished according whether there is a storage of untreated slurry or a storage of digested slurry (including the digester).

For untreated slurry, it is assumed that a fraction  $x_{tra,sto}$  of the TAN entering storage is converted to  $N_{org}$ , while a fraction  $x_{tra,sto}$  of the  $N_{org}$  entering storage is converted to TAN.

$$m_{storage,org} = (m_{house,org} + m_{yard,org}) \cdot (1 - x_{tra,sto}) + [(m_{house,TAN} - E_{house}) + (m_{yard,TAN} - E_{yard})] \cdot x_{tra,sto} \quad (3.51)$$

$$m_{storage,TAN} = [(m_{house,TAN} - E_{house}) + (m_{yard,TAN} - E_{yard})] \cdot (1 - x_{tra,sto}) + (m_{house,org} + m_{yard,org}) \cdot x_{tra,sto} \quad (3.52)$$

$m_{storage,org}$	the amount of organic N entering storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{house,org}$	the amount of organic N that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{yard,org}$	the amount of organic N that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{tra,sto}$	fraction of transformation of N to TAN and vice versa (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3.4.3.4
$m_{house,TAN}$	the amount of TAN that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{house}$	the amount of N emitted during housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{yard,TAN}$	the amount of TAN that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{yard}$	the amount of N emitted from the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{storage,TAN}$	amount of TAN in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

In case animal manures are anaerobically digested the process of mineralization in the digester leads to an increase of the amount of TAN on the expense of the amount of  $N_{org}$ . In addition to this, anaerobic digestion needs consideration of other important aspects. Hence digestion is not explicitly accounted for in the equations presented here. The methodology for the calculation of emissions from anaerobic digestion is described in Chapter 3.3.4.4.

With mammals in solid manure systems it is assumed that the bedding material effects the immobilization of a certain fraction of TAN to  $N_{org}$  in the housing. For poultry husbandry with bedding it is assumed that there is no immobilisation of UAN.

Additionally, the N amount contributed by bedding material (i. e. straw) has to be taken into account.

These processes are described by the subsequent equations that calculate the amounts of  $N_{org}$  and TAN that enter storage.

$$m_{storage,org} = m_{house,org} + m_{yard,org} + [(m_{house,TAN} - E_{house}) + (m_{yard,TAN} - E_{yard})] \cdot x_{imm} + m_{straw,org} \quad (3.53)$$

$$m_{storage,TAN} = [(m_{house,TAN} - E_{house}) + (m_{yard,TAN} - E_{yard})] \cdot (1 - x_{imm}) + m_{straw,TAN} \quad (3.54)$$

$m_{storage,org}$	amount of organic nitrogen in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{house,org}$	the amount of organic N that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{yard,org}$	the amount of organic N that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

Getrennt für jede Tierkategorie gelangen die N-Mengen aus dem Stall und von den befestigten Flächen nach Abzug der dort emittierten N-Mengen in die entsprechenden Lagersysteme. Dies erfolgt getrennt nach Flüssigmist- und Festmistsystemen. Der Einfachheit halber werden im Folgenden diese beiden verschiedenen Systemkategorien so beschrieben, als wenn sie allein auftreten würden.

Bei güllebasierten Systemen wird zwischen der Lagerung von unbehandelter Gülle und der Vergärung von Gülle mit Gärrestelagerung unterschieden.

Für unbehandelte Gülle wird angenommen, dass von den in das Lager gelangenden TAN- und  $N_{org}$ -Fraktionen je ein relativer Anteil  $x_{tra,sto}$  in die jeweils andere Fraktion umgewandelt werden.

Wenn Wirtschaftsdünger in der Biogasanlage vergoren wird, steigt durch den Mineralisierungsprozess im Fermenter der relative Anteil von TAN auf Kosten von  $N_{org}$ . Da bei der Vergärung von Wirtschaftsdünger noch weitere Sonderbedingungen zu beachten sind, wird hier darauf verzichtet, die Vergärung in die Methodikgleichungen aufzunehmen. Zur Berechnung von Emissionen aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger wird stattdessen auf Kapitel 3.3.4.4 verwiesen.

Bei Säugetieren in Festmistsystemen wird davon ausgegangen, dass im Stall ein Teil der TAN-Menge durch die Einwirkung der Einstreu zu  $N_{org}$  immobilisiert. Bei Geflügel mit Einstreu wird von fehlender UAN-Immobilisierung ausgegangen.

Zusätzlich ist der  $N_{org}$ - und TAN-Beitrag aus der als Stroh angenommenen Einstreu zu berücksichtigen.

Diese Vorgänge werden durch die nachfolgenden Gleichungen beschrieben, die damit auch die  $N_{org}$ - und TAN-Mengen berechnen, die ins Lager gehen.

$m_{\text{house, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{house}}$	the amount of N emitted during housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$M_{\text{yard, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{yard}}$	the amount of N emitted from the yards (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{imm}}$	rate of immobilisation (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3.4.3.4
$m_{\text{storage, TAN}}$	amount of TAN in the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{straw, org}}$	amount of organic N input with straw (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3.4.3.2
$m_{\text{straw, TAN}}$	amount of TAN input with straw (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 3.3.4.3.2

When the N amount in a storage system is known, the N emission from that storage system can be calculated. Any calculation has to take into account that all emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are related to the overall N inputs (i.e. the inputs with faeces, urine and bedding material) and hence describe the overall emission from housing and storage.

According to IPCC (2006), i. e. as of Submission 2015, the fraction of indirect N<sub>2</sub>O emissions that is caused by emissions of NH<sub>3</sub> and NO from housing and storage is no longer reported among the emissions from agricultural soils but as a contribution by animal husbandry, see also Chapter 3.3.4.3.6. IPCC (2006) also requires the calculation of indirect N<sub>2</sub>O emissions from nitrogen leaching and runoff from storage. However, as leaching from storage is forbidden by law, it is not taken into account in the German inventory.

The calculations of emissions from untreated and digested manure are done separately, because the pertaining emission factors are different. The calculation is proportional to the amounts of N in manure that are transferred to the various storage types. For N emissions from digestion and storage of digestion residues see Chapters 3.3.4.4.2 and 3.3.4.4.3. Chapter 3.4.4.2.1 describes the relative share of manure N that is treated by anaerobic digestion.

Mit Kenntnis der N-Mengen im entsprechenden Lagersystem können die N-Emissionen aus diesem Lager berechnet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> auf die Summe der im Stall ausgeschiedenen N-Menge und des N-Eintrags durch Einstreu beziehen und jeweils die Gesamtemission aus Stall und Lager beschreiben.

Der Anteil der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen, der auf Emissionen von NH<sub>3</sub> und NO aus Stall und Lager zurückgeht, wird nach IPCC (2006) ab Submission 2015 nicht mehr in den Boden-Kapiteln beschrieben und berichtet, sondern in den Tier-Kapiteln, siehe dazu auch Kapitel 3.3.4.3.6. IPCC (2006) sieht ein analoges Vorgehen auch für die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen durch Versickerung während der Lagerung vor (Auswaschung). Eine solche Versickerung ist nach deutschen Gesetzen verboten und wird daher in Inventar nicht berechnet.

Die Berechnung der Emissionen aus unbehandeltem und vergorenem Wirtschaftsdünger erfolgt wegen unterschiedlicher Emissionsfaktoren getrennt und proportional zu den Gülle-N-Mengen, die in diese beiden verschiedenen Lagertypen eingebracht werden. Zu N-Emissionen aus Wirtschaftsdünger-Vergärung und Gärrestelagerung siehe Kapitel 3.3.4.4.2 und 3.3.4.4.3. Auf die Anteile der in die Vergärung eingehenden N-Mengen am Gesamt-N-Aufkommen geht Kapitel 3.4.4.2.1 ein.

$$E_{\text{storage, NH}_3\text{-N}} = m_{\text{storage, TAN}} \cdot EF_{\text{storage, NH}_3\text{-N}} \quad (3.55)$$

$$E_{\text{storage, N}_2\text{O-N}} + E_{\text{storage, NO-N}} + E_{\text{storage, N}_2} = (m_{\text{house}} + m_{\text{bedding}}) \cdot (EF_{\text{storage, N}_2\text{O-N}} + EF_{\text{storage, NO-N}} + EF_{\text{storage, N}_2}) \quad (3.56)$$

$E_{\text{storage, NH}_3\text{-N}}$	NH <sub>3</sub> -N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{storage, TAN}}$	modified amount of TAN passed to the storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{storage, NH}_3\text{-N}}$	NH <sub>3</sub> -N emission factor for storage (in kg kg <sup>-1</sup> )
$E_{\text{storage, N}_2\text{O-N}}$	N <sub>2</sub> O-N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{storage, NO-N}}$	NO-N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{storage, N}_2}$	N <sub>2</sub> emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{house}}$	amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{bedding}}$	amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{storage, N}_2\text{O-N}}$	N <sub>2</sub> O-N emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{storage, NO-N}}$	NO-N emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{storage, N}_2}$	N <sub>2</sub> emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg <sup>-1</sup> )

For the values of the emission factors for NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O see the respective sections from Chapter 4 onwards.

IPCC does not provide NO emission factors. A list of Tier 2 emission factors is given in EMEP(2016)-3B-30, Table 3.10. However, their origin cannot be found in the reference given. Hence it is assumed, according to

Für die Werte der NH<sub>3</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren siehe die entsprechenden Unterkapitel ab Kapitel 4.

IPCC gibt keine Emissionsfaktoren für NO an. In EMEP(2016)-3B-30, Table 3.10, findet sich eine Liste von NO-Emissionsfaktoren für das Stufe-2-Verfahren, deren Herkunft anhand der angegebenen Quelle aber nicht nachvollziehbar ist. Für den NO-N-Emissionsfaktor wird

HAENEL et al. (2012), that the NO-N emission factor is one tenth of the N<sub>2</sub>O-N emission factor.

Following JARVIS and PAIN (1994), the emission factor for N<sub>2</sub> is assumed to be three times the N<sub>2</sub>O-N emission factor.

Alltogether, the following relation of N<sub>2</sub>O-N, NO-N and N<sub>2</sub> emission factors for housing and storage is used in the German emission inventory:

$$EF_{\text{storage,NO-N}} = 0.1 \cdot EF_{\text{storage,N2O-N}} \quad (3.57)$$

$$EF_{\text{storage,N2}} = 3 \cdot EF_{\text{storage,N2O-N}} \quad (3.58)$$

$EF_{\text{storage, N2O-N}}$	N <sub>2</sub> O-N emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{storage, NO-N}}$	NO-N emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{storage, N2}}$	N <sub>2</sub> emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg <sup>-1</sup> )

NO emissions originating from the agricultural sector are reported (as NO<sub>x</sub>). However, as they had not been accounted for in the definition of the national emission ceiling (NEC Directive 2001/81/EC, 1051 Gg a<sup>-1</sup>) they are subtracted from the national total of NO<sub>x</sub> emissions by adjustment before the national total of NO<sub>x</sub> is checked for compliance with the NEC threshold value.

During storage of solid manure the formation of leachate is possible, see Chapter 3.3.4.3.4. The amounts of N<sub>org</sub> and TAN that are diverted into leachate are subtracted from the respective amounts produced in the storage of solid manure and treated separately as spreading of leachate and solid manure is different.

The following equations are used to calculate N<sub>org</sub> and TAN that is applied to the field, remembering to subtract the emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from the storage. The NH<sub>3</sub> emissions are completely subtracted from the TAN pool, while the emissions of N<sub>2</sub>O-N, NO-N and N<sub>2</sub> are partitioned between TAN and N<sub>org</sub> using a partitioning factor  $f_{\text{TAN}}$  ( $0 \leq f_{\text{TAN}} \leq 1$ ). For  $f_{\text{TAN}}$  it is plausible to choose the relative TAN content, i. e. the amount of TAN divided by the amount of total N which is the sum of TAN and N<sub>org</sub>.

$$m_{\text{applic, org}} = m_{\text{storage, org}} - (1 - f_{\text{TAN}}) \cdot (E_{\text{storage, N2O-N}} + E_{\text{storage, NO-N}} + E_{\text{storage, N2}}) \quad (3.59)$$

$$m_{\text{applic, TAN}} = m_{\text{storage, TAN}} - E_{\text{storage, NH3-N}} - f_{\text{TAN}} \cdot (E_{\text{storage, N2O-N}} + E_{\text{storage, NO-N}} + E_{\text{storage, N2}}) \quad (3.60)$$

$m_{\text{applic, org}}$	amount of organic nitrogen passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{applic, TAN}}$	amount of TAN passed to application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{storage}}$	total N emissions (NH <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O, NO and N <sub>2</sub> ) from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$f_{\text{TAN}}$	fraction of N <sub>2</sub> O-N, NO-N and N <sub>2</sub> emitted from the TAN pool

The emissions of N<sub>2</sub>O are calculated as follows (emissions of NO and N<sub>2</sub> by analogy):

$$E_{\text{N2O-N}} = (m_{\text{house}} + m_{\text{bedding}}) \cdot EF_{\text{N2O-N}} \quad (3.61)$$

daher nach HAENEL et al. (2012) angenommen, dass er einem Zehntel des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors entspricht.

Der Emissionsfaktor für N<sub>2</sub> wurden nach JARVIS & PAIN (1994) als das Dreifache der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktoren angesetzt.

Insgesamt gilt damit im deutschen Inventar für die Verhältnisse der N<sub>2</sub>O-N-, NO-N- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren für Stall und Lager zueinander:

Die NO-Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft werden zwar berichtet (als NO<sub>x</sub>); da sie aber nicht Bestandteil der Festlegung der nationalen Obergrenze (NEC Richtlinie 2001/81/EC, 1051 Gg a<sup>-1</sup>) waren, werden sie vor Prüfung der deutschen NO<sub>x</sub>-Gesamtemission auf Einhaltung der NEC-Obergrenze durch ein Adjustmentverfahren wieder abgezogen.

Im Festmistlager kann Jauche entstehen, siehe Kapitel 3.3.4.3.4. Die in die Jauche gehenden Mengen von N<sub>org</sub> und TAN sind von den im Festmistlager insgesamt angefallenen Mengen von N<sub>org</sub> und TAN zu subtrahieren und separat weiterzuverfolgen, da Jauche und Festmist bei der Ausbringung unterschiedlich behandelt werden.

Die folgenden Gleichungen ermitteln unter Berücksichtigung von NH<sub>3</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen aus dem Lager die zur Ausbringung gelangenden N<sub>org</sub> und TAN-Mengen. Dabei werden die NH<sub>3</sub>-Emissionen vollständig aus dem TAN-Pool abgezogen, während die übrigen Emissionsverluste mithilfe eines Faktors  $f_{\text{TAN}}$  ( $0 \leq f_{\text{TAN}} \leq 1$ ) auf N<sub>org</sub>- und TAN-Pool aufgeteilt werden. Für  $f_{\text{TAN}}$  wird in plausibler Weise der relative TAN-Gehalt gewählt, der sich als Quotient von TAN zu Gesamt-N-Menge (= TAN + N<sub>org</sub>) ergibt.

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Lager werden dafür wie folgt berechnet (analog für NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen):

$E_{\text{storage, N}_2\text{O-N}}$	N <sub>2</sub> O-N emissions from storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{house}}$	amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{bedding}}$	amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N}}$	N <sub>2</sub> O-N emission factor (combined for house and storage) (in kg kg <sup>-1</sup> )

This calculation procedure applies separately to the various storage types, which requires to attribute fractions of  $m_{\text{storage, org}}$  and  $m_{\text{storage, TAN}}$  to the various storage systems according to their respective frequency. It is taken into account that the digestion of slurry and the storage of the residues (i. e. the combination of digester and residue storage) is considered a separate storage type (see Chapter 3.3.4.4).

All nitrogen leaving the various storage systems (separately for the different animal categories and separately for untreated and digested manure) is added up and redistributed to the different types of spreading according to the respective frequencies. The N filtered by air scrubbing systems in the housing is added to the TAN pool of untreated slurry to be spreaded. The emission of NH<sub>3</sub>-N during and immediately after field application is calculated as follows (for the emissionfactor see animal descriptions in Chapters 4 et seq.):

Diese Berechnung ist für die verschiedenen Lagerverfahren getrennt vorzunehmen, wozu  $m_{\text{storage, org}}$  und  $m_{\text{storage, TAN}}$  entsprechend der relativen Häufigkeit der Lagerverfahren auf diese aufgeteilt werden. Dabei wird im GAS-EM-Modell berücksichtigt, dass die Güllevergärung (incl. Gärrestelagerung) nach dem Konzept in IPCC (2006) einen eigenständigen Typ von Lagerverfahren darstellt (siehe Kapitel 3.3.4.4).

Die aus den Lagersystemen zur Ausbringung kommenden N-Mengen (getrennt für jede Tierkategorie und für unbehandelten und vergorenen Wirtschaftsdünger) werden zusammengefasst und nach den gegebenen Häufigkeiten auf die verfügbaren Ausbringungstechniken verteilt. Das von Abluftreinigungsanlagen im Stall ausgefilterte N wird zu der zur Ausbringung vorgesehenen TAN-Menge von unbehandelter Gülle addiert. Die NH<sub>3</sub>-N-Emissionen, die sich unmittelbar aus der Ausbringung ergeben, werden dann wie folgt berechnet (zum Emissionsfaktor siehe Tierbeschreibungen ab Kapitel 4):

$$E_{\text{applic, NH}_3} = m_{\text{applic, TAN}} \cdot EF_{\text{applic, NH}_3} \quad (3.62)$$

$E_{\text{applic, NH}_3}$	NH <sub>3</sub> -N emissions from application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{applic, TAN}}$	amount of TAN passed to the application (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{applic, NH}_3}$	NH <sub>3</sub> -N emission factor for application (in kg kg <sup>-1</sup> )

The NH<sub>3</sub> emissions during grazing are calculated proportionally to the amount of TAN excreted on pasture:

Die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Weidegang werden proportional zu der auf der Weide ausgeschiedenen TAN-Menge berechnet:

$$E_{\text{graz, NH}_3} = m_{\text{graz, TAN}} \cdot EF_{\text{graz, NH}_3} \quad (3.63)$$

$E_{\text{graz, NH}_3}$	NH <sub>3</sub> -N emissions during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{graz, TAN}}$	amount of TAN excreted during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{graz, NH}_3}$	NH <sub>3</sub> -N emissions during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

According to IPCC (2006) The N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils are to be calculated proportionally the amounts of N applied to the soils. This means that N losses by NH<sub>3</sub> emissions during spreading must not be subtracted before calculating N<sub>2</sub>O from the soils. Hence the N flux scheme is no longer applicable. For details regarding the calculation of N emissions from agricultural soils (including emissions of NO and N<sub>2</sub>) see Chapter 11.

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden sind laut IPCC (2006) proportional zur N-Menge zu berechnen, die zur Ausbringung kommt, also ohne Abzug der bei der Ausbringung entstehenden NH<sub>3</sub>-N-Emissionen. Damit kann in diesem Bereich das N-Fluss-Prinzip nicht konsequent fortgesetzt werden. Zu Details im Zusammenhang mit der Berechnung von N-Emissionen (einschließlich NO- und N<sub>2</sub>) aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden siehe Kapitel 11.

#### 3.3.4.3.6 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

In the emission reporting according to IPCC (2006) the manure management is assigned indirect N<sub>2</sub>O emissions that result from transformation processes in soils forming indirect N<sub>2</sub>O from the deposition of reactive nitrogen (NH<sub>3</sub> and NO) emitted from the manure management (housing and storage, including digestate of

In der Berichterstattung nach IPCC (2006) werden dem Wirtschaftsdünger-Management (Sektor 3.B) auch indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen zugeordnet. Diese entstehen bei Umsetzungsprozessen in Böden aus reaktivem Stickstoff, der aus der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management stammt,

manure digestion) as well as indirect N<sub>2</sub>O from leaching and runoff of N from manure management (including anaerobic digestion of manure). However, leaching and/or uncontrolled surface runoff from manure management (including management of digestate) is forbidden by law on grounds of protection of inshore waters (EU Nitrate Directive (EU, 1991)). Hence, no indirect N<sub>2</sub>O from leaching and runoff was calculated for the manure management. This was done so for all years since 1990, meaning a conservative assumption as the nitrogen not emitted by indirect N<sub>2</sub>O from leaching and runoff is spreaded and causes therefore higher N<sub>2</sub>O emissions.

The indirect N<sub>2</sub>O emissions from deposition of NH<sub>3</sub> and NO from manure management (housing and storage; spreading excluded) are calculated proportionally to the amount of N deposited as described in IPCC (2006)-11.21):

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, indirect, MM}} = (E_{\text{NH}_3\text{-N, MM}} + E_{\text{NO-N, MM}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}} \quad (3.64)$$

$E_{\text{N}_2\text{O-N, indirect-MM}}$	indirect N <sub>2</sub> O-N emissions due to deposition of NH <sub>3</sub> -N and NO-N emitted from manure management (including digestate of manures), without spreading (kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, MM}}$	total NH <sub>3</sub> -N emissions from manure management (including digestate of manures), without spreading (kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{NO-N, MM}}$	total NO-N emissions from manure management (including digestate of manures), without spreading (kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$	emission factor of indirect N <sub>2</sub> O-N due to deposition (kg kg <sup>-1</sup> ), see below

For the calculation of emissions of NH<sub>3</sub> and NO from housing and storage (including storage of digestate from manure) see Chapter 3.3.4.3.5 and the animal chapters as of Chapter 4.

The emission factor  $EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$  is given as 0.01 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.3, an uncertainty range of 0.002 kg kg<sup>-1</sup> to 0.05 kg kg<sup>-1</sup> is given for the N<sub>2</sub>O-N emission factor. This interval is assumed to be the 95 % confidence interval. The difference between the upper limit of the confidence interval and the emission factor amounts to 400 % of the emission factor. The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor is 80 % of the emission factor. According to IPCC(2006)-3.29 the higher percentage (400 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 14.6). Due to the asymmetry a lognormal distribution is assumed.

The uncertainty of the activity data, i. e. of the sum  $E_{\text{NH}_3\text{-N, MM}} + E_{\text{NO-N, MM}}$  in the equation given above, is estimated as follows: For the NH<sub>3</sub> emissions from manure management the uncertainty estimate derived in Chapter 14.5 is 36 %. There is no such estimate for the NO-N emissions, but that unknown uncertainty will be in the same order of magnitude like that of the NH<sub>3</sub> emissions. However, the NO-N emissions are quite small compared to the NH<sub>3</sub>-N emissions; hence, according to Chapter 14.2, the uncertainty of the NO-N uncertainty can be considered almost negligible. As a consequence it seems reasonable to conservatively estimate the total

sowie infolge von Auswaschung oder Oberflächenabfluss aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management. Allerdings sind Versickerung oder unkontrollierter oberirdischer Abfluss aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management aus Gründen des Gewässerschutzes zu vermeiden (EU-Nitrat-Richtlinie 1991 (EU, 1991)). Daher wurden keine indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Auswaschung/ Oberflächenabfluss berechnet. Dies erfolgte für alle Jahre ab 1990, was bzgl. der Gesamt-N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft eine konservative Annahme darstellt, da der nicht durch N<sub>2</sub>O aus Auswaschung/Oberflächenabfluss verloren gegangene Stickstoff ausgebracht wird und dabei höhere N<sub>2</sub>O-Emissionen verursacht.

Die indirekten N<sub>2</sub>O-N-Emissionen als Folge der Deposition von NH<sub>3</sub> und NO aus Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management (ohne Ausbringung) werden nach IPCC (2006)-11.21 proportional zur deponierten N-Menge berechnet:

Zur Berechnung der NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus Stall und Wirtschaftsdüngerlager (incl. Wirtschaftsdünger-Gärreste) siehe Kapitel 3.3.4.3.5 und in den Tierkapiteln ab Kapitel 4.

Der Emissionsfaktor  $EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$  wird mit 0,01 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N angesetzt (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.3, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,002 kg kg<sup>-1</sup> bis 0,05 kg kg<sup>-1</sup> angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Dabei entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 400 % des Emissionsfaktors, das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor 80 %. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, d. h. 400 %. Aufgrund der Asymmetrie wird Lognormalverteilung angenommen.

Die Unsicherheit des Aktivitätswertes, d. h. der Summe  $E_{\text{NH}_3\text{-N, MM}} + E_{\text{NO-N, MM}}$  in obiger N<sub>2</sub>O-N-Gleichung wird wie folgt geschätzt: Für die NH<sub>3</sub>-N-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management ergibt die Abschätzung in Kapitel 14.5 eine Unsicherheit von 36 %. Eine vergleichbare Abschätzung für die NO-N-Emissionen gibt es zwar nicht, die Unsicherheit wird aber in der gleichen Größenordnung wie für NH<sub>3</sub> liegen. Wegen der im Vergleich zu NH<sub>3</sub>-N aber sehr geringen NO-N-Emissionen fällt die NO-N-Unsicherheit nach Kapitel 14.2 allerdings kaum ins Gewicht. Es erscheint deshalb sinnvoll, die gesuchte Gesamtunsicherheit des

uncertainty of the activity data with 40 %. The exact value is of no concern due to the fact that the uncertainty of the resulting emissions is dominated by the high uncertainty of the emission factor (see above and Table 14.1).

Indirect N<sub>2</sub>O emissions as a consequence of spreading of manure (including and digestate of manure) are reported in Sector 3.D. For the calculation procedures see Chapter 12.

#### 3.3.4.4 *Digestion of manure and management of the digestate / Vergärung von Wirtschaftsdünger einschließlich Gärreste-Management*

According to IPCC (2006), Tabelle 10.17, the combination of anaerobic digestion of animal manures and the storage of the resulting digestates represent a particular type of storage. For reasons of consistency, this IPCC concept, which is specified for the greenhouse gases CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O, was also adopted in the German inventory for the calculations of NH<sub>3</sub> and other N species. For this, Germany developed a national Tier 2 methodology, which is used instead of the simpler Tier 1 NH<sub>3</sub> methodology of EMEP (2016). In addition to the EMEP Tier 1 methodology it also allows the calculation of the remaining N species (see Chapters 3.3.4.4.2 und 3.3.4.4.3).

In practice, animal manures are digested along with energy crops and different types of organic waste in varying combinations (co-fermentation). However, as the digestion of organic waste is not a part of the agricultural inventory, it is not taken into account in the following.

The agricultural inventory considers the anaerobic digestion of the following categories of manures: cattle and pig slurry, cattle farmyard manure and poultry manure. The digestion of pig farmyard manure is irrelevant with respect to its relative share of total manure; in addition data is scarce. Hence digestion of pig farmyard manure is neglected in the inventory.

The co-fermentation of manure and energy crops influences the emission-relevant parameters of the digestate during storage and spreading. However, the emission calculations are done separately for manure and digestion of energy crops in order to be able to report these emissions separately. The digestion of manure is described in the following; for the digestion of energy crops see Chapter 3.3.5. Both for manure and energy crops the methodology is based on a national concept (HAENEL und WULF, 2016), that represents a widened version of the IPCC concept for green house gas emissions and an approach for NH<sub>3</sub> emissions that works by analogy to the green house gas concept.

The concept of anaerobic digestion of animal manures takes into account emissions from pre-storage of the substrates, from the digester and from the management of the digestate (storage and spreading). For the storage of digestate two different types of storage are considered: open storage and (technically) gastight storage. Technically gastight storage is defined as gastight storage where, however, inadvertent emissions

Aktivitätswertes konservativ mit 40 % abzuschätzen. Der genaue Wert ist wegen der Dominanz der Unsicherheit des Emissionsfaktors (s. o. und Table 14.1) unerheblich für die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.

Nach IPCC (2006), Tabelle 10.17, gilt die Kombination anaerober Vergärung von Wirtschaftsdünger und der Lagerung der resultierenden Gärreste als eigenständiger Lager-Typ. Dieses für die Treibhausgase CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O vorgegebene IPCC-Konzept wurde im deutschen Inventar aus Konsistenzgründen auch für die Berechnungen von NH<sub>3</sub> und anderen N-Spezies übernommen. Dafür entwickelte Deutschland eine nationale Stufe-2-Methodik, die statt der einfacheren Stufe-1-NH<sub>3</sub>-Methodik von EMEP (2016) angewendet wird, und zusätzlich zur EMEP-Stufe-1-Methodik auch die Berechnung der übrigen N-Spezies ermöglicht (siehe Kapitel 3.3.4.4.2 und 3.3.4.4.3).

In der Praxis wird Wirtschaftsdünger in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen zusammen mit Energiepflanzen und verschiedenen organischen Abfällen vergoren (Ko-Fermentierung). Die Vergärung organischer Abfälle ist nicht Gegenstand des landwirtschaftlichen Inventars und wird daher im Folgenden nicht berücksichtigt.

Das landwirtschaftliche Inventar berücksichtigt die Vergärung folgender Wirtschaftsdüngerarten: Rinder- und Schweinegülle, Rindermist und Geflügelkot. Die mengenmäßig unbedeutende und daher mit Daten schlecht belegte Vergärung von Schweinemist wird im Inventar nicht berücksichtigt.

Die Ko-Fermentierung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen beeinflusst die emissionsrelevanten Kennwerte der Gärreste bei Lagerung und Ausbringung. Für das Inventar erfolgt die Emissionsberechnung allerdings getrennt für Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen, damit die substratspezifischen Emissionen separat ausgewiesen werden können. Im Folgenden wird die Vergärung von Wirtschaftsdünger beschrieben; zur Vergärung von Energiepflanzen siehe Kapitel 3.3.5. In beiden Fällen basiert die Methodik auf einem nationalen Konzept (HAENEL und WULF, 2016), das im Bereich der Treibhausgase eine Erweiterung des IPCC-Konzeptes darstellt und für NH<sub>3</sub> einen analogen Ansatz ableitet.

Im Zusammenhang mit der Vergärung von Wirtschaftsdünger werden Emissionen aus der Vorlagerung des Gärsubstrats, der anschließenden Vergärung sowie dem Gärreste-Management (Lagerung und Ausbringung) berücksichtigt. Bei der Gärrestlagerung wird zwischen offener Lagerung und technisch gasdichter Lagerung unterschieden. Die technisch gasdichte Lagerung ist eine gasdichte Lagerung, bei der unbeabsichtigte Emissionen

due to leakage cannot be excluded. Hence a so-called leakage rate is considered in the emission calculations. In order to simplify notation the technically gastight storage will simply be denoted in the following as gas-tight storage.

For the emissions of CH<sub>4</sub> see Chapter 3.3.4.4.1; emissions of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are dealt with in Chapter 3.3.4.4.2 behandelt; Chapter 3.3.4.4.3 describes the emissions of NH<sub>3</sub>.

The amounts of N<sub>2</sub>O emitted from agricultural soils due to spreading of digestate are calculated along with the emission originating from spreading of untreated animal manures (see Chapter 11.2).

For the activity data needed for the calculation of emissions from digestion of animal manures and the management of digestate see Chapter 3.4.4.

#### 3.3.4.4.1 CH<sub>4</sub> emissions / CH<sub>4</sub>-Emissionen

According to IPCC (2006), Tabelle 10.17, the combination of anaerobic digestion of animal manures and the storage of the resulting digestate represent a particular type of storage. For this storage type the emissions of CH<sub>4</sub> are calculated as described in Chapter 3.3.4.1.

The methane conversion factor *MCF* needed for this methodology is to be calculated with Formula 1 provided in the footnote of Tabelle 10.17 in IPCC (2006). This *MCF* is an overall quantity that represents the emissions from two separate emission sources: Digester and storage of digestate. Formula 1 does not incorporate emissions that occur from storage of feedstock before being fed into the digester. However, an essential drawback of the IPCC (2006) Formula 1 is that the identical potential for CH<sub>4</sub> emission production (i. e. *VS·B<sub>0</sub>*) is used for the digester and the storage of digestate. This approach ignores that the CH<sub>4</sub> potential for the storage of digestate must be much lower due to the great amount CH<sub>4</sub> removed from the digester (CH<sub>4</sub> used for energy generation or CH<sub>4</sub> losses by leakage).

This problem is avoided when using the Formula 1 presented in IPCC (2000), pg. 4.36 (footnote). Like IPCC (2006) Formula 1 the IPCC (2000) Formula 1 describes the system "digester + storage of digestate". Hence IPCC (2000) Formula 1 continues to be used in the German emission calculations. It reads, adopting the way of notation used in the report at hand, as follows:

aufgrund von Leckage nicht ausgeschlossen werden können. Eine entsprechende Leckagerate wird in den Emissionsberechnungen berücksichtigt. Im Folgenden wird das technisch gasdichte Lager aber der Einfachheit halber als gasdichtes Lager bezeichnet.

Zu den Emissionen von CH<sub>4</sub> siehe Kapitel 3.3.4.4.1; N<sub>2</sub>O-, NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen werden in Kapitel 3.3.4.4.2 behandelt; Kapitel 3.3.4.4.3 geht auf die Emissionen von NH<sub>3</sub> ein.

Die als Folge der Gärreste-Ausbringung entstehenden bodenbürtigen N<sub>2</sub>O-Emissionen werden im Sektor Boden in Zusammenhang mit der Ausbringung von Wirtschaftsdünger berechnet (siehe Kapitel 11.2).

Auf die zur Emissionsberechnung im Zusammenhang mit der Vergärung von Wirtschaftsdünger erforderlichen Aktivitätsdaten geht Kapitel 3.4.4 ein.

Nach IPCC (2006), Tabelle 10.17, gilt die Kombination anaerober Vergärung von Wirtschaftsdünger und der Lagerung der resultierenden Gärreste als eigenständiger Lager-Typ, für den die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen prinzipiell wie in Kapitel 3.3.4.1 beschrieben erfolgt.

Der dafür benötigte Methan-Umwandlungsfaktor *MCF* soll nach Formula 1 in der Fußnote zu Tabelle 10.17 in IPCC (2006) berechnet werden. Dieser *MCF* stellt eine effektive Größe für zwei Emissionsbereiche dar: Fermenter und Gärrestlager. Eine vor dem Fermenter angeordnete Zwischen- oder Vorlagerung des Wirtschaftsdüngers ist in dieser Formula 1 nicht vorgesehen. Ein entscheidender Mangel von Formula 1 in IPCC (2006) ist allerdings, dass ein- und dasselbe CH<sub>4</sub>-Bildungspotential (d. h. *VS·B<sub>0</sub>*) sowohl für den Fermenter als auch für das Gärrestlager zugrunde gelegt wird. Damit wird ignoriert, dass das CH<sub>4</sub>-Bildungspotential für das Gärrestlager aufgrund der aus dem Fermenter (für Energieproduktion oder durch Leckage) entzogenen großen CH<sub>4</sub>-Menge viel kleiner sein muss.

Dieses Problem weist Formula 1 in IPCC (2000) S. 4.36 (Fußnote), die ebenfalls den *MCF* für das System „Fermenter + Gärrestlager“ beschreibt, nicht auf. Sie ist daher weiterhin Grundlage für die Emissionsberechnungen im deutschen Inventar. In der in diesem Bericht üblichen Schreibweise lautet Formula 1 von IPCC (2000):

$$MCF = \frac{v_{CH_4, \text{ prod}} - v_{CH_4, \text{ used}} - v_{CH_4, \text{ flared}} + MCF_{\text{residues}} \cdot (B_0 - v_{CH_4, \text{ prod}})}{B_0} \quad (3.65)$$

<i>MCF</i>	effective methane conversion factor for the combination "digester + storage" (in m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
<i>v</i> <sub>CH<sub>4</sub>, prod</sub>	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> )
<i>v</i> <sub>CH<sub>4</sub>, used</sub>	specific volume of methane used for energy production (related to VS input) (in m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> )
<i>v</i> <sub>CH<sub>4</sub>, flared</sub>	specific volume of methane flared (related to VS input) (in m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> )
<i>MCF</i> <sub>residues</sub>	methane conversion factor for the storage of digested manure (in m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
<i>B</i> <sub>0</sub>	maximum methane producing capacity, per kg of VS input (in m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup> )



In the German emission model, “digester” represents the system where the production of usable gas takes place. (In the inventory model GAS-EM, the fate of CH<sub>4</sub> produced in biogas plants for energy generation is not traced because this not required by the reporting guidelines.)

Hence, the model digester represents the total gas producing system found in practice, including all fermenters and all compartments with secondary digestion from where the gas produced is returned to use (e. g. in a local heating plant). This includes gastight storage compartments if they are connected to the gas collection system. Storage of digestate in the meaning of the IPCC concept is assumed to be a separate open storage.

In order to use Equation (3.65) for the calculation of the MCF of the system “digester + storage of digestate”, the quantities  $u_{CH_4, prod}$ ,  $u_{CH_4, used}$  and  $u_{CH_4, flared}$  that are unknown a priori have to be derived from known quantities. This is described in the following.

In practice the residence time necessary to fully exploit the maximum possible methane production  $B_o$  is not reached in the gas collection system. In the following the difference, i. e. the potentially still purgeable amount of gas ( $B_o - u_{CH_4, prod}$ ), is denoted as “potential of residual gas” that is assumed to be known and the ratio of which to  $B_o$  is described by the parameter  $\mu_{rg}$ :

$$\mu_{rg} = \frac{B_o - u_{CH_4, prod}}{B_o} \quad (3.66)$$

$\mu_{rg}$	relative potential of residual gas, related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{rg} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$B_o$	maximum methane producing capacity per kg of VS (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$u_{CH_4, prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )

The units of  $\mu_{rg}$  take into account that nominator as well as denominator in the equation given above equally relate to the amount of VS put into the biogas plant which means that it is not necessary to keep the VS unit (kg). For the value of  $\mu_{rg}$  used in the inventory see Chapter 3.4.4.2.2.

Equation (3.66) directly leads to:

$$u_{CH_4, prod} = (1 - \mu_{rg}) \cdot B_o \quad (3.67)$$

$u_{CH_4, prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$\mu_{rg}$	relative potential of residual gas, related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{rg} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$B_o$	maximum methane producing capacity, related to VS (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )

This means that  $u_{CH_4, prod}$  is predominantly determined by  $B_o$ . By multiplication with  $\mu_{rg}$  it is taken into account that, in practice, the maximum possible production of CH<sub>4</sub> is not attained.

The term  $u_{CH_4, prod} - u_{CH_4, used} - u_{CH_4, flared}$  in equation (3.65) is part of the digester’s methane balance (related to VS input) which can be completed by the methane loss  $u_{CH_4, leak}$  due to leakage.

Mit „Fermenter“ wird im deutschen Berechnungsmodell das System bezeichnet, in dem die Produktion von nutzbarem Gas stattfindet. (Im Inventarmodell GAS-EM wird der Verbleib dieser Gasmenge nicht weiter verfolgt, weil dies nicht zu den Berichtspflichten gehört.)

Der Modell-Fermenter entspricht damit dem in der Praxis vorzufindenden „gasführenden System“, also allen Fermentern und Nachgäreinheiten einer Biogasanlage, in denen das entstandene Gas kontrolliert der Nutzung (z. B. durch ein Blockheizkraftwerk) zugeführt wird. Ein gasdichtes Gärrestelager, sofern vorhanden, ist ebenfalls Teil dieses gasführenden Systems. Unter Gärrestelager im Sinne des IPCC-Konzeptes wird dagegen ein separates offenes Gärrestelager verstanden.

Um den MCF für das System „Fermenter + Gärrestlager“ nach Gleichung (3.65) zu berechnen, müssen die a priori nicht bekannten Größen  $u_{CH_4, prod}$ ,  $u_{CH_4, used}$  und  $u_{CH_4, flared}$  auf bekannte Größen zurückgeführt werden. Dies wird im Folgenden beschrieben.

In der Praxis wird im gasführenden System die notwendige Verweilzeit zum vollständigen Ausschöpfen der maximal möglichen Methanproduktionskapazität  $B_o$  nicht erreicht. Die daher potentiell noch freisetzbare Gasmenge  $B_o - u_{CH_4, prod}$  wird im Folgenden als „Restgaspotential“ bezeichnet, das als bekannt vorausgesetzt wird und dessen Verhältnis zu  $B_o$  durch die Größe  $\mu_{rg}$  beschrieben wird:

Bei der Einheit von  $\mu_{rg}$  ist berücksichtigt, dass sich sowohl Nenner als auch Zähler in obiger Gleichung in gleicher Weise auf die in die Biogasanlage eingebrachte VS-Menge beziehen, so dass die VS-Einheit (kg) nicht weiter mitgeführt werden muss. Zu dem für das Inventar verwendeten Wert von  $\mu_{rg}$  siehe Kapitel 3.4.4.2.2.

Aus Gleichung (3.66) folgt direkt:

Die Größe  $u_{CH_4, prod}$  wird also im Wesentlichen durch  $B_o$  bestimmt, wobei durch Multiplikation mit  $\mu_{rg}$  berücksichtigt wird, dass in der Praxis die maximal mögliche CH<sub>4</sub>-Ausbeute nicht erreicht wird.

Die Differenz  $u_{CH_4, prod} - u_{CH_4, used} - u_{CH_4, flared}$  in Gleichung (3.65) ist Teil der Methan-Bilanz des Fermenters (bezogen auf den VS-Eintrag), die durch den leakagebedingten CH<sub>4</sub>-Verlust  $u_{CH_4, leak}$  vervollständigt wird:

$$v_{\text{CH}_4, \text{ prod}} - v_{\text{CH}_4, \text{ used}} - v_{\text{CH}_4, \text{ flared}} - v_{\text{CH}_4, \text{ leak}} = 0 \quad (3.68)$$

$u_{\text{CH}_4, \text{ prod}}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$u_{\text{CH}_4, \text{ used}}$	specific volume of methane used for energy production (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$u_{\text{CH}_4, \text{ flared}}$	specific volume of methane flared (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$u_{\text{CH}_4, \text{ leak}}$	specific volume of methane due to leakage and maintenance works (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )

The loss of methane  $u_{\text{CH}_4, \text{ leak}}$  due to leakage is calculated as part of the total amount of  $\text{CH}_4$  produced in the digester. The ratio of these two quantities is defined as the leakage rate  $L_{\text{dig}}$  of the digester.  $L_{\text{dig}}$  is assumed to be known.

Der Leckagebedingte  $\text{CH}_4$ -Verlust  $u_{\text{CH}_4, \text{ leak}}$  wird als Teil der im Fermenter insgesamt produzierten  $\text{CH}_4$ -Menge berechnet. Das Verhältnis der beiden Größen wird durch die Leckagerate  $L_{\text{dig}}$  des Fermenters definiert, die als bekannt vorausgesetzt wird.

$$v_{\text{CH}_4, \text{ leak}} = L_{\text{dig}} \cdot v_{\text{CH}_4, \text{ prod}} \quad (3.69)$$

$u_{\text{CH}_4, \text{ leak}}$	specific volume of methane due to leakage and maintenance works (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$L_{\text{dig}}$	leakage rate of the digester, related to $\text{CH}_4, \text{ prod}$ (with $0 \leq L_{\text{dig}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$u_{\text{CH}_4, \text{ prod}}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )

The units of  $L_{\text{dig}}$  take into account that nominator as well as denominator in the equation given above equally relate to the amount of VS put into the biogas plant which means that it is not necessary to keep the VS unit (kg). For the value of  $L_{\text{dig}}$  used in the inventory see Chapter 3.4.4.2.2.

Bei der Einheit von  $L_{\text{dig}}$  wurde berücksichtigt, dass sich sowohl Nenner als auch Zähler in obiger Gleichung in gleicher Weise auf die in die Biogasanlage eingebrachte VS-Menge beziehen, so dass die VS-Einheit (kg) nicht weiter mitgeführt werden muss. Zu dem für das Inventar verwendeten Wert von  $L_{\text{dig}}$  siehe Kapitel 3.4.4.2.2.

Using equations (3.67) to (3.69), the difference of the three  $u_{\text{CH}_4}$  quantities in the nominator of Equation (3.65) can be transformed as follows:

Mithilfe der Gleichungen (3.67) bis (3.69) lässt sich die Differenz der drei  $u_{\text{CH}_4}$ -Größen im Zähler des Bruches in Gleichung (3.65) wie folgt umformen.

$$v_{\text{CH}_4, \text{ prod}} - v_{\text{CH}_4, \text{ used}} - v_{\text{CH}_4, \text{ flared}} = v_{\text{CH}_4, \text{ leak}} = L_{\text{dig}} \cdot (1 - \mu_{\text{rg}}) \cdot B_o \quad (3.70)$$

$u_{\text{CH}_4, \text{ prod}}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$u_{\text{CH}_4, \text{ used}}$	specific volume of methane used for energy production (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$u_{\text{CH}_4, \text{ flared}}$	specific volume of methane flared (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$u_{\text{CH}_4, \text{ leak}}$	specific volume of methane due to leakage and maintenance works (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$L_{\text{dig}}$	leakage rate of the digester, related to $\text{CH}_4, \text{ prod}$ (with $0 \leq L_{\text{dig}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$\mu_{\text{rg}}$	relative potential of residual gas, related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{\text{rg}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$B_o$	maximum methane producing capacity (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )

The term  $MCF_{\text{residues}} \cdot (B_o - u_{\text{CH}_4, \text{ prod}})$  in Equation (3.65) is transformed using equation (3.66):

Der Term  $MCF_{\text{residues}} \cdot (B_o - u_{\text{CH}_4, \text{ prod}})$  in Gleichung (3.65) wird mit Gleichung (3.66) umgeformt zu:

$$MCF_{\text{residues}} \cdot (B_o - v_{\text{CH}_4, \text{ prod}}) = MCF_{\text{residues}} \cdot \mu_{\text{rg}} \cdot B_o \quad (3.71)$$

$MCF_{\text{residues}}$	methane conversion factor for the storage of digested manure (in $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$B_o$	maximum methane producing capacity, per kg of VS input (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$u_{\text{CH}_4, \text{ prod}}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$\mu_{\text{rg}}$	relative potential of residual gas, related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{\text{rg}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )

Using equations (3.70) and (3.71) equation (3.65) becomes:

Mit Gleichung (3.70) und (3.71) wird Gleichung (3.65) zu:

$$MCF = (1 - \mu_{\text{rg}}) \cdot L_{\text{dig}} + \mu_{\text{rg}} \cdot MCF_{\text{residues}} \quad (3.72)$$

$MCF$	effective methane conversion factor for the combination "digester + storage" (in $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$\mu_{\text{rg}}$	relative potential of residual gas, related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{\text{rg}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$L_{\text{dig}}$	leakage rate of the digester, related to $\text{CH}_4, \text{ prod}$ (with $0 \leq L_{\text{dig}} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )
$MCF_{\text{residues}}$	methane conversion factor for the storage of digested manure (in $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$ ), see below

This allows the MCF to be calculated using the known parameters  $\mu_{\text{rg}}$ ,  $L_{\text{dig}}$  und  $MCF_{\text{residues}}$ . For  $\mu_{\text{rg}}$  and  $L_{\text{dig}}$

Damit kann der MCF mithilfe der bekannten Parameter  $\mu_{\text{rg}}$ ,  $L_{\text{dig}}$  und  $MCF_{\text{residues}}$  berechnet werden. Zu  $\mu_{\text{rg}}$  und

see Chapter 3.4.4.2.2. The calculation of  $MCF_{residues}$  is described in the following.

The German concept assume that even a gastight storage of digestate has a certain leakage. This leakage rate is described by the storage-specific leakage rate  $L_{sto, gt}$  ( $m^3 m^{-3}$ ), see Chapter 3.4.4.2.2. Taking into account the leakage rate and the relative share of gastight storage of digestate ( $x_{gts}$ , see Chapter 3.4.4.2.1), the resulting  $MCF_{residues}$  is given by:

$$MCF_{residues} = x_{gts} \cdot L_{sto, gt} + (1 - x_{gts}) \cdot MCF_{ngts} \quad (3.73)$$

$MCF_{residues}$	methane conversion factor for the storage of digested manure (in $m^3 m^{-3}$ )
$x_{gts}$	share of gastight storage of the digestate (with $0 \leq L_{sto, gt} \leq 1 m^3 m^{-3}$ )
$L_{sto, gt}$	leakage rate of the gastight storage (with $0 \leq L_{sto, gt} \leq 1 m^3 m^{-3}$ )
$MCF_{ngts}$	methane conversion factor for the non-gastight storage of digestate (in $m^3 m^{-3}$ )

For the  $MCF$  of the non-gastight storage ( $MCF_{ngts}$ ) see Chapter 3.4.4.2.2.

Biogas plants that are fed with animal manures have, as a rule, a pre-storage for the feedstock before it enters the digester. The  $CH_4$  losses from the pre-storage reduce the  $CH_4$  production potential in the digester and the storage of the digestate. This is taken into account in the German inventory model by modifying the IPCC (2000) Formula 1. As a consequence Equation (3.72) is transformed to the final  $MCF$  equation used in the inventory (for  $MCF_{ps}$  see Chapter 3.4.4.2.2):

$$MCF = MCF_{ps} + (1 - MCF_{ps}) \cdot [(1 - \mu_{rg}) \cdot L_{dig} + \mu_{rg} \cdot MCF_{residues}] \quad (3.74)$$

$MCF$	effective methane conversion factor for the combination "prestorage + digester + storage" (in $m^3 m^{-3}$ )
$MCF_{ps}$	methane conversion factor for prestorage (in $m^3 m^{-3}$ )
$\mu_{rg}$	relative potential of residual gas, related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{rg} \leq 1 m^3 m^{-3}$ )
$L_{dig}$	leakage rate of the digester, related to $CH_{4, prod}$ (with $0 \leq L_{dig} \leq 1 m^3 m^{-3}$ )
$MCF_{residues}$	methane conversion factor for the storage of digested manure (in $m^3 m^{-3}$ ), see above

Chapter 3.4.4.2.2 provides an assessment of the resulting  $MCF$  values in relation to  $MCF$  values obtained without digestion, and of the impact of anaerobic digestion on  $CH_4$  emissions from manure management.

$L_{dig}$  siehe Kapitel 3.4.4.2.2. Die Ermittlung von  $MCF_{residues}$  wird nachfolgend beschrieben.

Das deutsche Konzept geht davon aus, dass beim gasdichten Gärrestelager eine gewisse Leckage unterstellt werden muss, die durch die Leckagerate  $L_{sto, gt}$  ( $m^3 m^{-3}$ ) beschrieben wird. Zu  $L_{sto, gt}$  siehe Kapitel 3.4.4.2.2. Damit und unter Berücksichtigung des relativen Anteils der gasdichten Lagerung ( $x_{gts}$ , siehe Kapitel 3.4.4.2.1) ergibt sich für  $MCF_{residues}$ :

Zur Wahl des  $MCF$  für das nicht gasdichte Lager ( $MCF_{ngts}$ ) siehe Kapitel 3.4.4.2.2.

Biogasanlagen, in denen Wirtschaftsdünger vergoren wird, verfügen i. d. R. über eine Vorlagerung des Substrats, bevor es in den Fermenter gelangt. Die aus der Vorlagerung des Gärsubstrats erfolgenden  $CH_4$ -Emissionen reduzieren das Potential der  $CH_4$ -Entstehung in Fermenter und Gärrestelager. Dies wird im deutschen Inventarmodell über eine Ergänzung der IPCC-(2000)-Formula 1 berücksichtigt. Damit wird Gleichung (3.72) zu der schließlich im Inventar verwendeten Gleichung (zu  $MCF_{ps}$  siehe Kapitel 3.4.4.2.2):

Eine Bewertung der resultierenden  $MCF$ -Werte im Verhältnis zu  $MCF$ -Werten ohne Vergärung einschließlich der Auswirkung auf die  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management findet sich in Kapitel 3.4.4.2.2.

### 3.3.4.4.2 Emissions of $N_2O$ , $NO$ and $N_2$ / Emissionen von $N_2O$ , $NO$ und $N_2$

Table 3.6 gives an overview of how the German inventory calculates  $N_2O$  emissions from the various sub-systems of a biogas plant:

Table 3.6 vermittelt einen Überblick darüber, für welche Biogasanlagen-Teilsysteme das deutsche Inventar  $N_2O$ -Emissionen berechnet.

**Table 3.6: Digestion of manure,  $N_2O$  emissions**

	slurry	farmyard manure / poultry manure
prestorage	0	Equation (3.75)
digester	0	0
storage	0	0
	gastight	
	non gastight	Equation (3.76)

As a rule, during the short time of pre-storage of slurry along with effective mixing no natural crust can develop. In case a natural crust has developed there is no time to dry. As only a dry crust allows for nitrification of  $\text{NH}_4$  to  $\text{NO}_3$  as pre-stage for  $\text{N}_2\text{O}$ , the formation of emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from pre-storage of slurry is neglected in the inventory ( $EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ps}} = 0$ ; index PS meaning pre-storage).

On the other hand,  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from pre-storage of farmyard manure and poultry manure cannot be neglected. These emissions are calculated proportionally to the amount of N fed into the digestion (i. e. the sum of N excretions and N contributions by bedding material):

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ps}} = x_{\text{dig}} \cdot (N_{\text{excr}} + N_{\text{straw}}) \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ps}} \quad (3.75)$$

$E_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ps}}$	$\text{N}_2\text{O-N}$ emissions from pre-storage of farmyard manure or poultry manure to be digested, per place and year (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$x_{\text{dig}}$	fraction of farmyard manure or poultry manure that is digested (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$N_{\text{excr}}$	total amount of N excreted per place and year in solid manure systems or poultry housing (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$N_{\text{straw}}$	total amount of N added by bedding material, per place and year (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ps}}$	$\text{N}_2\text{O-N}$ emission factor for pre-storage of farmyard manure or poultry manure (in $\text{kg kg}^{-1}$ )

The calculation of emissions of  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  are performed by analogy. For the emission factors of  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  see Chapter 3.4.4.2.3.

The amounts of N lost by emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2$  and  $\text{NH}_3$  (for  $\text{NH}_3$  see Chapter 3.3.4.4.3) from pre-storage are subtracted from the amount of N fed into the pre-storage. The remaining amount of N enters the digester.

For the digester it is generally assumed that there are no emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ . ( $\text{N}_2\text{O}$  can be formed only if oxygen is available as in the beginning there is only  $\text{NH}_4$ .  $\text{NH}_4$  can be transformed into  $\text{N}_2\text{O}$  only by nitrification and denitrification of the resulting  $\text{NO}$ . For the nitrification oxygen is needed that, however, is not available in the digester in practice.) As there are no  $\text{NH}_3$  emissions from the digester as well (see Chapter 3.3.4.4.3), the total amount of N fed into the digester ( $N_{\text{digester}}$ ) can be assumed to leave the fermenter and enter the storage of digestate.

It is assumed for the gastight storage that, for the same reasons as for the digester (see above), there are no emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$ . Hence, emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from non-gastight storage represent the total emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from the storage of digestate.

Like for the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions, it is assumed for the non-gastight storage of digestate that a natural crust can develop the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor of which is different from zero. Like for untreated manure the emission factors for  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  are assumed to be proportional to the emission factor of  $\text{N}_2\text{O}$ .

Emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from non-gastight storage are calculated using the amount of N having passed the digester and entering the storage ( $N_{\text{digester}}$ ) and the

Bei Gülle-Vorlagerung wird i. d. R. durch kurze Verweilzeit und gute Durchmischung keine Schwimmdecke ausgebildet. Eine eventuell existierende Schwimmdecke trocknet nicht aus. Da nur in abtrocknenden Schwimmdecken Nitrifikation von  $\text{NH}_4$  zu  $\text{NO}_3^-$  als Vorstufe zur  $\text{N}_2\text{O}$ -Bildung stattfinden kann, wird die Bildung von  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen aus Gülle-Vorgruben vernachlässigt ( $EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, ps}} = 0$ ; der Index PS steht für pre-storage).

Bei der Vorlagerung von Mist und Geflügelkot sind die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen dagegen nicht vernachlässigbar. Sie werden proportional zu der in die Vergärung gehenden Summe von N-Ausscheidungen und Einstreu-N berechnet:

Die Berechnung der  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen erfolgt analog. Zu den Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 3.4.4.2.3.

Die N-Mengen, die aus dem Vorlager durch  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen sowie  $\text{NH}_3$ -Emissionen (siehe Kapitel 3.3.4.4.3) verloren gehen, werden von der ins Vorlager eingebrachten N-Menge subtrahiert. Die verbleibende N-Menge gelangt in den Fermenter.

Für den Fermenter wird generell davon ausgegangen, dass keine  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen entstehen. ( $\text{N}_2\text{O}$  kann nur in Anwesenheit von Sauerstoff gebildet werden, da zunächst nur  $\text{NH}_4$  vorliegt. Aus diesem kann  $\text{N}_2\text{O}$  nur über Nitrifikation und anschließender Denitrifikation des  $\text{NO}$  gebildet werden. Für die Nitrifikation ist Sauerstoff notwendig, der im Fermenter praktisch nicht vorhanden ist.) Da aus dem Fermenter auch keine  $\text{NH}_3$ -Emissionen erfolgen (siehe Kapitel 3.3.4.4.3), gelangt die gesamte N-Menge, die in den Fermenter eingebracht wurde, unvermindert in das Gärrestelager ( $N_{\text{digester}}$ ).

Beim gasdichten Lager wird aus den gleichen Gründen wie beim Fermenter (s. o.) davon ausgegangen, dass keine  $\text{N}_2\text{O}$ -,  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$ -Emissionen entstehen. Die Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus der nicht gasdichten Lagerung stellen damit die Gesamtemissionen von  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus der Gärrestelagerung dar.

Für das nicht gasdichte Gärrestelager wird wie bei der Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emission eine Schwimmdecke angenommen, deren  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor von Null verschieden ist. Wie beim unbehandelten Wirtschaftsdünger (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) werden die Emissionsfaktoren von  $\text{NO}$ - und  $\text{N}_2$  proportional zum  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor angesetzt.

Die Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus der nicht gasdichten Lagerung werden mithilfe der N-Menge berechnet, die aus dem Fermenter ins Lager gelangt

relative share of gastight storage ( $x_{\text{gts}}$ ), see Equation (3.76).

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, dig, st}} = (1 - x_{\text{gts}}) \cdot N_{\text{digester}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, st}} \quad (3.76)$$

$E_{\text{N}_2\text{O-N, dig, st}}$	total $\text{N}_2\text{O-N}$ emissions from the storage of digestate, per place and year (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$x_{\text{gts}}$	relative share (fraction) of gastight storage of digestion residues (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$N_{\text{digester}}$	total amount of N leaving the digester, per place and year (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dig, st}}$	$\text{N}_2\text{O-N}$ emission factor for the non-gastight storage of digestate (in $\text{kg kg}^{-1}$ )

The calculation of emissions of NO and  $\text{N}_2$  are performed by analogy. For the emission factors of  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  see Chapter 3.4.4.2.3.

Chapter 3.4.4.2.3 also provides an assessment of the resulting  $\text{N}_2\text{O-N}$  emission factors in relation to emission factors obtained without digestion, and of the impact of anaerobic digestion on  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management.

Anaerobic digestion of animal manures (pre-storage and storage of digestate) can lead to emissions of reactive nitrogen ( $\text{NH}_3$  and NO, see Chapters 3.3.4.4.2 and 3.3.4.4.3) the deposition of which causes indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from the soil (IPCC (2006)-11.19 et seq.). The indirect emissions reported in the CRF Tables (Sector 3.B) include these emissions as well as indirect emissions from the management of untreated manure. (Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions occurring due to deposition of  $\text{NH}_3$  and NO from the application of animal manures and digestate are described in Chapter 11.2.

No indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from leaching and runoff is calculated as leaching and/or uncontrolled surface runoff from manure management including digestate is forbidden by law on grounds of protection of inshore waters (see "JGS-Anlagenverordnung des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen" (JGS-ANLAGENV, 1998) und "Wasserhaushaltsgesetz" (WHG, 2010).

#### 3.3.4.4.3 $\text{NH}_3$ emissions / $\text{NH}_3$ -Emissionen

EMEP (2016) describes a Tier 1 methodology for the calculation of  $\text{NH}_3$  emissions from anaerobic digestion of animal manures including storage of the digestate, see EMEP (2016)-3B-24 und EMEP (2016)-5B2-1. However, Germany developed a more detailed methodology and uses it in the emission inventory. This methodology is based on the following specifications:

- Pre-storage of slurry: pre-storage facilities are often equipped with concrete drive-on covers. As there is no information on the frequencies of such covers, it is assumed that slurry pre-storages are covered and that  $\text{NH}_3$  emissions from pre-storages can be neglected.
- Pre-storage of farmyard manure and poultry manure: missing coverage allows for  $\text{NH}_3$  emissions.
- Co-substrates like energy crops are, in general, not stored in pre-storage facilities but directly fed into the digester. Hence, no pre-storage  $\text{NH}_3$  emissions

( $N_{\text{digester}}$ ), sowie dem relativen Anteil der gasdichten Lagerung ( $x_{\text{gts}}$ ), siehe Gleichung (3.76).

Die Berechnung der NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen erfolgt analog. Zu den Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO- und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 3.4.4.2.3.

In Kapitel 3.4.4.2.3 findet sich auch eine Bewertung der aus den obigen Gleichungen resultierenden  $\text{N}_2\text{O-N}$ -Emissionsfaktoren im Verhältnis zu  $\text{N}_2\text{O-N}$ -Emissionsfaktoren ohne Vergärung (einschließlich der Auswirkung auf die  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management).

Wirtschaftsdünger-Vergärung (Vorlager und Gärrestlager) kann zu Emissionen reaktiven Stickstoffs führen ( $\text{NH}_3$  und NO, siehe Kapitel 3.3.4.4.2 und 3.3.4.4.3), dessen Deposition indirekte  $\text{N}_2\text{O}$  aus dem Boden verursacht (IPCC (2006)-11.19 ff). Diese indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen werden in den CRF-Tabellen zusammen mit eben solchen  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen von unbehandeltem Wirtschaftsdünger berichtet (Sektor 3.B). (Zum Indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ - aufgrund von NO und  $\text{NH}_3$  aus der Wirtschaftsdünger-Ausbringung incl. Wirtschaftsdünger-Gärreste siehe Kapitel 11.2.)

Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen infolge von Auswaschung oder Oberflächenabfluss von N aus dem Substrat-Vorlager oder dem Gärrestelager werden nicht berechnet, da Versickerung oder unkontrollierter oberirdischer Abfluss aus Gründen des Gewässerschutzes zu vermeiden sind (siehe dazu u. a. JGS-Anlagenverordnung NRW 1998, Wasserhaushaltsgesetz WHG 2010).

EMEP (2016) beschreibt eine Stufe-1-Methodik zur Berechnung von  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger incl. Lagerung der Gärreste, siehe EMEP (2016)-3B-24 und EMEP (2016)-5B2-1. Deutschland hat dagegen eine differenziertere nationale Methodik entwickelt und verwendet diese im Emissionsinventar. Diese Methodik beruht auf folgenden Vorgaben:

- Vorlagerung von Gülle: Vorgruben sind häufig mit befahrbaren Betondecken ausgestattet. Da keine Informationen zur Verbreitung vorliegen, wird für das Emissionsinventar von einer Abdeckung der Vorgruben ausgegangen, so dass  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Vorgruben vernachlässigt werden können.
- Vorlagerung von Mist und Geflügelkot: Fehlende Abdeckung führt zu  $\text{NH}_3$ -Emissionen.
- Kosubstrate wie Energiepflanzen werden meist nicht über Vorgruben, sondern direkt in den Fermenter eingebracht. Daher werden für diese Sub-

are considered in the inventory.

- During fermentation in the digester, organic substance is degraded (especially protein compounds), leading to mineralization of organic nitrogen and hence to an increase of the relative TAN content in the digester.
- By analogy to the CH<sub>4</sub> methodology described in Chapter 3.3.4.4.1, two types of storage are distinguished: gastight storage, and non-gastight storage with natural crust.
- It is assumed that NH<sub>3</sub> emitted through leakage of digester and gastight storage can be neglected ( $EF_{NH_3-N} = 0$ )<sup>15</sup>.
- No NH<sub>3</sub> emission factor is available for the non-gastight storage of digestate with natural crust. Hence the emission factor for the open-tank storage of untreated cattle slurry with natural crust is adopted.
- N losses in connection with NH<sub>3</sub> emissions from storage are subtracted from the TAN pool of the digestate. This is in line with the N flow concept, see Chapter 3.3.4.3.1.
- Emissions from spreading of digestate and untreated manure are calculated separately, because the frequencies for spreading techniques and incorporation times differ for these two types of organic fertilizer (special survey for 2010 and Agricultural-Structure Survey 2016 by the Federal Statistical Agency).
- Emission factors for spreading of digestes are not available. As the viscosity of untreated cattle slurry is similar to that of the digestate, the cattle-slurry emission factors are adopted.
- The methodology is equally applied to digestate of slurry and farmyard manure (due to co-fermentation in practice).

Table 3.7 gives an overview of how the German inventory calculates NH<sub>3</sub> emissions from the various subsystems of a biogas plant („calculation“). The equations needed for these calculations are given in a general form, i. e. the include the pre-storage even if there is no pre-storage for slurry.

strate keine NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Vorgruben berücksichtigt.

- Es wird berücksichtigt, dass während der Vergärung organische Substanz abgebaut wird (speziell Eiweißverbindungen). Dies führt zur Mineralisierung von organisch gebundenem Stickstoff, d. h. zu einem Anstieg des relativen TAN-Gehaltes.
- Konsistent mit der CH<sub>4</sub>-Methodik (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) wird zwischen zwei Lagertypen unterschieden: Gasdichtes Lager sowie offener Tank mit Schwimmdecke.
- Es wird davon ausgegangen, dass über Leckagen aus Fermenter und gasdichtem Lager freigesetzte NH<sub>3</sub>-Mengen vernachlässigbar sind ( $EF_{NH_3-N} = 0$ )<sup>15</sup>.
- Für die nicht gasdichte Lagerung mit Schwimmdecke wird mangels spezifischer Daten für die Gärreste-Lagerung der Emissionsfaktor für die Lagerung unvergorener Rinder-Gülle mit natürlicher Kruste übernommen.
- Die mit NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Lager einhergehenden N-Verluste werden in Übereinstimmung mit dem N-Fluss-Konzept (siehe Kapitel 3.3.4.3.1) aus dem TAN-Pool der Gärreste abgezogen.
- Die Ausbringung von Gärresten und unvergorenem Wirtschaftsdünger wird getrennt gerechnet, da sich nach den vorliegenden Daten (StatBA-Sondererhebung für 2010 und Agrarstrukturerhebung 2016) die Häufigkeiten der Ausbringungstechniken und die Einarbeitungszeiten unterscheiden.
- Für die Ausbringung der Gärreste werden die Emissionsfaktoren von unvergorener Rindergülle verwendet, da diese bzgl. der Viskosität den Gärresten am meisten ähnelt.
- Die Methodik wird für Gärreste aus Gülle und Mist in gleicher Weise angewendet (aufgrund der Ko-Fermentierung in der Praxis).

Table 3.7 gibt einen Überblick darüber, für welche Teilbereiche das deutsche Inventar NH<sub>3</sub>-Emissionen berechnet wird („calculation“). Die zur Berechnung erforderlichen Gleichungen in allgemeiner Form beschrieben, d. h. unter Einschluss des Vorlagers, auch wenn dieses bei Gülle nicht relevant ist.

**Table 3.7: Digestion of manure, NH<sub>3</sub> emissions**

		slurry	farmyard manure / poultry manure
prestorage		0	calculation
digester		0	0
storage	gastight	0	0
	non gastight	calculation	calculation
spreading		calculation	calculation

<sup>15</sup> Under the plausible assumption of equilibrium in the digester,  $ph = 8$  and a temperature of about 40°C cause ca. 20 % of NH<sub>4</sub> to be dissociated as NH<sub>3</sub>. In an example calculation with simple application of the Henry constant, a gas yield of 200 liters per kg freshmatter (maize) is connected with about 0.1 g NH<sub>3</sub> per kg of digestate. (There are about 3 g NH<sub>4</sub> per kg of digestate.) However, the NH<sub>3</sub> yield may even be lower as these considerations do not take into account that the gas yield can be lower and that the concentration of the gas phase can be overestimated by the forementioned simple application of the dissociation constant and the Henry constant.

The equations below are based on the concept of the two N pools used in the inventory (see Chapter 3.3.4.3.1): First, the pool of total N and, second, the pool of TAN that is part of the total N pool. If needed, the share of organic N in the total N pool is calculated as difference (total N minus TAN).

The  $\text{NH}_3$  emissions from the pre-storage are calculated proportionally to the amount of TAN available:

$$E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, ps}} = \text{TAN}_{\text{dig}} \cdot EF_{\text{NH}_3\text{-N, dig, ps}} \quad (3.77)$$

$E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, ps}}$	$\text{NH}_3\text{-N emissions from pre-storage (in kg a}^{-1}\text{)}$
$\text{TAN}_{\text{dig}}$	amount of TAN contained in the substrate to be digested (in kg a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{NH}_3\text{-N, dig, ps}}$	$\text{NH}_3\text{-N emission factor for the pre-storage, related to TAN (in kg kg}^{-1}\text{)}$

If no  $\text{NH}_3$  emissions from pre-storage have to be considered, the respective emission factor in Equation (3.77) is to be set to zero.

After pre-storage, i. e. when the substrate enters the digester, the amounts of TAN and  $N_{\text{org}}$  are calculated by the equations below that follow the general principles used in the emission inventory and take into account the emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from anaerobic digestion (see Chapter 3.3.4.4.2):

$$N_{\text{tot, dig, ps}} = N_{\text{tot, dig}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, ps}} - E_{\text{N}^*, \text{dig, ps}} \quad (3.78)$$

$$\text{TAN}_{\text{dig, ps}} = \text{TAN}_{\text{dig}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, ps}} - E_{\text{N}^*, \text{dig, ps}} \cdot \frac{\text{TAN}_{\text{dig}}}{N_{\text{org, dig}} + \text{TAN}_{\text{dig}}} \quad (3.79)$$

$N_{\text{tot, dig, ps}}$	total amount of N contained in the substrate leaving pre-storage to enter the digester (in kg a <sup>-1</sup> )
$N_{\text{tot, dig}}$	total amount of N contained the substrate to be digested (in kg a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{N}^*, \text{dig, ps}}$	total of non-ammonia N emissions ( $\text{N}_2\text{O-N}$ , NO-N and $\text{N}_2$ ) from pre-storage (in kg a <sup>-1</sup> )
$\text{TAN}_{\text{dig, ps}}$	amount of TAN contained in the substrate leaving pre-storage to enter the digester (in kg a <sup>-1</sup> )
$\text{TAN}_{\text{dig}}$	amount of TAN contained in the substrate to be digested (in kg a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, ps}}$	$\text{NH}_3\text{-N emissions from pre-storage (in kg a}^{-1}\text{)}$

According to the model assumptions, the amount of total N remains unchanged during the process of digestion in the digester, while the share of TAN increases by mineralization on the expense of  $N_{\text{org}}$ :

$$N_{\text{tot, dig, ferm}} = N_{\text{tot, dig, ps}} \quad (3.80)$$

$$\text{TAN}_{\text{dig, ferm}} = \text{TAN}_{\text{dig, ps}} + g_{\text{TAN}} \cdot N_{\text{org, dig, ps}} = \text{TAN}_{\text{dig, ps}} + g_{\text{TAN}} \cdot (N_{\text{tot, dig, ps}} - \text{TAN}_{\text{dig, ps}}) \quad (3.81)$$

$N_{\text{tot, dig, ferm}}$	total amount of N in digestion residues leaving the digester (in kg a <sup>-1</sup> )
$N_{\text{tot, dig, ps}}$	total amount of N contained in the substrate leaving pre-storage to enter the digester (in kg a <sup>-1</sup> )
$\text{TAN}_{\text{dig, ferm}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the digester (in kg a <sup>-1</sup> )
$\text{TAN}_{\text{dig, ps}}$	amount of TAN contained in the substrate leaving pre-storage to enter the digester (in kg a <sup>-1</sup> )
$g_{\text{TAN}}$	relative share of organic N entering the digester that is mineralized to TAN in the digester ( $0 < g_{\text{TAN}} < 1 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$N_{\text{org, dig, ps}}$	amount of organic N contained in the substrate leaving pre-storage to enter the digester (in kg a <sup>-1</sup> )

The  $\text{NH}_3$  emissions from the storage of digestate are calculated as follows (taking into account that  $EF_{\text{NH}_3\text{-N}} = 0$  for gastight storage):

$$E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, st}} = \text{TAN}_{\text{dig, ferm}} \cdot (1 - x_{\text{gts}}) \cdot EF_{\text{NH}_3\text{-N, dig, st, crust}} \quad (3.82)$$

Die nachfolgenden Gleichungen basieren auf den beiden im Inventar betrachteten N-Pools (siehe Kapitel 3.3.4.3.1): Einerseits Gesamt-N und andererseits die TAN-Teilmenge des Gesamt-N-Pools. Der Anteil des organischen N am Gesamt-N-Pool wird bei Bedarf als Differenz berechnet (Gesamt-N abzüglich TAN).

Die  $\text{NH}_3$ -N-Emissionen aus dem Vorlager werden proportional zur verfügbaren TAN-Menge berechnet:

Für den Fall, dass aus dem Vorlager keine  $\text{NH}_3$ -Emissionen zu berücksichtigen sind, ist in Gleichung (3.77) der Emissionsfaktor null zu setzen.

Nach dem Vorlager, d. h. bei Eintritt des Substrats in den Fermenter, gilt für TAN- und  $N_{\text{org}}$ -Menge entsprechend der generellen Vorgehensweise im Emissionsinventar (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) und unter Berücksichtigung der vergärungsbedingten Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  (siehe Kapitel 3.3.4.4.2):

Während des Gärprozesses im Fermenter bleibt entsprechend den Modellannahmen die Gesamt-N-Menge unverändert, während die TAN-Teilmenge aufgrund der Mineralisierung von  $N_{\text{org}}$  zu TAN ansteigt:

Die bei der Lagerung der Gärreste entstehenden  $\text{NH}_3$ -N-Emissionen werden wie folgt berechnet (unter Berücksichtigung von  $EF_{\text{NH}_3\text{-N}} = 0$  für gasdichte Lager):

$E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, st}}$	NH <sub>3</sub> -N emissions from storage of digestion residues (in kg a <sup>-1</sup> )
$TAN_{\text{dig, ferm}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the digester (in kg a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{gts}}$	relative share (fraction) of gastight storage of digestion residues (in kg kg <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{NH}_3\text{-N, dig, st, crust}}$	NH <sub>3</sub> -N emission factor for the storage of digestion residues in an open tank with natural crust related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )

The N losses from storage by emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> reduce the amount of TAN in the digestate before being spread (calculations by analogy to Equation (3.79)):

Infolge der Emissionen von NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Gärrestelager verringert sich die TAN-Menge in den Gärresten, bevor sie ausgebracht werden (Berechnung analog zu Gleichung (3.79)):

$$TAN_{\text{dig, st}} = TAN_{\text{dig, ferm}} - E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, st}} - E_{\text{N}^*, \text{dig, st}} \cdot \frac{TAN_{\text{dig, ferm}}}{N_{\text{tot, dig, ferm}}} \quad (3.83)$$

$TAN_{\text{dig, st}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the storage (in kg a <sup>-1</sup> )
$TAN_{\text{dig, ferm}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the digester (in kg a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, st}}$	NH <sub>3</sub> -N emissions from storage of digestion residues (in kg a <sup>-1</sup> )
$E_{\text{N}^*, \text{dig, st}}$	total of annual non-ammonia N emissions (N <sub>2</sub> O-N, NO-N and N <sub>2</sub> ) from storage of digestion residues (in kg a <sup>-1</sup> )
$N_{\text{tot, dig, ferm}}$	total amount of N in digestion residues leaving the digester (in kg a <sup>-1</sup> )

As the calculation of the total N pool is not relevant for the following considerations it is not shown here. The NH<sub>3</sub> emissions from spreading of digestate is given by:

Die Berechnung des Gesamt-N-Pools ist für das Folgende nicht relevant und wird daher hier nicht dargestellt. Die NH<sub>3</sub>-N-Emissionen aus der Gärreste-Ausbringung ergeben sich schließlich aus:

$$E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, spr}} = TAN_{\text{dig, st}} \cdot \sum_{j=1}^k (EF_{\text{NH}_3\text{-N, dig, spr, j}} \cdot x_{\text{spr, j}}) \quad (3.84)$$

$E_{\text{NH}_3\text{-N, dig, spr}}$	total NH <sub>3</sub> -N emissions from spreading of digestion residues (in kg a <sup>-1</sup> )
$TAN_{\text{dig, st}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the storage (in kg a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{NH}_3\text{-N, dig, spr, j}}$	NH <sub>3</sub> -N emission factor for spreading technique j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{spr, j}}$	relative share of digested slurry spreaded with technique j where
	$\sum_{j=1}^k x_{\text{spr, area, j}} = 1$

For  $TAN_{\text{dig}}$ ,  $N_{\text{org, dig}}$ ,  $g_{\text{TAN}}$ ,  $x_{\text{spr, j}}$  and the emission factors see Chapter 3.4.4.2.4.

Zu  $TAN_{\text{dig}}$ ,  $N_{\text{org, dig}}$ ,  $g_{\text{TAN}}$ ,  $x_{\text{spr, j}}$  und den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.4.4.2.4.

Chapter 3.4.4.2.4. provides an assessment of the resulting NH<sub>3</sub> emissions in relation to NH<sub>3</sub> emissions from manure management obtained without digestion.

Eine Bewertung der aus den obigen Gleichungen resultierenden NH<sub>3</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management im Verhältnis zu NH<sub>3</sub>-Emissionen ohne Vergärung findet sich in Kapitel 3.4.4.2.4.

Emissions of NH<sub>3</sub> and NO (for NO see Chapter 3.3.4.4.2) that occur in connection with anaerobic digestion of manure and the storage of the digestate lead to deposition of reactive nitrogen and therefore indirect N<sub>2</sub>O from soils. For details see Chapter 3.3.4.4.2.

Die im Zusammenhang mit der Vergärung von Wirtschaftsdünger und dem Gärrestelager entstehenden Emissionen von NH<sub>3</sub> und NO (zu NO siehe Kapitel 3.3.4.4.2) führen zur Deposition von reaktivem Stickstoff, woraus N<sub>2</sub>O aus dem Boden entsteht. Näheres dazu siehe in Kapitel 3.3.4.4.2.

The spreading of residues from digestion of manures leads to N<sub>2</sub>O emissions from soils. The calculation of these emissions is described in Chapter 11.2 in context with the spreading of untreated manures.

Die Ausbringung von Wirtschaftsdünger-Gärresten führt zu N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Boden, deren Berechnung im Zusammenhang mit der Ausbringung von Wirtschaftsdünger in Kapitel 11.2 behandelt wird.

### 3.3.4.5 Emissions of particulate matter from animal husbandry / Partikelemissionen aus der Tierhaltung

This chapter deals with emissions of particulate matter from animal husbandry. Emissions of particulate

Gegenstand dieses Kapitels sind Partikelemissionen aus der Tierhaltung ein. Partikelemissionen aus der



matter from agricultural soils are addressed in Chapter 11.13.

Particulate matter is microscopic matter (solid or liquid) that is suspended in the Earth's atmosphere and can adversely affect human health. Emission reporting is required for three categories of particulate matter (see also EMEP (2013)-3D-35 und EMEP (2016)-3D-32):

- TSP (total suspended matter, aerodynamic diameter  $\leq 57 \mu\text{m}$ );
- $\text{PM}_{10}$  (particles that are respirable, with aerodynamic diameter of  $\leq 10 \mu\text{m}$  or less);
- $\text{PM}_{2.5}$  (particles that penetrate deeper into the lungs, with aerodynamic diameter of  $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ).

According to EMEP (2016)-3B-6 the main sources of PM emissions from animal husbandry are animal housings. The emissions originate mainly from feed, but also from bedding material, excretions, skin particles or feathers. Other sources cannot be accounted for in current emission reporting due to lack of information (EMEP (2016)-3B-15).

In EMEP (2016) only a Tier 1 methodology is provided for the calculation of PM emissions (EMEP (2016)-3B-15 und EMEP (2016)-3B-19). This methodology does not differentiate between slurry and solid manure systems.

Contrary to that the old Guidebook (EMEP (2013) described in Chapter 3.3 ("Tier 2 technology-specific approach") a methodology that extended the Tier 1 approach in order to enable the use of different emission factors for slurry and solid manure systems and was therefore used in the past German emission reporting (see RÖSEMANN et al., 2017):

Nutzung landwirtschaftlicher Böden werden in Kapitel 11.13 behandelt.

Bei zu den berichtenden Partikelemissionen geht es um mikroskopische Partikel (fest oder flüssig) in der irdischen Atmosphäre, die der menschlichen Gesundheit schaden können. Es interessieren drei Kategorien (siehe auch EMEP (2013)-3D-35 und EMEP (2016)-3D-32):

- TSP (total suspended matter, aerodynamischer Durchmesser  $\leq 57 \mu\text{m}$ );
- $\text{PM}_{10}$  (Partikel, die eingeatmet werden können; aerodynamischer Durchmesser  $\leq 10 \mu\text{m}$ );
- $\text{PM}_{2.5}$  (Partikel, die tief in die Lunge eindringen können; aerodynamischer Durchmesser  $\leq 2.5 \mu\text{m}$ ).

Nach EMEP (2016)-3B-6 werden Partikelemissionen aus der Tierhaltung vorrangig in Ställen generiert, und dort wiederum überwiegend aus Futter, aber auch aus Einstreu, Ausscheidungen und Hautschuppen bzw. Federbestandteilen. Andere Quellen können bei der Emissionsberechnung mangels Informationen derzeit nicht berücksichtigt werden (EMEP (2016)-3B-15).

EMEP (2016) gibt für Partikelemissionen nur ein Stufe-1-Rechenverfahren vor (EMEP (2016)-3B-15 und EMEP (2016)-3B-19). Dieses Rechenverfahren differenziert nicht nach Flüssigmist- und Festmistverfahren.

Dagegen wurde im Vorläufer-Guidebook EMEP (2013) in Kapitel 3.3 ("Tier 2 technology-specific approach") ein Rechenverfahren angegeben, das über den Stufe-1-Ansatz hinausgehend bei Rindern und Schweinen eine Differenzierung nach Flüssigmist und Festmistverfahren ermöglichte, und deshalb auch in der bisherigen deutschen Berichterstattung (siehe RÖSEMANN et al., 2017) angewendet wurde:

$$E_{\text{PM}, i} = n_i \cdot x_{\text{house}, i} \cdot \beta \cdot [x_{\text{slurry}, i} \cdot EF_{\text{slurry}, i} + (1 - x_{\text{slurry}, i}) \cdot EF_{\text{solid}, i}] \quad (3.85)$$

$E_{\text{PM}, i}$	TSP, $\text{PM}_{10}$ or $\text{PM}_{2.5}$ emission for animal category $i$ (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$n_i$	number of animal places for animal category $i$ (in pl)
$x_{\text{house}, i}$	share of time the animals spend in the house (in $\text{a}^{-1}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6} \text{ Gg kg}^{-1}$ )
$x_{\text{slurry}, i}$	share of population kept in slurry based systems (in pl $\text{pl}^{-1}$ )
$EF_{\text{slurry}, i}$	emission factor for slurry based system (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$EF_{\text{solid}, i}$	emission factor for solid manure system (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )

In spite of providing only a Tier 1 methodology, EMEP (2016) in case of cattle still gives emissions factors for particulate matter emissions that differentiate between slurry and solid manure systems (EMEP (2016)-3B-53 with TSP = ID). Hence Equation (3.85) continues to be used for cattle in the German emission inventory.

However, Equation (3.85) is also used for the other animal categories as for them it simply reduces to the EMEP (2016) Tier 1 approach provided in EMEP (2016)-3B-15. This happens for instance for all animals that are kept only in solid manure systems: Then the parameter  $x_{\text{slurry}}$  is zero so that no emission factor is needed for slurry systems.

Other than for cattle EMEP (2016) does not provide differentiated emission factors for slurry and solid manure systems, but only overall Tier 1 emission factors

Obwohl, wie oben erwähnt, EMEP (2016) nur ein Stufe-1-Rechenverfahren bereitstellt, werden für Rinder weiterhin Partikelemissionsfaktoren angegeben, die die Differenzierung nach Flüssigmist- und Festmistverfahren erlauben (EMEP (2016)-3B-53 mit TSP = ID). Daher wird Gleichung (3.85) im deutschen Inventar für Rinder weiterhin angewendet.

Gleichung (3.85) wird aber auch für alle anderen Tierkategorien weiterhin angewendet. Dabei reduziert sich die Gleichung für alle Tiere, die nur in Festmistverfahren gehalten werden (Kälber, Schafe, Ziegen, Pferde, Geflügel), wegen  $x_{\text{slurry}} = 0$  automatisch auf das Stufe-1-Verfahren nach EMEP (2016)-3B-15.

Auch für Schweine reduziert sich Gleichung (3.85) auf ein Stufe-1-Verfahren, da EMEP (2016) für Schweine anders als bei Rindern keine nach Festmist- und Flüssig-

(EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5). Equation (3.85) effectively reduces to the Tier 1 approach by using those Tier 1 emission factors both for slurry and solid manure systems (which means for TSP that  $EF_{\text{slurry, TSP}} = EF_{\text{solid, TSP}} = EF_{\text{Tier 1, TSP}}$ , and the same for  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ ).

The emission factors for TSP,  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$  used in the German inventory for the different animal categories are given in the respective animal sub-chapters 4 to 8.

EMEP (2016), like EMEP (2013), does not quantify the uncertainties of the emission factors. EMEP(2009)-4B-66 et seq. estimates the range of uncertainty (95 % confidence interval) of the EMEP (2009) emission factors by a factor of 3 (rounded data). Due to lack of better information this uncertainty estimate is assumed to hold also for the EMEP (2016)/EMEP (2013) methodology. Hence, the difference between the lower boundary of the 95 % confidence interval and the mean emission factor is 67 % of the mean emission factor, while the difference between the upper boundary and the mean emission factor is 200 % of the mean emission factor. This means an asymmetric distribution (lognormal).

The inventory calculation procedure takes into account the mitigation of PM emissions from housing by a scrubber system. The methodology described for  $NH_3$  in Chapter 3.3.4.3.3 is applied by analogy. KTBL made an inquiry on the frequency of air scrubbers in pig production (sows, weaners and fatteners) for all German rural districts (see Chapter 3.4.5.2).

### 3.3.5 Digestion of energy crops and management of the digestate / Vergärung von Energiepflanzen einschließlich Gärreste-Management

In terms of emission reporting, the anaerobic digestion of energy crops (including the spreading of the digestate) represents a separate source of emissions even if, due to the usual co-fermentation with animal manures, the basic data pool is the same like for the digestion of animal manures (see Chapter 3.4.4.1). The methodology for and the emissions from anaerobic digestion of energy crops are described in Chapter 10.

### 3.3.6 $N_2O$ -Emissions from agricultural soils / $N_2O$ -Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden

Microbial transformations of N compounds (nitrification and denitrification) lead to emissions of  $N_2O$ . A distinction is made between direct and indirect  $N_2O$  emissions from soils. Direct emissions comprise  $N_2O$  emissions resulting from manure application, pasturing, application of mineral fertiliser and sewage sludge, biological N-fixation, crop residues and cultivation of organic soils. So-called indirect  $N_2O$  emissions result from deposition of reactive nitrogen and via leaching and surface runoff.

For the description of methodologies see Chapter 11 and 12.

mistverfahren differenzierten Partikelemissionsfaktoren bereitstellt. Stattdessen werden nur Stufe-1-Emissionsfaktoren angegeben (EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5), die unabhängig vom Verfahrenstyp eingesetzt werden (für TSP also  $EF_{\text{slurry, TSP}} = EF_{\text{solid, TSP}} = EF_{\text{Tier 1, TSP}}$ ; analog für  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$ ).

Die im deutschen Inventar für die einzelnen Tierkategorien verwendeten Emissionsfaktoren für TSP,  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  werden in den betreffenden Unterkapiteln der Tierkapitel 4 bis 8 angegeben.

EMEP (2016) macht wie EMEP (2013) keine quantitativen Angaben zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren. EMEP(2009)-4B-66 ff. schätzt die Unsicherheit (95 %-Konfidenzintervall) der EMEP (2009)-Emissionsfaktoren mit Faktor 3 (gerundet). Mangels besserer Informationen wird angenommen, dass dieses Unsicherheitsmaß auch für die EMEP (2016)/EMEP (2013)-Methodik gilt. Demzufolge liegen zwischen dem mittleren Emissionsfaktor und der Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalles 67 % und zwischen mittlerem Emissionsfaktor und der Intervall-Obergrenze 200 % des mittleren Emissionsfaktors. Es liegt damit eine asymmetrische Verteilung vor (Lognormal-Verteilung).

Die Minderung von Partikelemissionen aus dem Stall durch Abluftreinigung wird im Inventar berücksichtigt. Dies erfolgt analog zur  $NH_3$ -Methodik (siehe Kapitel 3.3.4.3.3). Durch KTBL wurde eine Erhebung zur Verteilung der Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung (Sauen, Ferkel, Mastschweine) auf Kreisebene durchgeführt (siehe Kapitel 3.4.5.2).

Die Vergärung von Energiepflanzen (incl. Ausbringung der Gärreste) ist für die Emissionsberichterstattung eine eigenständige Quelle, auch wenn die Datengrundlage wegen der in der Praxis vorherrschenden Ko-Fermentierung mit Wirtschaftsdünger für beide Substratkategorien gleich ist (siehe Kapitel 3.4.4.1). Methodik und Emissionsergebnisse für die Vergärung von Energiepflanzen werden in Kapitel 10 beschrieben.

Mikrobielle Umsetzungen (Nitrifikation und Denitrifikation) von N-Verbindungen führen zu  $N_2O$ -Emissionen. Es wird zwischen direkten und indirekten  $N_2O$ -Emissionen aus Böden unterschieden. Die direkten Emissionen umfassen die  $N_2O$ -Emissionen als Folge von Wirtschaftsdünger-Ausbringung, Weidegang, Mineraldünger- und Klärschlamm-Anwendung, biologischer N-Fixierung, Ernterückständen und der Bewirtschaftung organischer Böden. So genannte indirekte  $N_2O$ -Emissionen ergeben sich als Folge von Deposition reaktiven Stickstoffs sowie Auswaschung und Oberflächenfluss.

Zur Berechnung siehe Kapitel 11 und 12.

### 3.3.7 Projections for 2020 / Projektionen für 2020

Since the inventory submitted in 2009 for 2007 (Submission 2009, DÄMMGEN et al., 2009a), projections have been estimated. These calculations were performed using the same methods as used in the emission calculations for the years as of 1990.

Table 3.8 shows the specific data used for emission calculations for the projection 2020. The data is based on the baseline projection of the agro-economic TI institutes for the year 2027 (OFFERMANN et al., 2018). The results for 2027 were converted to the year 2020 by linear interpolation.

For all other data the activity data of the year 2016 are used with the exception of yield data. In the case OFFERMANN et al. (2018) gives no information, yield data of 2014 is used. (2014 was the year with the highest yields in Germany when averaged over all agricultural cultures.)

Seit der Berichterstattung 2009 (Submission 2009, DÄMMGEN et al., 2009a) werden auch Projektionen berechnet. Diese Berechnungen erfolgten mit den gleichen Methoden wie die Emissionsberechnung für die Jahre ab 1990.

Table 3.8 zeigt die der Projektionsberechnung für 2020 zugrunde liegenden speziellen Eingangsdaten. Sie basieren auf der Baseline-Projektion der agrarökonomischen TI-Institute für 2027 (OFFERMANN et al., 2018). Die Ergebnisse für 2027 werden mittels linearer Interpolation auf das Jahr 2020 übertragen.

Bei allen anderen Eingangsdaten wurden die Daten von 2016 verwendet. Ausnahme sind die Ernteerträge. Für diese wurden, sofern OFFERMANN et al. (2018) keine Information angibt, die Erträge von 2014 verwendet. (2014 war in Deutschland das Jahr mit den im Durchschnitt über alle Kulturen höchsten Erträgen.)

**Table 3.8: Activity data used for the projections for 2020**

Input parameter	Value for 2020 in % of 2016 (rounded)	Input parameter	Value for 2020 in % of 2016 (rounded)
number of dairy cows	101.3	Rye, area	111.2
milk yield	103.7	Rye, yield	106.6
number of suckler cows	101.8	Winter barley, area	95.5
number of mature males > 2 years	94.5	Winter barley, yield	108.4
number of male beef cattle	99.3	spring barley, area	102.9
number of heifers	100.0	spring barley, yield	108.8
number of calves	99.7	Oat, area	107.5
number of sows	102.4	Oat, yield	105.9
Piglets raised per sow	103.5	Triticale, area	101.1
number of fattening pigs	99.4	Triticale, yield	118.8
weight gain of fattening pigs	100.5	Grain maize, area	113.3
number of weaners	101.0	Grain maize, yield	107.8
number of laying hens	95.0	Maize for silage, area	91.8
number of broilers	101.9	Maize for silage, yield	105.7
net broiler meat production	102.9	Rape, area	98.8
number of pullets	110.1	Rape, yield	123.1
number of geese	133.6	Sugar beet, area	103.7
number of ducks	112.5	Sugar beet, yield	106.6
number of turkeys	104.4	Potatoes, area	96.6
final weight of female turkeys	101.3	Potatoes, yield	104.2
final weight of male turkeys	101.3	Grass (fodder production), area	127.4
number of sheep	98.0	Grass (fodder production), yield	100 % of 2014 <sup>b</sup>
number of horses	102.8	Clover, grass clover leys, clover alfalfa mixtures, area	117.7
mineral fertilizer application	102.7 <sup>a</sup>	Clover, grass clover leys, clover alfalfa mixtures, yield	100 % of 2014 <sup>b</sup>
Dry matter of energy crops to be digested	93.4	Meadows, area	98.5
Winter wheat, area	102.9	Meadows, yield	100 % of 2014 <sup>b</sup>
Winter wheat, yield	112.2	Pastures, area	100.8
Spring wheat, area	117.8	Pastures, yield	100 % of 2014 <sup>b</sup>
Spring wheat, yield	112.3		

<sup>a</sup> the share of urea is estimated with 32 %

<sup>b</sup> the yields for these crops were not projected by Offermann et al. (2018)

### 3.4 Input data / Eingangsdaten

The data required for the application of the inventory model GAS-EM are model parameters and emission factors on the one hand and so-called input data on the other hand. Apart from emissions from agricultural soils, GAS-EM calculates emissions for single districts. At present, districts are used according to their division in 1996. In a second step these results are aggregated to yield data sets for single federal states and finally national data. Emissions from soils are calculated for federal states and then aggregated on national level.

For the description of animal husbandry, input data comprise animal numbers, frequency distributions of housing and storage facilities as well as application techniques and times before incorporation, feeding practices including diet composition and feed properties, animal performance data (milk yield, eggs produced, animal weight and weight gain, number of offspring) and information on the duration of grazing. Further data comprise number and properties of air scrubbing facilities.

Input data for the calculations of emissions from agricultural soils comprise the amounts of fertilizers applied (synthetic fertilizers, liming, animal manures, digestate of energy crops, sewage sludge), the areas of agricultural soils and the yields of agricultural crops.

Model parameters and emission factors are dealt with in detail in the sections Chapter 4 that describe the respective sources. For animal numbers see Chapter 3.4.2. The input data for the calculation of emissions from anaerobic digestion of energy crops are described in Chapter 10, the input data for emissions from agricultural soils can be found in Chapters 11 and 12. For all other GAS-EM input data see Chapters 3.4.3 to 3.4.5.

Chapter 3.4.6 contains details concerning data gap closure procedures and data uncertainties.

Die zum Betrieb des Inventarmodells GAS-EM erforderlichen Daten umfassen Modellparameter und Emissionsfaktoren einerseits und sogenannte Eingabedaten andererseits. GAS-EM berechnet außer für Böden die Emissionen zunächst auf Kreisebene (Stand der Kreiseinteilung: 1996), bevor sie zu Ergebnissen auf Bundesland- und nationaler Ebene aggregiert werden. Die Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden werden auf Bundeslandebene berechnet und anschließend auf nationaler Ebene aggregiert.

Die Eingabedaten gliedern sich für die Nutztierhaltung in Tierzahlen, Häufigkeitsverteilungen zu Stall- und Lagerformen sowie Ausbringungsverfahren und Einarbeitungszeiten, in Angaben zu Fütterungsverfahren incl. Futterkennwerten, zu Leistungsdaten (Milchleistung, Legeleistung, Gewicht und Gewichtszunahme, Anzahl der Nachkommen) und zur Weidedauer. Ergänzende Daten werden zur Berücksichtigung von Abluftreinigungsanlagen benötigt.

Die Eingabedaten zur Berechnung von Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden umfassen die zur Ausbringung gebrachten Düngermengen (Mineraldünger, Kalkdünger, Wirtschaftsdünger, Gärreste von Energiepflanzen, Klärschlamm), die landwirtschaftlichen Flächen sowie Erträge der landwirtschaftlichen Kulturen.

Modellparameter und Emissionsfaktoren werden in den Emissionsquellenbeschreibungen ab Kapitel 4 beschrieben. Zu den Tierzahlen siehe Kapitel 3.4.2. Eingabedaten zur Berechnung der Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen werden in Kapitel 10 beschrieben, für die Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden in Kapitel 11 und 12. Die übrigen GAS-EM-Eingabedaten werden in den nachfolgenden Kapiteln 3.4.3 bis 3.4.5 beschrieben.

Hinweise zu Datenlückenschließung und Datenunsicherheit finden sich in Kapitel 3.4.6.

#### 3.4.1 Referencing formats for Official German Statistics / Zitierweise für deutsche Officialstatistiken

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.

#### 3.4.2 Animal numbers / Tierzahlen

The German inventory uses a time step of one year as there is no data available to allow for a more differentiated description. This is especially of concern for the animal numbers. Hence it is necessary to assume the animal numbers counted at a certain reference date to be constant throughout the year. This assumption is consistent with the IPCC definition of mean animal places that are used 365 days a year ("AAP", see Chapter 3.1.2.2).

Das deutsche Inventar rechnet mit einem Zeitschritt von einem Jahr, weil i. d. R. keine Daten für eine zeitlich differenziertere Beschreibung verfügbar sind. Dies trifft insbesondere auf die Tierzahlen zu. Das Inventar kommt daher nicht umhin, die zu einem bestimmten Stichtag erhobenen Tierzahlen als konstant für das ganze Jahr anzunehmen. Diese Annahme ist konsistent mit der Definition des mittleren, das ganze Jahr über besetzten Tierplatzes nach IPCC („AAP“, siehe Kapitel 3.1.2.2).

The animal numbers used in the inventory are dealt with in detail in subsequent chapters (Chapter 4 onwards). In the following, a description of the origin of these data is provided.

#### 3.4.2.1 *Official surveys / Offizielle Erhebungen*

The Federal Statistical Office and the Statistical Agencies of the federal states carry out agricultural structure surveys<sup>16</sup> in order to collect, along with other data, the head counts of cattle, pigs, sheep, horses (from 2010 onwards: equids) and poultry. These agricultural structure surveys took place every other year for the years 1990 – 1996 and 1999 – 2007, in the year 2010 in the context of the more comprehensive 2010 agricultural census (LZ 2010)<sup>17</sup>, and 2013 and 2016.

The Surveys 1990, 1994 and 1996 referenced to 3 December, while the surveys 1999 – 2007 referenced to 3 May. The surveys 2010, 2013 and 2016 referenced to 1 March.

In addition to the agricultural structure surveys, annual animal head count censuses are carried out (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 4.1). Up to and including 1998 these censuses took place every six months for cattle and sheep (June, December), every four months for pigs (April, August, December), and in even years in December for all animal categories, i. e. also for horses and poultry. Reference day was always the third day of the respective month. Since 1999 the animal head count censuses for cattle and pigs take place two times a year: 3 May and 3 November. For sheep the reference day was 3 May in 1999 - 2009, 3 November in 2010, and 1 March in subsequent years.

For cattle, pigs, and sheep official animal numbers are available for all years since 1990. This means that the inventories up to and including 1998 used the data collected in December (in June for sheep), while afterwards the inventories up to and including 2010 used the data from May (sheep: 1 March 2010 as no data were available in May or November). According to the Federal Statistical Office the animal numbers for the inventories from 2011 onwards have to be referenced to November. These figures are in keeping with the figures the Federal Statistical Office has provided to EUROSTAT. The change in the reference date (to 3 November) does not significantly affect the population figures of cattle and swine. Among the figures for sheep, livestock-population figures had to be corrected; cf. Chapter 6.2.1.1

The numbers of goats in Germany were not surveyed between 1977 and 2010. Until 2004, the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) estimated goat populations at the national level. As of 2005, the pertinent time series was continued via estimation by the Federal Statistical Office. In 2010, the total number of goats was officially determined for the first time (reference day: 1 March), in the framework of the 2010 agricultural cen-

Auf die dem Inventar zugrunde liegenden Tierplatzzahlen wird in den nachfolgenden Tierkapiteln (ab Kapitel 4) eingegangen. Im Folgenden wird eine Übersicht über die Datenherkunft gegeben.

Das Statistische Bundesamt und die Statistischen Landesämter führen Agrarstrukturerhebungen<sup>16</sup> durch, bei denen zusammen mit anderen Daten die Tierzahlen für Rinder, Schweine, Schafe, Pferde (ab 2010: Equiden) und Geflügel erfasst werden. Diese Agrarstrukturerhebungen fanden 1990 - 1996 und 1999 - 2007 jedes zweite Jahr statt, danach 2010 im Rahmen der umfangreicheren Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010)<sup>17</sup> sowie 2013 und 2016.

Die Erhebungen 1990, 1992, 1994 und 1996 erfolgten am 3. Dezember, während der Stichtag in den Jahren 1999 - 2007 am 3. Mai und in den Jahren 2010, 2013 und 2016 am 1. März war.

Neben den Agrarstrukturerhebungen finden jährlich Viehbestandserhebungen statt (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 4.1). Bis 1998 einschließlich erfolgten diese Erhebungen halbjährlich für Rinder und Schafe (Juni, Dezember), viermonatlich für Schweine (April, August, Dezember), sowie alle zwei Jahre im Dezember der geraden Jahre für alle Tierarten, d. h. auch für Pferde und Geflügel. Stichtag war jeweils der dritte Kalendertag im Monat. Seit 1999 erfolgt die Viehbestandserhebung für Rinder und Schweine zweimal jährlich zum Stichtag 3. Mai und 3. November. Für Schafe gilt 1999 bis 2009 der Stichtag 3. Mai und ab 2011 der 3. November, während 2010 die Erhebung am 1. März erfolgte.

Für Rinder, Schweine und Schafe liegen somit für alle Jahre seit 1990 Tierzahlen aus offiziellen Erhebungen vor. Dabei wurden im Inventar bis 1998 einschließlich die Daten von Dezember (für Schafe im Juni) und danach bis 2010 einschließlich die Daten von Mai verwendet (Schafe: 1. März 2010, da weder Mai- noch November-Daten verfügbar waren), während in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt ab 2011 der November-Stichtag zu verwenden ist. Diese Zahlen entsprechen den vom Statistischen Bundesamt an EUROSTAT übermittelten Zahlen. Der Wechsel des Stichtages zum 3. November hat bei Rindern und Schweinen keinen signifikanten Einfluss auf die Tierzahlen. Bei den Schafzahlen erwies sich dagegen eine Tierzahlkorrektur als erforderlich, siehe Kapitel 6.2.1.1.

Die Anzahl der Ziegen in Deutschland wurde zwischen den Jahren 1977 und 2010 nicht erfasst. Bis 2004 schätzte das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) die Ziegenzahlen auf nationaler Ebene. Diese Zeitreihe wurde ab 2005 durch Schätzungen des Statistischen Bundesamtes ergänzt. Die 2010 im Rahmen der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) erstmalig wieder offiziell erfasste Gesamtzahl der Ziegen

<sup>16</sup> <https://www.destatis.de/DE/Meta/AbisZ/Agrarstrukturhebung.html>

<sup>17</sup> <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaft/Landwirtschaftszaehlung2010/Ergbnisse.html>



sus (LZ 2010). That figure is considerably lower than the estimates used for earlier years. By agreement with the Federal Statistical Office, those estimates, which are also reported to EUROSTAT, continue to be used in the inventory. For 2013 and 2016 the Federal Statistical Office provided goat-population figures (reference day: 1 March).

For horses/equids, and for poultry, population figures are available only at intervals of two to three years, from agricultural structure surveys (reference dates: 1990 - 1998, 3 December; 1999 – 2007, 3 May; 2010, 2013 and 2016, 1 March). By agreement with the Federal Statistical Office, the population figures have not been adjusted to take account for the variations in reference dates.

In previous surveys (in 2010 for the last time) significant numbers of poultry had not been counted as they were held by companies that did not need to report poultry numbers. Hence, the rules of poultry counting were adjusted for the 2013 survey. As a consequence, the official 2013 poultry numbers are much higher than to be expected after the trend in earlier years. As the Federal Statistical Office do not intend to correct poultry numbers of earlier years, the poultry numbers used in the inventory exhibit a steep upward trend between 2010 and 2013. This trend does not reflect any real development in poultry numbers due to the different numbers of animals collected for 2010 and 2013. The increase in poultry numbers from 2013 to 2016 is significantly flatter.

For the calculation of the inventory, data gaps had to be closed and the given figures of animal places had partly to be modified to meet the requirements of emission reporting. This is discussed in Chapter 3.4.2.2, along with the way of how buffalo, asses and mules are accounted for.

#### 3.4.2.2 Data used in the inventory / Im Inventar verwendete Daten

Since the calendar year 2008, cattle head counts have been taken from a special database ("origin-tracing and information system for animals" HIT - Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere; <http://www.hi-tier.de>) in which every animal is registered. This leads to systematically higher animal head counts result for years from 2008 onwards as in the years before not all animals had been counted due to survey thresholds. A comparison carried out by the Federal Statistical Office for 2007 reveals that the cattle head counts shown in HIT are 2.9 % higher than those resulting via the conventional survey method (for dairy cows alone, the head counts are 2.8 % higher). Pursuant to the Federal Statistical Office, it is not possible to estimate the discrepancy for earlier years. Consequently, the cattle time series for 1990 to 2007 have not been adjusted. As a result, emissions from cattle husbandry are slightly underestimated for 1990 to 2007.

In order to obtain homogeneous animal categories, some of the cattle categories used in the official survey have been modified for the inventory.

As of the time-series year 2013, the cattle popula-

(Stichtag 1. März) liegt deutlich unter den Schätzungen der Vorjahre. Diese Schätzungen, die auch an EUROSTAT berichtet wurden, werden nach Abstimmung mit dem Statistischen Bundesamt weiter im Inventar verwendet. Für 2013 und 2016 liegen offizielle Ziegenzahlen des Statistischen Bundesamtes vor (Stichtag 1. März).

Für Pferde bzw. Equiden und Geflügel sind Tierzahlen nur alle zwei bis drei Jahre aus den Agrarstrukturerhebungen verfügbar (Stichtage: bis 1998 einschließlich 3. Dezember, 1999 – 2007 der 3. Mai, sowie der 1. März in den Jahren 2010, 2013 und 2016). Es erfolgten in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt keine Tierzahlkorrekturen wegen der variierenden Stichtage.

Der Erhebung der Geflügelzahlen 2013 durch das Statistische Bundesamt und die Statistischen Landesämter lag eine Berichtskreisrevision zugrunde. Diese war erforderlich geworden, da in den Erhebungen zuvor (letztmalig 2010) aufgrund der seinerzeitigen Regeln zur Auswahl der zu befragenden Betriebe größere Geflügelbestände nicht erfasst wurden. Die 2013 erhobenen Geflügelzahlen sind damit deutlich höher, als dies aufgrund der Erhebungen in den Jahren zuvor zu erwarten war. Da das Statistische Bundesamt die offiziellen Geflügelzahlen der Vorjahre bis 2010 nicht korrigiert, weisen die im Inventar verwendeten Geflügelzahlen zwischen 2010 und 2013 einen markanten Anstieg auf. Dieser Trend spiegelt wegen der für 2010 und 2013 unterschiedlich erhobenen Tierzahlen keine reale Entwicklung der Geflügelzahlen wieder. Der Anstieg der Geflügelzahlen von 2013 bis 2016 ist erheblich flacher.

Für die Inventarberechnung mussten die Datenlücken geschlossen und die verfügbaren Tierplatzzahlen teilweise modifiziert werden, um den Erfordernissen der Emissionsberichterstattung zu entsprechen. Hierauf sowie auf Berücksichtigung von Büffeln, Eseln und Maultieren geht Kapitel 3.4.2.2 ein.

Die Rinderbestände werden seit dem Kalenderjahr 2008 aus einer speziellen Datenbank (HIT, Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere, <http://www.hi-tier.de>) entnommen, in der jedes Tier registriert ist. Als Folge der neuen Erhebungsmethode ergeben sich für die Jahre ab 2008 allerdings systematisch höhere Tierzahlen als in den Jahren zuvor, in denen aufgrund von Erfassungsgrenzen nicht alle Tiere berücksichtigt wurden. Ein Vergleich des Statistischen Bundesamtes für das Jahr 2007 zeigt, dass die Rinderzahlen aus HIT 2,9 % höher als nach der herkömmlichen Erhebungsmethode sind (für Milchkühe allein 2,8 %). Da es laut Statistischem Bundesamt nicht möglich ist, diese Abweichung für die zurückliegenden Jahre zu schätzen, wurden die Rinder-Zeitreihen von 1990 bis 2007 nicht angepasst. Als Folge werden die Emissionen aus der Rinderhaltung in den Jahren 1990 bis 2007 leicht unterschätzt.

Um möglichst homogene Tierkategorien zu bilden, wurden einige der in den amtlichen Erhebungen verwendeten Rinderkategorien für das Inventar modifiziert.

Ab dem Zeitreihenjahr 2013 umfassen die vom Sta-

tion data provided by the Federal Statistical Office also include bison and buffalo, although the applicable buffalo numbers cannot be extracted from such aggregate cattle data. As a result, as of the time-series year 2013 the buffalo emissions are included in the cattle emissions. Consequently, as of the 2015 submission buffalo are no longer treated as a separate category in the inventory. The emissions produced by buffalo in the time-series years 1990 through 2012 are taken into account in the inventory by adding the buffalo populations to the numbers of sucklercows.

On the other hand, the Federal Statistical Office has not published any figures for buffalo. For this reason, figures of the Deutscher Büffelverband (German buffalo association) have been used for the period as of 2000. In keeping with a recommendation in the final report for the "Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention", for the years prior to 2000 the time series for the buffalo population at the national level was completed via linear extrapolation. Mathematically negative population resulting for the years 1990 through 1995 are replaced with zeros.

For pigs as well, several of the categories used in official surveys have been modified with a view to obtaining maximally homogeneous animal categories. The official animal counts for piglets weighing up to 20 kg animal<sup>-1</sup>, and for young pigs and fattening pigs weighing at least 20 kg animal<sup>-1</sup>, have been converted, using the procedure described in HAENEL et al. (2011), into animal counts for the inventory categories "weaners" and "fattening pigs". This transformation of animal numbers has no impact on the total number of pigs. However, as the transformation algorithm uses animal weights, modifications of animal weights can lead to certain animal number trade-offs between the two categories "weaners" and "fattening pigs". However, for purposes of emission calculation, the number of piglets weighing up to 8 kg is deducted from that total number. This is done for the reason that piglets weighing up to 8 kg are considered suckling piglets that, with regard to their emissions, are implicitly included in emission calculations for sows.

The official population numbers for sheep were been corrected for all years as of 2010 in order to take account of the change in the relevant survey date from spring (until 2009, May/June) to 1 March (2010) and to 3 November (since 2011). The correction compensates for the apparent reduction in the number of lambs that this change entails (as well as the corresponding reduction in the total number of sheep), see Chapter 6.2.1.1.

The official goat-population figures available for 2010, 2013 and 2016 were used to estimate the missing data for 2011, 2012, 2014 and 2015 by linear interpolation.

In the inventory, horse numbers are subdivided into the two categories "heavy horses" and "light horses and ponies", to take account of the differences in emissions behaviour between the two categories. In the 2010 agricultural census and the agricultural-structure surveys 2013 and 2016 numbers of equids, rather than numbers of horses, were counted. The equid figures inseparable include the counts for mules and asses. Hence, as of the

tistischen Bundesamt bereitgestellten Rinderzahlen auch Bisons und Büffel, ohne dass die Büffel aus diesen Zahlen herauszurechnen wären. Da auf diese Weise ab dem Zeitreihenjahr 2013 die Emissionen der Büffel in den Emissionen der Rinder enthalten sind, werden Büffel im Inventar seit Submission 2015 nicht mehr als eigenständige Kategorie behandelt. Die in den Zeitreihenjahren 1990 bis 2012 von den Büffeln ausgehenden Emissionen werden im Inventar dadurch berücksichtigt, dass die Büffelfzahl in diesen Jahren der Mutterkuhzahl zugeschlagen wird.

Allerdings hat das Statistische Bundesamt keine Büffelfzahlen veröffentlicht. Daher wurden für die Jahre ab 2000 die Angaben des Deutschen Büffelverbandes verwendet. Aufgrund der Empfehlung im Abschlussbericht zum „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention“ wurde die Zeitreihe der Büffel-Population auf nationaler Ebene für die Jahre vor 2000 durch lineare Extrapolation vervollständigt. Für die Jahre 1990 bis 1995 ergaben sich rechnerisch negative Tierzahlen, die durch Nullen ersetzt wurden.

Auch bei den Schweinen wurden einige der in den amtlichen Erhebungen verwendeten Kategorien modifiziert, um möglichst homogene Tierkategorien zu bilden. Die offiziellen Tierzahlen für Ferkel bis 20 kg Tier<sup>-1</sup> sowie Jung- und Mastschweine ab 20 kg Tier<sup>-1</sup> werden nach dem in HAENEL et al. (2011) beschriebenen Verfahren zu Tierzahlen für die Inventarkategorien „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ umgerechnet. Diese Umrechnung beruht u. a. auf Gewichtsdaten, so dass deren Aktualisierung zu einer gewissen Verschiebung der Tierzahlen zwischen den beiden Kategorien „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ führen kann. Die Tierzahlumrechnung bleibt aber ohne Auswirkung auf die Gesamtzahl der Schweine. Letztere wird für die Emissionsberechnung allerdings um die Zahl der Ferkel verringert, die bis 8 kg wiegen. Dieses Vorgehen beruht auf dem Inventarkonzept, dass Ferkel bis 8 kg als Saugferkel zu werten sind, deren Emissionen implizit bei den Sauen mitgerechnet werden, siehe Kapitel 5.1 und 5.3.

Bei den Schafen werden für alle Jahre ab 2010 die amtlichen Schafzahlen korrigiert. Grund ist der Wechsel des Erhebungstermins vom Frühjahr (bis 2009 Mai bzw. Juni) zum 1. März (2010) bzw. zum 3. November (seit 2011). Die mit diesem Wechsel verbundene scheinbare Abnahme der Lämmer (und damit der Schafe-Gesamtzahl) wird durch die Korrektur ausgeglichen (siehe Kapitel 6.2.1.1).

Die amtlichen Ziegenzahlen für 2010, 2013 und 2016 wurden dazu verwendet, die nicht verfügbaren Zahlen von 2011, 2012, 2014 und 2015 durch lineare Interpolation zu berechnen.

Die Pferdezahlen werden im Inventar zur Berücksichtigung unterschiedlichen Emissionsverhaltens in „Großpferde“ und „Kleinpferde und Ponys“ unterteilt. In der Landwirtschaftszählung 2010 sowie den Zählungen 2013 und 2016 wurden statt Pferdezahlen Equidenzahlen erhoben. Deren Zahl schließt in nicht separierbarer Weise Esel und Maultiere ein (included elsewhere, IE). Seit Submission 2015 entfällt daher im Inventar die

2015 submission, the inventory no longer includes "mules and asses" as a separate category; until the year 2009, the counts for mules and asses were added to the counts for light horses and ponies. In keeping with data of the INTERESSENGEMEINSCHAFT FÜR ESEL UND MAULTIERE (Interest association for mules and asses – IGEM), the applicable number for mules and asses has been estimated at 8,500 mules and asses. Data gaps within the time series of the animal numbers are closed by linear using interpolation.

In official surveys including 2007, pullets up to the age of six months were counted, although in common husbandry practice pullets are considered laying hens when they complete their 18th week of life. For the inventory, therefore, a fraction of the pullets was shifted into the laying-hen category up to and including the year 2007. At the same time, the total sum of pullets and laying hens was not changed. The next official survey after 2007 took place in 2010. As of this survey the animal number shifting between both categories is no longer needed as the animals are now counted according to husbandry practice.

For all poultry categories the data gaps in the time series were closed by linear interpolation.

In the inventory, the official data for turkeys were broken down by the categories "turkeys, males" and "turkeys, females", for all years since 1990, to take account of the differences in emissions behaviour.

Table 3.9 shows the data gaps left by official animal number since 1990 and names the methods used for data gaps closure.

separate Kategorie „Esel und Maultiere“. Die Zahl der Esel- und Maultiere wurde bis zum Jahr 2009 zu der Zahl der Kleinpferde und Ponys addiert. Diese Zahl wurde nach Daten der INTERESSENGEMEINSCHAFT FÜR ESEL UND MAULTIERE (IGEM) auf 8.500 Esel und Maultiere pro Jahr geschätzt. Datenlücken innerhalb der Zeitreihen der Tierzahlen in den Kategorien in „Großpferde“ und „Kleinpferde und Ponys“ wurden durch lineare Interpolation geschlossen.

Junghennen wurden bis 2007 entgegen der Halungspraxis (Aufstallung als Legehennen bereits nach der 18. Woche, wie es im Inventar auch berücksichtigt ist) offiziell bis zu einem Alter von 6 Monaten gezählt. Daher wurde für das Inventar bis 2007 einschließlich ein Teil der Junghennen in die Legehennen-Kategorie verschoben, wobei die Gesamtsumme aus Jung- und Legehennen nicht verändert wurde. Die nächste Geflügelzählung nach 2007 fand 2010 statt. Ab dieser Zählung entfällt die Umrechnung zwischen Junghennen und Legehennen, da die Tierzahlen entsprechend der Halungspraxis erhoben wurden.

Für alle Geflügelkategorien wurden die Lücken in den Tierzahlzeitreihen durch lineare Interpolation geschlossen.

Die offiziell erhobenen Putenzahlen wurden im Inventar zur Berücksichtigung unterschiedlichen Emissionsverhaltens für alle Jahre seit 1990 in Hähne und Hennen aufgeteilt.

Table 3.9 zeigt die Datenlücken, die ab 1990 bei den offiziellen Zählungen entstanden, sowie die zu ihrer Schließung verwendeten Methoden.

**Table 3.9: Reference dates of the surveys and methods of data gap filling used in the inventory**

	cattle, pigs	sheep	horses, poultry	goats
1990	3 Dec	3 June	3 Dec	annual estimates by BMELV
1991			interpolation	
1992			3 Dec	
1993			interpolation	
1994			3 Dec	
1995			interpolation	
1996			3 Dec	
1997			interpolation	
1998	3 May	3 May	3 May	annual estimates by Federal Statistical Office
1999			interpolation	
2000			3 May	
2001			interpolation	
2002			3 May	
2003			interpolation	
2004			3 May	
2005			interpolation	
2006			3 May	
2007			interpolation	
2008			3 May	
2009			interpolation	
2010	3 Nov	1 March (numbers corrected)	1 March	1 March
2011		3 Nov (numbers corrected)	interpolation	interpolation
2012			1 March	1 March
2013			interpolation	interpolation
2014			1 March	1 March
2015	3 Nov	3 Nov (numbers corrected)	interpolation	interpolation
2016			1 March	1 March



Table 3.10 summarizes the resulting time series of national numbers of animal places. The animal numbers of the various subcategories covering other cattle, pigs and poultry can be found in the data collection provided with this report (see Chapter 2.4) on sheet „AC\_1005“).

For the years 2014 and 2015 the animal numbers of goats, horses (equidae) and poultry differ significantly from the numbers used in last year's emission reporting: Goat numbers have considerably increased, while poultry numbers have remarkably decreased. Horse numbers are lower as well. These differences are a consequence of an improved estimation by linear interpolation instead of extrapolation.

In Table 3.10 finden sich die resultierenden nationalen Tierplatzzahlen. Die Zahlen der Unterkategorien bei den übrigen Rinder, den Schweinen und beim Geflügel finden sich in der beiliegenden Datensammlung (siehe Kapitel 2.4) auf dem Tabellenblatt „AC\_1005“.

Bei Ziegen, Pferden (Equiden) und Geflügel gibt es in den Jahren 2014 und 2015 Abweichungen gegenüber den Tierzahlen der letztjährigen Berichterstattung: Die Ziegenzahlen sind jetzt deutlich höher, die Geflügelzahlen merklich niedriger. Auch die Pferdezahlen sind niedriger. Diese Abweichungen sind Folge der verbesserten Schätzung dieser Tierzahlen durch lineare Interpolation statt Extrapolation.

**Table 3.10: Number of animal places in the German emission inventory (in 1000, cattle including buffalo, horses including mules and asses)**

	dairy cows	other cattle	pigs	sheep	goats	horses	poultry
1990	6.355	13.133	26.502	3.266	90	499	113.879
1991	5.632	11.502	22.183	3.250	86	519	108.770
1992	5.365	10.843	22.618	2.999	90	539	103.662
1993	5.301	10.597	22.238	3.001	92	573	106.805
1994	5.273	10.690	21.148	2.882	95	607	109.948
1995	5.229	10.661	20.387	2.991	100	634	111.228
1996	5.195	10.565	20.809	2.953	105	661	112.507
1997	5.026	10.201	21.248	2.885	115	602	114.439
1998	4.833	10.110	22.500	2.869	125	543	116.371
1999	4.765	10.132	22.138	2.724	135	484	118.303
2000	4.570	9.969	21.768	2.743	140	500	120.180
2001	4.549	10.055	21.792	2.771	160	515	122.056
2002	4.427	9.561	22.110	2.722	160	524	122.732
2003	4.371	9.274	22.365	2.697	160	533	123.408
2004	4.285	8.912	21.758	2.714	160	521	121.984
2005	4.236	8.800	22.743	2.643	170	508	120.560
2006	4.082	8.668	22.418	2.561	180	529	124.512
2007	4.071	8.617	22.985	2.538	180	550	128.463
2008	4.218	8.754	22.678	2.437	190	521	128.608
2009	4.205	8.742	23.022	2.350	220	491	128.754
2010	4.183	8.629	22.244	2.245	150	462	128.900
2011	4.190	8.340	22.788	1.980	143	462	145.044
2012	4.190	8.319	23.648	1.966	137	461	161.189
2013	4.268	8.418	23.391	1.877	130	461	177.333
2014	4.296	8.447	23.667	1.892	133	455	176.080
2015	4.285	8.351	22.979	1.867	136	448	174.827
2016	4.218	8.249	22.761	1.851	139	442	173.574

### 3.4.2.3 Comparison with livestock-population figures of the FAO / Vergleich mit Tierzahlen der FAO

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) publishes livestock-population figures for all countries of the world in the Internet database FAOSTAT (<http://faostat3.fao.org>). The German data in FAOSTAT are principally provided by the German Federal Statistical Office, the same data source for animal numbers as used in the German agricultural emission inventory. Nevertheless the comparison of data provided by FAOSTAT (state: 20 June 2016, time series up to 2014) and those used in the inventory reveals numerous differences. As a consequence, FAOSTAT data can be used neither for a check of the data used in the inventory nor for the closure of gaps in the data used in the inventory.

Minor differences can be attributed to rounding errors. In the comparison, such errors were considered to

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations) veröffentlicht weltweite Tierzahlen in der Internetdatenbank FAOSTAT (<http://faostat3.fao.org>). Die deutschen Angaben in FAOSTAT stammen wie die Tierzahlen im deutschen Inventar grundsätzlich vom Statistischen Bundesamt in Deutschland. Dennoch ergibt der Vergleich der Daten von FAOSTAT (Stand 20.06.2016: Zeitreihe bis 2014) und Inventar zahlreiche Abweichungen. Daher können FAOSTAT-Daten weder für eine Überprüfung der im Inventar verwendeten Daten noch zur Schließung von Datenlücken in den im Inventar verwendeten Tierzahl-Zeitreihen verwendet werden.

Kleinere Unterschiede zwischen FAOSTAT-Daten und Inventardaten können durch Rundungsfehler erklärt

be not relevant, and the relevant data were classified as being "in agreement." Main reasons for significant differences between FAOSTAT data and inventory data are, however, that FAOSTAT provides correct data for wrong years and that, obviously, the FAOSTAT methodology for gap closure is inconsistent. The main findings of the data comparison are listed in the following.

**Cattle (including buffalo):** For 2011 - 2013 FAOSTAT contains May-census data while the inventory uses data from the November census. For the period prior to 2000, the FAOSTAT figures have been entered in a year that is one year off the correct year (e. g., the 1999 FAO cattle numbers are actually the numbers for 1998).

**Pigs:** In general, the swine-population figures listed by FAO cannot be compared with the corresponding inventory figures as the inventory always deducts the numbers of piglets that weigh less than 8 kg (see Chapter 5.4.1.1). If one compares FAOSTAT swine numbers with the numbers provided by the Federal Statistical Office, it is found, like for cattle, that FAOSTAT numbers before 2000 show an offset of one year. The FAOSTAT data for the period 2011 – 2013 are taken from May censuses, while the inventory data are taken from November censuses.

**Sheep:** In the periods 1993 – 2000 and 2005 – 2009, the two sets of figures show good agreement. In the periods 1990 – 1992 and 2001 – 2004 there are discrepancies – some of them large – that cannot be explained with the available information. As of 2010, the FAOSTAT sheep figures cannot be compared with the corresponding inventory figures, since the inventory figures are corrected figures (see Chapter 6.2.1.1).

**Goats:** FAOSTAT does no longer provide explicit goat numbers, but includes them in the time series "sheep and goats". Subtracting the numbers provided in the FAOSTAT time series "sheep" yields the time series of the goat numbers. The latter are, prior to 2003, shifted by one year in comparison to the German statistics (FAOSTAT goat number for 1991 is essentially the German goat number of 1990, etc.). For the years 2003, 2005, 2007, 2010 and 2013 the FAOSTAT numbers agree with the German data. For the years in between there are differences that can be explained by FAOSTAT keeping old data or not correcting wrong estimates made in earlier stages of the FAOSTAT data base. The basis for the FAOSTAT numbers for 2011 and 2012, in particular, is unclear.

**Horses (including mules and asses):** FAOSTAT numbers prior to 2010 represent horses only, i. e. without mules and asses. Hence for a comparison the numbers used in the inventory have to be reduced by the number of mules and asses (see Chapter 3.4.2.2). As a consequence it is found that the horse numbers of FAOSTAT and the inventory agree for the years 1994, 2003 and

werden. Solche Unterschiede wurden als nicht relevant angesehen, so dass die entsprechenden Daten als „übereinstimmend“ eingestuft wurden. Hauptgründe für signifikante Unterschiede zwischen FAOSTAT und den deutschen Daten sind dagegen Einträge in FAOSTAT unter falschen Jahren und eine uneinheitliche FAOSTAT-Vorgehensweise bei der Schließung von Datenlücken. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse des Datenvergleichs aufgelistet.

**Rinder (incl. Büffel):** Im Unterschied zum Inventar enthält FAOSTAT in den Jahren 2011 – 2013 die Daten der Mai-Zählung, während das Inventar die Daten der November-Zählung verwendet. Vor 2000 sind die FAOSTAT-Zahlen um ein Jahr falsch eingetragen sind (z.B. enthält 1999 die Rinderzahlen von 1998).

**Schweine:** Die FAO-Schweinezahlen sind generell nicht mit den Inventarzahlen zu vergleichen, da im Inventar die Zahl der Ferkel mit einem Gewicht kleiner 8 kg abgezogen wird (siehe Kapitel 5.4.1.1). Vergleicht man die FAOSTAT-Zahlen mit den Zahlen des Statistischen Bundesamtes vor Abzug der Saugferkel, so findet sich wie bei den Rindern für die FAOSTAT-Zahlen vor 2000 eine Verschiebung um ein Jahr. Die FAOSTAT-Daten 2011 – 2013 entsprechen der Mai-Zählung, während das Inventar die Daten der November-Zählung verwendet.

**Schafe:** In den Zeiträumen 1993 – 2000 und 2005 – 2009 stimmen die Zahlen gut miteinander überein. In den Zeiträumen 1990 - 1992 und 2001 – 2004 gibt es z. T. größere Abweichungen, die mit den vorliegenden Informationen nicht erklärbar sind. Ab 2010 sind die FAOSTAT-Schafzahlen nicht mit den Inventarzahlen zu vergleichen, da im Inventar die Schafzahlen korrigiert werden (siehe Kapitel 6.2.1.1).

**Ziegen:** FAOSTAT gibt Ziegenzahlen nicht mehr explizit an, sondern in einer Zeitreihe „Schafe & Ziegen“. Subtrahiert man davon die Zahlen der FAOSTAT-Zeitreihe „Schafe“, erhält man die Zeitreihe der Ziegenzahlen. Diese Zahlen sind für die Jahre vor 2003 gegenüber der deutschen Statistik um ein Jahr versetzt (die FAOSTAT-Ziegenzahl 1991 gibt die deutsche Ziegenzahl von 1990 wieder usw.). Für die Jahre 2003, 2005, 2007, 2010 und 2013 stimmen die FAOSTAT-Zahlen mit den deutschen Zahlen überein. Für die Jahre dazwischen gibt es Abweichungen, die sich auf FAOSTAT-Seite aus Fortschreibung alter Daten oder nicht korrigierten Schätzwerten zurückführen lassen. Insbesondere die Herkunft der FAOSTAT-Ziegenzahlen für 2011 und 2012 ist unklar.

**Pferde (incl. Esel und Maultiere):** Die FAOSTAT-Zahlen vor 2010 geben nur die reinen Pferdezahlen ohne Esel und Maultiere wieder. Zieht man für einen Vergleich die hinzuaddierten Esel und Maultiere (siehe Kapitel 3.4.2.2) bei den Inventarzahlen ab, so ergibt sich für die Jahre 1994, 2003 und 2007 sowie angenähert für die Jahre 1996 und 2005 eine Übereinstimmung. Die

2007 and, approximately, for the years 1996 and 2005. The FAOSTAT horse number for 2013 corresponds with the official German number that, however, implicitly includes mules and asses. Hence the FAOSTAT number includes horses as well. For all years since 1990 not mentioned above, the FAOSTAT numbers partly considerably differ, e. g. by a one-year shift. Other differences, especially between 2008 and 2013, cannot be explained with the information available. The significant difference in 2014 can be explained by FAOSTAT keeping a trend that was already incorrect in earlier years.

**Poultry:** The poultry counts agree for nearly all years with animal censuses (1994, 1999, 2003, 2005, 2007 2010 and 2013). The results of the censuses 1990, 1996 and 2001 are found in FAOSTAT to be offset by one year, i.e. they are provided by FAOSTAT for 1991, 1997 and 2002. No systematic approach is discernible in FAOSTAT for the gap closure between 2010 and 2013 and for estimating the missing animal number of 2014, so that there are considerable differences between the FAOSTAT numbers and the inventory numbers.

FAOSTAT-Pferdezahl für 2013 entspricht der offiziellen deutschen Zahl, die aber implizit bereits Esel und Maultiere enthält, was damit auch für die FAOSTAT-Zahl gilt. In allen hier nicht genannten Jahren seit 1990 gibt es zum Teil erhebliche Abweichungen zwischen FAOSTAT- und deutschen Zahlen, u. a. durch Verschiebung um ein Jahr bei den FAOSTAT-Zahlen. Andere Abweichungen, insbesondere zwischen 2008 und 2013, sind mit den vorliegenden Informationen nicht erklärbar. Die stark abweichende FAOSTAT-Schätzung für 2014 erklärt sich aus einer Fortsetzung des in den Vorjahren schon nicht korrekten Trends durch FAOSTAT.

**Geflügel:** In fast allen Jahren mit Tierzählungen stimmen die Geflügelzahlen weitgehend überein (1994, 1999, 2003, 2005, 2007, 2010 und 2013). Die Ergebnisse der Zählungen der Jahre 1990, 1996 und 2001 sind in FAOSTAT fälschlich im darauffolgenden Jahr eingetragen. Die Schließung der Datenlücke zwischen 2010 und 2013 in FAOSTAT lässt keinerlei Systematik erkennen, ebenso wie die Schätzung der FAOSTAT-Zahl für 2014, so dass es zu erheblichen Abweichungen von den Inventardaten kommt.

### 3.4.3 Frequency distributions (housing, storage, spreading) and grazing data / Häufigkeitsverteilungen (Stall, Lager, Ausbringung) und Weidedaten

In Germany, depending on the animal category, there are different forms of animal housing and different techniques and procedures for the storage and application and incorporation of animal manures manure and digestates from anaerobic digestion of animal manures. Also the grazing times, where given, are different. The different emission behavior of these systems and techniques as well as their different distribution in Germany are taken into account in the inventory calculations. The data required for this (distributions of livestock / storage / litter and pasturage) was determined for the period 1990 to 1999 using the agricultural sector model RAUMIS and based on expert judgment, see Chapter 3.4.3.1. For the years 2010 and 2015 frequency distributions were collected by the Federal Statistical Office (2015 only for the application of manure and digestates), see Chapter 3.4.3.2 for 2010 and Chapter 3.4.3.3 for 2015. On the basis of the available data for the years 2000 - 2009, 2011 - 2014 and 2016 the lacking frequency distributions were estimated, see Chapter 3.4.3.4.

The time series of data finally used in the up-to-date inventory are given, as average values for Germany, in the data collection provided with the report at hand (see Chapter 2.4) on the sheets AI\_1005FHO, AI\_1005FST and AI\_1005FSP. See also the relevant note at the end of Chapter 3.4.3.4.

In Deutschland gibt es je nach Tierkategorie unterschiedliche Haltungsformen und verschiedene Techniken und Vorgehensweisen zur Lagerung und Ausbringung und Einarbeitung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten. Auch die Weidedauern, wo gegeben, unterscheiden sich. Das unterschiedliche Emissionsverhalten dieser Systeme und Techniken sowie ihre unterschiedliche Verbreitung in Deutschland werden in den Inventarberechnungen berücksichtigt. Die dafür erforderlichen Daten (Häufigkeitsverteilungen für Stall/Lager/Ausbringung sowie Weidedauern) wurden für die Zeit von 1990 bis 1999 mithilfe des Agrarsektormodell RAUMIS und gestützt durch Expertenurteile ermittelt, siehe Kapitel 3.4.3.1. Für 2010 und 2015 wurden Häufigkeitsverteilungen durch das Statistische Bundesamt erhoben (2015 nur für die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Gärresten), siehe dazu Kapitel 3.4.3.2 für 2010 und Kapitel 3.4.3.3 für 2015. Auf Grundlage der so verfügbaren Daten wurden für die Jahre 2000 – 2009, 2011 – 2014 und 2016 die fehlenden Häufigkeitsverteilungen geschätzt, siehe Kapitel 3.4.3.4.

Die Zeitreihen der im aktuellen Inventar schließlich verwendeten Daten finden sich als Mittelwerte für Deutschland in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4) auf den Tabellenblättern AI\_1005FHO, AI\_1005FST und AI\_1005FSP. Siehe dazu auch die diesbezügliche Anmerkung am Ende von Kapitel 3.4.3.4.

#### 3.4.3.1 The years 1990 - 1999 (RAUMIS) / Die Jahre 1990 - 1999 (RAUMIS)

For the years until 1999, data regarding the frequency distributions for housing (including shares of grazing and housing, housing types), storage types and spreading techniques (including different incorporation times)

Für Rinder, Schweine und Legehennen wurden für die Jahre 1990 - 1999 die Daten zu den Häufigkeitsverteilungen für Haltungsformen (Anteile Weidehaltung / Stallhaltung; Anteile von Aufstallungsformen), Lage-

were modelled using the agricultural sector model RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationsSystem für Deutschland – regionalised information system for agriculture and environment in Germany / Institute of Rural Studies of the TI). There is no grazing for pigs; for laying hens only the spreading was modeled.

For an introduction to RAUMIS see Weingarten (1995), for a detailed description see Henrichsmeyer et al. (1996). The data base and details of the resulting modelling of input data for GAS-EM using RAUMIS are described in DÖHLER et al. (2002), Chapter 2.6.2. They are collated in the following short overview:

The frequency distributions were calculated for the years 1991, 1995, and 1999. For this purpose Germany was divided in 11 model regions whose agricultural structure was considered uniform. In 13 districts within these regions experts were consulted.

These model district data formed the basis from which the data needed for the calculation of the emissions in all German districts was derived. In a first step this was done using a cluster analysis to assign all German districts to the 11 model regions regardless of boundaries of federal states. In a limited number of cases the cluster analysis had to be corrected by means of maps and statistics.

A second step was performed under the assumption that the stock size has a major impact on the type of the chosen housing system. Therefore a projection was carried out for an approximate estimate of the frequencies of housing systems in all regions. The projection was based on collected characteristics that was differentiated according to stock size classes. It was taken into account that the manure management depends on individual regulations of each federal state concerning informational, advisory and supporting programmes as well as sanctions.

The Federal Statistical Office (Statistisches Bundesamt) replenished the surveys in the modelled regions with a special evaluation of the amount of manure and slurry in agricultural farms ordered by administrative districts. For the assessment of the situation in the New Länder in 1990, data of the official 1987 GDR census on buildings and building structures were used.

For the emission calculations, the distributions modelled by RAUMIS are applied as follows: 1991 for 1990 to 1993; 1995 for 1994 to 1998; 1999 for the years from 1999 onwards.

In addition to the distributions modeled with RAUMIS, the following characteristics were used for the calculations of horses, sheep, goats and poultry for the years 1990 to 1999 in coordination with KTBL (uniform for the whole of Germany):

- Housing/storage: For horses, sheep, goats and poultry without laying hens, only one housing and storage system is assumed (solid manure). This also applies to storage with laying hens. The frequencies of housing systems of laying hens are provided by the Federal Statistical Office at an annual rate, see Chapter 8.3.2.

rungsformen sowie Ausbringungstechniken und Einarbeitungsdauern mithilfe des Agrarsektormodells RAUMIS (Regionalisiertes Agrar- und UmweltInformationsSystem für Deutschland / Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume des TI) modelliert. Für Schweine gibt es keine Weidehaltung; für Legehennen wurde nur die Ausbringung modelliert.

Für eine Einführung zu RAUMIS siehe Weingarten (1995). Eine detaillierte Modellbeschreibung findet sich bei Henrichsmeyer et al. (1996). Datengrundlagen und Details der darauf aufbauenden Modellierung der GAS-EM-Eingangsdaten mit RAUMIS sind in DÖHLER et al. (2002), Kapitel 2.6.2 beschrieben und werden nachfolgend in einer kurzen Übersicht zusammengefasst:

Die Häufigkeitsverteilungen wurden für die Jahre 1991, 1995 und 1999 erstellt. Dazu wurde Deutschland in 11 Modellregionen mit jeweils vergleichbarer Agrarstruktur gegliedert, in denen in 13 repräsentativen Kreisen Expertenbefragungen durchgeführt wurden.

Für die Übertragung und Hochrechnung der Modellkreisdaten zur Erstellung einer Datengrundlage für eine flächendeckende Emissionsberechnung erfolgte in einem ersten Schritt eine Clusteranalyse, um alle deutschen Kreise den 11 Modellregionen zuordnen zu können. Dabei wurde auch eine bundeslandübergreifende Zuordnung zugelassen. Die Ergebnisse der Clusteranalyse wurde in einigen wenigen Fällen anhand von Karten und Statistiken korrigiert.

Unter der Annahme, dass die Bestandsgröße bei der Ausprägung der Stallhaltungsformen von entscheidender Bedeutung ist, erfolgte in einem zweiten Schritt zur Schätzung der Verfahrensumfänge in allen Regionen eine Hochrechnung auf Grundlage der nach Bestandsgrößenklassen differenziert erfassten Merkmale. Dabei wurde auch berücksichtigt, dass das Wirtschaftsdünger-Management von Informations-, Beratungs- und Förderprogrammen sowie von Auflagen abhängt, die auf Bundesländerebene ausgestaltet werden.

Eine Sonderauswertung des Mist- und Gülleanfalls in landwirtschaftlichen Betrieben nach Regierungsbezirken durch das Statistische Bundesamt ergänzte die Erhebungen in den Modellregionen. Zur Einschätzung der Situation in den neuen Ländern im Jahr 1990 wurden Daten der DDR-Bausubstanzanalyse 1987 herangezogen.

Die mit RAUMIS modellierten Verteilungen werden für die Emissionsberechnungen wie folgt als gültig angenommen: 1991 für 1990 bis 1993; 1995 für 1994 bis 1997; 1999 für 1998 und 1999.

Zusätzlich zu den mit RAUMIS modellierten Verteilungen wurden für Pferde, Schafe, Ziegen und Geflügel für die Jahre 1990 bis 1999 in Abstimmung mit KTBL folgende Merkmale für die Inventarberechnungen zugrunde gelegt (einheitlich für ganz Deutschland):

- Haltung/Lagerung: Für Pferde, Schafe, Ziegen und Geflügel ohne Legehennen wird jeweils nur ein Halte- und Lagerungssystem angenommen (Festmist). Dies gilt auch für die Lagerung bei Legehennen. Die Häufigkeiten Legehennen-Haltungsformen werden im jährlichen Rhythmus vom Statistischen Bundesamt bereitgestellt, siehe Kapitel 8.3.2.

- Application: broadcast without incorporation with horses, sheep and goats; broadcast with 24-hour incorporation with poultry without laying hens.
- Grazing times, horses: All horses are on pasture 180 days a year for 10 hours.
- Grazing times, sheep: All sheep are on pasture 24 hours a day, 300 days a year.
- Grazing times, goats: Half of the goats are on pasture 24 hours a day, 250 days a year. The other half has no pasturage.

The data described above are, in the report at hand, collectively addressed by the label "RAUMIS".

In the current inventory these data were partially replaced based on findings from the 2010 Agricultural Census (LZ 2010, see Chapter 3.4.3.2) and from the 2016 Agricultural Structure Survey (ASE 2016, see Chapter 3.4.3.3). This concerns (see Chapter 3.4.3.2.7):

- grazing times for male cattle and male cattle > 2 years,
- grazing times for sheep.

The storage and application of digestates from anaerobic digestion did not yet play a role in the emissions inventory at the time of creating the RAUMIS data modeling, which is why no assumptions were made at the time. It is not possible to retrieve information for the years 1990 to 1999. Since this also applies to the years 2000 to 2009, the data on techniques and procedures collected in the LZ 2010 (see Chapter 3.4.3.2) were used for the entire period from 1990 to 2010

- Ausbringung: Breitverteiler ohne Einarbeitung bei Pferden, Schafen und Ziegen; Breitverteiler mit Einarbeitung innerhalb von 24 Stunden bei Geflügel ohne Legehennen.
- Weidedauer, Pferde: Alle Pferde sind an 180 Tagen im Jahr für 10 Stunden auf der Weide.
- Weidedauer, Schafe: Alle Schafe sind an 300 Tagen im Jahr 24 Stunden auf der Weide.
- Weidedauer, Ziegen: Die Hälfte der Ziegen ist an 250 Tagen im Jahr 24 Stunden auf der Weide. Die andere Hälfte hat keinen Weidegang.

Die Gesamtheit der oben beschriebenen Daten wird im vorliegenden Berichtsband unter der Bezeichnung „RAUMIS“ angesprochen.

Im aktuellen Inventar wurden diese Daten aufgrund von Erkenntnissen aus der Landwirtschaftlichen Zählung 2010 (LZ 2010, siehe Kapitel 3.4.3.2) und aus der Agrarstrukturhebung 2016 (ASE 2016, siehe Kapitel 3.4.3.3) teilweise ersetzt. Dies betrifft (siehe Kapitel 3.4.3.2.7):

- Weidezeiten für männliche Mastrinder und männliche Rinder > 2 Jahre,
- Weidezeiten für Schafe.

Lagerung und Ausbringung von Gärresten spielten zur Zeit der Erstellung der RAUMIS-Daten-Modellierungen noch keine Rolle im Emissionsinventar, weshalb dafür seinerzeit auch keine Annahmen getroffen wurden. Es ist nicht möglich, nachträglich Informationen für die Jahre 1990 – 1999 zu erhalten. Da dies auch auf die Jahre 2000 – 2009 zutrifft, wurden die in der LZ 2010 (siehe Kapitel 3.4.3.2) erhobenen Daten zu Techniken und Vorgehensweisen für den gesamten Zeitraum 1990 bis 2010 angewendet.

### 3.4.3.2 The year 2010 (LZ 2010) / Das Jahr 2010 (LZ 2010)

The frequency distributions of housing and storage facilities as well as application procedures for 2010 were collected by means of the 2010 official agricultural census<sup>18</sup> („Landwirtschaftszählung 2010“) and of the simultaneous survey of agricultural production methods as well as the 2011 survey on manure application practices („Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung“)<sup>19</sup>. Census and both surveys were carried out by the Federal Statistical Office. The resulting data are, in the report at hand, collectively addressed by the label "LZ 2010" (for „Landwirtschaftszählung 2010“).

The procedures used for the evaluation of the results of the LZ 2010 is described in DIETERLE (2012). The resolution in space is federal states, i.e., all districts within a given state are described with the same data set. A higher resolution in space (districts) appeared not meaningful in view of the uncertainties involved.

Die Häufigkeitsverteilungen von Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren wurden für 2010 im Rahmen der vom Statistischen Bundesamt durchgeführten „Landwirtschaftszählung 2010“<sup>18</sup> und der parallel dazu durchgeführten „Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden“ sowie der „Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung im Kalenderjahr 2010 für die Emissionsberichterstattung“<sup>19</sup> erhoben. Diese Daten werden im vorliegenden Berichtsband einheitlich unter der Bezeichnung „LZ 2010“ angesprochen.

Die Vorgehensweise zur Auswertung der Erhebungsergebnisse der LZ 2010 wird in DIETERLE (2012) beschrieben. Sie erfolgte auf Bundeslandebene, sodass allen Kreisen eines Bundeslandes identische Datensätze zugewiesen wurden. Eine Auswertung auf Kreisebene war wegen der damit verbundenen großen statistischen Unsicherheit nicht sinnvoll.

<sup>18</sup> <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaft/Landwirtschaftszaehlung2010/Ergebnisse.html>

<sup>19</sup> <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Produktionsmethoden/Produktionsmethoden.html>



For the same reason, separate evaluations were not performed for the single city states. Instead, Bremen was treated like Niedersachsen, Berlin like Brandenburg, and Hamburg like Schleswig-Holstein.

Further details on the use of LZ 2010 data for inventory calculations are described in the following subchapters and in Chapter 3.4.3.4.

#### 3.4.3.2.1 *Housing systems, cattle / Haltungsverfahren, Rinder*

Statistisches Bundesamt provided frequency distributions of housing systems for dairy cows, heifers, suckler cows, mature males > 2 years and calves. These comprise

- tied systems, predominantly slurry based;
- tied systems, predominantly solid manure based;
- loose housing systems, predominantly slurry based;
- loose housing systems, predominantly solid manure based;
- other housing systems.

The category “other housing systems” is not defined with respect to its emission properties. Hence it cannot be used in emission reporting. The percentages of this category were redistributed to the other housing facility categories according to their proportions. On the national scale, about 3 % of all housing systems had been declared “other systems” for heifers and male beef cattle, 20 % of suckler cows, 13 % of mature males > 2 years. For dairy cows the share of “other systems” on the national scale was close to 0 %. However, differences were observed for a few federal states - 3 states declared 1 and 2 % “other systems”. As a result of the redistribution, the data used within inventory deviate from those supplied by Statistisches Bundesamt.

The frequency data of calves as provided by Statistisches Bundesamt cannot be used in the inventory as the surveys counted cattle up to an age of 6 or 8 months as calves (see Chapter 4.4.1.1) while the inventory defines calves as cattle up to an age of 4 months.

Furthermore, the inventory assumes that from 2003 onwards calves have been kept in deep bedding systems, whereas before 2003 they were kept in tied systems with bedding (50 %) and in deep bedding systems (50 %). (Expert judgement KTBL, as tied systems for calves were banned in Germany.)

The information provided by Statistisches Bundesamt with regard to suckler cows as “loose housing systems” is taken to be deep bedding systems (expert judgement KTBL). For male beef cattle, “loose housing systems” is interpreted as “sloped floor systems with bedding”. This is the same definition as in RAUMIS. For all other animal categories “loose housing systems, predominantly solid manure based” is considered a loose house with periodical removal of manure. For heifers, this resulted in a revision of the category “deep bedding” used between 1990 and 1999 (expert judgement KTBL).

Aus diesem Grunde wurden auch die Ergebnisse der Stadtstaaten verworfen und durch die Ergebnisse der benachbarten Flächenbundesländer ersetzt: Bremen durch Niedersachsen, Berlin durch Brandenburg und Hamburg durch Schleswig-Holstein.

Weitere Details zur Verwendung der Daten der LZ 2010 für die Inventarberechnungen finden sich in den nachfolgenden Unterkapiteln und in Kapitel 3.4.3.4.

Vom Statistischen Bundesamt wurden für Milchkühe, Färsen, Mutterkühe, Männliche Mastrinder, männliche Rinder > 2 Jahre und Kälber die prozentualen Anteile folgender Stallhaltungsverfahren bereitgestellt:

- Anbindeställen, überwiegend mit Gülle;
- Anbindeställen, überwiegend mit Festmist;
- Laufställen, überwiegend mit Gülle;
- Laufställen, überwiegend mit Festmist;
- andere Haltungsverfahren.

Die Kategorie „andere Haltungsverfahren“ ist hinsichtlich der Emissionseigenschaften undefiniert und kann daher für die Emissionsberichterstattung nicht verwendet werden. Die Anteile dieser Kategorie wurden auf die übrigen vier Stallhaltungsverfahren entsprechend deren relativer Häufigkeit aufgeteilt. Dadurch stimmen die im Inventar verwendeten Zahlen bei den Färsen und männlichen Mastrindern (bundesweit je 3 % „andere Haltungsverfahren“), Mutterkühen (20 %), männliche Rinder > 2 Jahre (13 %) nicht mit den vom Statistischen Bundesamt gelieferten Prozentzahlen überein. Analog verfahren wurde bei den Milchkühen, bei denen zwar auf Bundesebene 0 % andere Haltungsverfahren erhoben wurden, bei denen allerdings auf Bundeslandebene auch 3 Bundesländer mit 1 und 2 % anderen Haltungsverfahren erfasst wurden.

Die vom Statistischen Bundesamt gelieferten Verteilungsdaten für Kälber wurden nicht verwendet, da sie für Kälber bis zu einem Alter von 6 bzw. 8 Monaten erhoben wurden (siehe Kapitel 4.4.1.1), im Inventar die Kategorie Kälber aber nur Rinder bis zu einem Alter von 4 Monaten umfasst.

Außerdem wird angenommen, dass Kälber seit 2003 zu 100 % auf Tiefstreu gehalten wurden und davor zu 50 % in Anbindehaltung mit Festmist und zu 50 % auf Tiefstreu (Expertenurteil KTBL aufgrund des Verbots der Anbindehaltung bei Kälbern in Deutschland).

Bei Mutterkühen wird „Laufstall, überwiegend mit Festmist“ im Inventar als Tiefstreu interpretiert (Expertenurteil KTBL). Bei den männlichen Mastrindern wird „Laufstall, überwiegend mit Festmist“ im Inventar als Tretmist angesehen (entsprechend der in RAUMIS verwendeten Kategorie). Bei allen anderen Tierkategorien wird „Laufstall, überwiegend mit Festmist“ als Stall mit regelmäßiger Entmistung interpretiert. Dies bedeutete bei den Färsen eine nachträgliche Revision der ursprünglichen in RAUMIS verwendeten Kategorie „Tiefstreu“, auch für die Jahre 1990 bis 1999 (Expertenurteil KTBL).

#### 3.4.3.2.2 *Housing systems, pigs / Haltungsverfahren, Schweine*

Statistisches Bundesamt provided frequency distributions of housing systems for the animal categories “sows” (for reproduction) and “other pigs” (including piglets) :

- fully slatted floors,
- partly slatted floors,
- non-slatted floors with bedding and periodical removal of manure,
- other housing systems
- free range.

The inventory differentiates between the subcategories sows (including suckling-pigs), weaners, fattening pigs and boars (for reproduction). So far, identical housing data were used for sows and boars. The same applied to weaners and fattening pigs. For reasons of consistency this treatment was maintained when the 2010 data sets provided by Statistisches Bundesamt were evaluated.

The category “other housing systems” cannot be used in the inventory as it is not defined there. It is interpreted as a closed insulated stable deep bedding system.

The category “free range” cannot be treated adequately in the inventory due to lack of emission factors. However, its frequency on the national level as reported by Statistisches Bundesamt is 0 %. Few federal states reported a frequency of 1 %. In the inventory, “free range” is treated in the same way as a “free ventilated deep bedding system”.

The other three provided housing systems are expected to be closed insulated stable systems.

As practiced in former inventories, the inventory differentiates for sows and boars between slurry based and farmyard manure systems. The frequencies of fully and partly slatted floor systems are combined in the inventory category “slurry based systems”. The three remaining categories obtained from LZ 2010 are combined under the inventory category “solid manure systems”.

For weaners and fattening pigs the four categories “fully slatted floor systems”, “partly slatted floor systems”, “non-slatted floors with bedding and periodical removal of manure”, “sloped floor systems” and “deep bedding system” are taken into account.

Das Statistische Bundesamt stellte für die Tierkategorien Zuchtsauen und übrige Schweine inklusive Ferkel die prozentualen Anteile folgender Stallhaltungsverfahren bereit:

- Vollspaltenboden,
- Teilspaltenboden,
- planbefestigter Boden mit Einstreu und regelmäßiger Entmistung,
- andere Stallhaltungsverfahren
- Freiland.

Das Inventar unterscheidet zwischen Zuchtsauen (inklusive Saugferkel), Aufzuchtferkeln, Mastschweinen und Zuchtebern. Dabei wurden bisher für Eber und Zuchtsauen die gleichen Daten zu Haltungsverfahren verwendet. Analog war das Vorgehen für Mastschweine und Aufzuchtferkel. Aus Konsistenzgründen wurde dies bei der Auswertung der vom Statistischen Bundesamt für 2010 gelieferten Erhebungsdaten beibehalten.

Die Kategorie „andere Stallhaltungsverfahren“ ist hinsichtlich der Emissionseigenschaften undefiniert und kann daher für die Emissionsberichterstattung nicht verwendet werden. Sie wird als Tiefstreu im wärmegeprägten Stall interpretiert.

Die Kategorie „Freiland“ ist mangels Emissionsfaktor in GAS-EM nicht abbildbar. Auf Bundesebene liegt ihr Anteil nach den gelieferten Zahlen des Statistischen Bundesamtes bei 0 %; in den wenigen Bundesländer, für die Freilandhaltung mit 1 % ermittelt wurde, wird „Freiland“ im Inventar wie „Tiefstreu im Außenklimastall“ behandelt.

Für die anderen drei erhobenen Stallhaltungsverfahren wird angenommen, dass sie wärmegeprägt sind.

Für Zuchtsauen und Eber wird im Inventar wie bisher nur zwischen Flüssigmist- und Festmistverfahren unterschieden. Die Summe der offiziell erhobenen Häufigkeiten von „Vollspaltenboden“ und „Teilspaltenboden“ liefert die Häufigkeit der Inventarkategorie „Flüssigmist“, die Summe der Häufigkeiten der anderen drei in der LZ 2010 berücksichtigten Stallhaltungsverfahren die Häufigkeit der Inventarkategorie „Festmist“.

Bei den Mastschweinen und Aufzuchtferkeln werden die vier Kategorien „Vollspaltenboden“, „Teilspaltenboden“, „planbefestigter Boden mit Einstreu und regelmäßiger Entmistung“ und „Tiefstreu“ verwendet.

#### 3.4.3.2.3 *Housing systems, other animals / Haltungsverfahren, übrige Tiere*

For horses, sheep, goats and poultry without laying hens no data was collected in the LZ 2010 (nor in the ASE 2016, see chapter 3.4.3.3). The inventory is therefore based on the continuation of the assumptions made in Chapter 3.4.3.1. The laying hen husbandry forms are provided by the Federal Statistical Office at an annual rate, see Chapter 8.3.2.

Für Pferde, Schafe, Ziegen und Geflügel ohne Legehennen wurden in der LZ 2010 (und in der ASE 2016, siehe Kapitel 3.4.3.3) keine Daten erhoben. Das Inventar geht deshalb vom Fortbestand der in Kapitel 3.4.3.1 getroffenen Annahmen aus. Die Legehennen-Haltungsformen werden im jährlichen Rhythmus vom Statistischen Bundesamt bereitgestellt, siehe Kapitel 8.3.2.

#### 3.4.3.2.4 *Slurry storage systems, cattle and pigs / Güllelagerverfahren, Rinder und Schweine*

The following separate frequency distributions were provided by Statistisches Bundesamt for slurry stores in cattle and pig husbandry:

- without cover,
- with natural crust,
- with artificial crust,
- with plastic film or solid cover.

The frequencies of these categories apply to the cattle and pig categories as a whole. No further differentiation is made for subcategories.

The official surveys did not cover the share of slurry stored underneath slatted floors. In Germany this fraction cannot be neglected. The 1999 frequency distributions (last data set provided by RAUMIS), however, allowed for this differentiation. The data available for animal numbers of cattle and pigs were used to assess weighted means of the shares of slurry stored underneath slatted floors in 1999. The percentages obtained were then used for all cattle and pigs in the inventory for 2010. The differences between these percentages and 100 % were allocated to the four slurry storage categories surveyed by the Federal Statistical Office. The allocation was based on the relative shares of these four storage categories.

Vom Statistischen Bundesamt wurden getrennt für Rinder und Schweine die prozentualen Anteile für folgende Güllelager-Varianten bereitgestellt:

- ohne Abdeckung,
- mit natürlicher Schwimmdecke,
- mit künstlicher Schwimmdecke,
- mit Folien- oder fester Abdeckung.

Diese Anteile gelten jeweils für alle Rinder und alle Schweine und werden nicht nach Unterkategorien differenziert.

Durch die offizielle Erhebung nicht abgefragt wurde der Anteil der Gülle, der unter Spaltenboden gelagert wird und der in Deutschland nicht unbedeutend ist. Mithilfe der Rinderzahlen bzw. Schweinezahlen und ihrer entsprechenden N-Ausscheidungen von 1999 wurde das gewichtete Mittel des Anteils der Güllelagerung unter Spaltenboden in den einzelnen Bundesländern aus dem letzten verwendeten RAUMIS-Datensatz von 1999 gebildet. Die dabei erhaltenen Prozentzahlen wurden für 2010 für alle Rinder bzw. Schweine angenommen. Die Differenz zwischen diesen Prozentzahlen und 100 % wurden zwischen den vom Statistischen Bundesamt erhobenen vier Güllelagerkategorien gemäß ihren relativen Anteilen aufgeteilt.

#### 3.4.3.2.5 *Other storage systems / Andere Lagerverfahren*

For cattle and pigs data for the storage of solid manure were collected in the LZ 2010. For the other categories of animals no data were collected, so it was assumed that the latest information from Chapter 3.4.3.1 persists.

Für Rinder und Schweine wurden in der LZ 2010 Daten zur Lagerung von Festmist erhoben. Für die anderen Tierkategorien wurden keine Daten erhoben, so dass angenommen wurde, dass die letztgültigen Angaben aus Kapitel 3.4.3.1 fortbestehen.

#### 3.4.3.2.6 *Spreading of animal manures and digestate / Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Gärresten*

The Federal Statistical Office (Statistisches Bundesamt) delivered frequency distributions for the application of untreated slurry from cattle and pigs, of leachate from cattle and pigs (combined) and of liquid digestate (digested manure from cattle, pigs and poultry as well as residues from anaerobic digestion of energy crops), covering the techniques involved, the time span between application and incorporation as well as the kind of land use:

- **broad cast:** Application to bare soil: with immediate incorporation, incorporation within 1 to 4 hours, 4 to 8 hours or more than 8 hours. Application to tilled arable land, grassland or permanent crops;
- **trailing hose:** Application to bare soil: with immediate incorporation, incorporation within 1 to 4 hours, 4 to 8 hours or more than 8 hours. Application to tilled arable land, grassland or permanent crops;
- **trailing shoe:** application to bare soil, to tilled arable land, to grassland or to permanent crops;

Vom Statistischen Bundesamt wurden jeweils für Rinder- bzw. Schweinegülle (unbehandelt) sowie für Jauche (Rinder- und Schweinejauche gemeinsam) und flüssigen Gärrest (vergorene Rinder-, Schweine- und Geflügelexkremente sowie Gärreste von Energiepflanzen gemeinsam) die Werte der relativen Anteile bereitgestellt, die mit folgenden Techniken und Einarbeitungszeiten sowie auf folgende Flächennutzungsarten ausgebracht wurden:

- **Breitverteiler:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland: Einarbeitung sofort, zwischen 1 und 4 h, zwischen 4 und 8 h oder nach mehr als 8 h. Ausbringung auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Schleppschlauch:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland: Einarbeitung sofort, zwischen 1 und 4 h, zwischen 4 und 8 h oder nach mehr als 8 h. Ausbringung auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Schleppschuh:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland, auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland



- **slot injection:** application to bare soil, to tilled arable land, to grassland or to permanent crops;
- **slurry cultivator or other injection techniques:** application to bare soil, to tilled arable land, to grassland or to permanent crops.

Any incorporation after 12 hours was treated as „incorporation between 8 and 12 hours“.

The German inventory system has no emission factors for permanent cultures. These are treated in the same way as grassland. The share applied to permanent crops is thus added to the share spread on grassland.

In Germany there do not exist any differentiated emission factors for slurry application with a trailing shoe referring to the kind of land use. Therefore all shares of slurry applied on different kinds of land use with the trailing shoe technique are summarized.

There are only two emission factors available for the application techniques „injection“ and „slurry cultivator“: One for slurry cultivator on bare soil, and one common to the rest of the application techniques in these two categories. Hence the frequencies of the latter are summed up.

The working group on emission reporting had made proposals to inquire frequency distributions for the application procedures of solid manures. These were not accepted for the questionnaires of LZ 2010. The little information that could be extracted from the remaining questions in the questionnaires does not allow for a detailed judgment. So it was initially assumed that the latest information from Chapter 3.4.3.1 persisted. This has been changed with the corresponding results of the ASE 2016 survey, see Chapters 3.4.3.3 and 3.4.3.4.

#### 3.4.3.2.7 *Grazing times / Weidezeiten*

Statistisches Bundesamt made data available describing, in federal state resolution, the frequency of animals grazing (in %), the mean annual duration of the grazing period (in weeks) and the average daily grazing time (in hours per day) for dairy cows, heifers, male beef cattle, mature males > 2 years and calves.

Of these, the data for calves are not used in the inventory, as the category described by Statistisches Bundesamt (calves younger than 8 months) differs from that used in the inventory (calves younger than 4 months). For calves younger than 4 months, the inventory simplifyingly assumes no grazing.

All other data supplied by Statistisches Bundesamt are used as provided.

In previous submissions, no data were available for grazing times of male beef cattle and mature males > 2 years. Therefore „no grazing“ had been assumed for these subcategories. In the present submission, the data

oder auf Dauerkulturen;

- **Schlitzverfahren:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland, auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen;
- **Güllegrubber:** Ausbringung auf unbestelltes Ackerland, auf bestelltes Ackerland, auf Dauergrünland oder auf Dauerkulturen.

Die Einarbeitung nach mehr als 8 h wurde als Einarbeitung nach höchstens 12 h interpretiert.

Für die Ausbringung auf Dauerkulturen existieren in Deutschland keine Emissionsfaktoren, daher wird im Inventar der Anteil, der auf Dauerkulturen ausgebracht wurde, jeweils dem Anteil, der auf Dauergrünland ausgebracht wurde, hinzugezählt.

Für die Ausbringung mit dem Schleppschuh existieren in Deutschland keine nach Flächennutzungsart differenzierten Emissionsfaktoren. Daher werden alle auf unterschiedliche Flächennutzungen ausgebrachten Anteile, die mit dem Schleppschuh ausgebracht wurden, zusammengezählt.

Mit Ausnahme des Güllegrubbers auf unbewachsenen Flächen, für den ein eigener Emissionsfaktor existiert, werden in Ermangelung flächennutzungsbezogener Emissionsfaktoren alle Ausbringungsanteile der beiden Kategorien „Schlitzverfahren“ und „Güllegrubber und andere Injektionsverfahren“ zusammengefasst.

Die durch die Emissionsberichterstattungsgruppe vorgeschlagenen Fragen zur Festmist-Ausbringung wurden für den Fragenkatalog der LZ 2010 nicht akzeptiert. Die Informationen, die aus den wenigen im Fragebogen verbliebenen Fragen gewonnen werden konnten, erlauben keine differenzierte Einschätzung, so dass zunächst angenommen wurde, dass die letztgültigen Angaben aus Kapitel 3.4.3.1 fortbestehen. Dies wurde mit Vorliegen der entsprechenden Ergebnisse der ASE-2016-Befragung geändert, siehe Kapitel 3.4.3.3 und 3.4.3.4.

Der Anteil der Rinder mit Weidegang wurde vom Statistischen Bundesamt für jedes Bundesland getrennt nach Milchkühen, Färsen, Mutterkühen, männlichen Mastrindern, männlichen Rindern > 2 Jahre und Kälbern in Prozent bereitgestellt: durchschnittliche jährliche Weidedauer in Wochen und durchschnittliche Weidedauer in Stunden pro Tag.

Die Daten für die Kälber wurden nicht verwendet, da sie für Kälber bis zu einem Alter von 8 Monaten erhoben wurden, im Inventar die Kategorie Kälber aber nur Rinder bis zu einem Alter von 4 Monaten umfasst. Das Inventar geht vereinfachend davon aus, dass Kälber bis 4 Monate keinen Weidegang haben.

Die übrigen Daten des Statistischen Bundesamtes wurden unverändert übernommen.

Für frühere Inventare gab es für männliche Mastrinder und männliche Rinder > 2 Jahre keine Informationen zum Weidegang, weshalb „kein Weidegang“ angenommen wurde. Die für 2010 für diese beiden Tierkategorien

provided for 2010 are used for the entire time series as of 1990.

For pigs, the inventory does not consider any times outdoors.

For sheep (including lambs) the Federal Statistical Office provided the share of animals grazed (in %), the mean annual duration of the grazing period (in weeks) and the mean daily grazing hours for each federal state.

For the city states data from the neighbouring federal states (Schleswig-Holstein for Hamburg, Niedersachsen for Bremen, Brandenburg for Berlin) were adopted. It is not possible to create a time series as of 1990. Therefore the 2010 data are used for all years of the time series.

Annual grazing times on a national level are summarized in the data collection provided with this report (see Chapter 2.4) on sheet AI\_1005FHO. This data is derived from survey data provided by Statistisches Bundesamt.

erhobenen Weidegangdaten wurden daher für den gesamten Berichtszeitraum ab 1990 übernommen.

Für Schweine sieht das Inventar keine Zeiten im Freiland vor.

Für Schafe (einschließlich Lämmer) wurde vom Statistischen Bundesamt für jedes Bundesland der Anteil der Tiere mit Weidegang (in %), die durchschnittliche jährliche Weidedauer in Wochen und die durchschnittliche Weidedauer in Stunden pro Tag bereitgestellt.

Für die Stadtstaaten wurden die Daten der benachbarten Bundesländer übernommen (Schleswig-Holstein für Hamburg, Niedersachsen für Bremen, Brandenburg für Berlin). Eine Zeitreihe ab 1990 lässt sich nicht erstellen. Daher werden die Daten von 2010 für alle Jahre ab 1990 eingesetzt.

Auf Tabellenblatt AI\_1005FHO in der beiliegenden Datensammlung (siehe Kapitel 2.4) wird auf Bundesebene die aus den Erhebungsdaten folgende durchschnittliche jährliche Weidezeit in % des Jahres angegeben.

#### 3.4.3.3 The year 2015 (ASE 2016) / Das Jahr 2015 (ASE 2016)

With the Agricultural Structure Survey 2016 (ASE 2016), the Federal Statistical Office collected agricultural data for 2015, including data on the application of liquid and solid manure and digestates. Data on housing, storage and grazing were not collected.

For liquid manure and digestates, the following data on application techniques and induction times were collected:

- broadcast with incorporation within one hour or more than one hour on a bare soils, as well as without incorporation on cultivated areas and permanent grassland;
- trailing hose: same as for broadcast;
- trailing shoe: application on bare and cultivated soils as well as on permanent grassland;
- injection techniques: as for the trailing shoe;
- slurry cultivators and other injection techniques: as with trailing shoe.

The same procedure was followed with this data as with the corresponding data of the LZ 2010, see Chapter 3.4.3.2.4. As it has been necessary to incorporate liquid manure and digestates within 4 hours since 2012 (see chapter 3.4.3.2.4), the frequencies of incorporation within more than one hour has been interpreted as "incorporation within 4 hours". All data on trailing shoe techniques has been summarized as there is only one single trailing shoe emission factor for  $\text{NH}_3$ . The application with slurry cultivator on bare soils was assigned to the application with manure cultivator. The application with slurry cultivators and other injection methods on cultivated soils and on permanent grassland was combined with the total application by means of injection techniques, since there is only one  $\text{NH}_3$  emission factor (emission factor for injection techniques).

Mit der Agrarstrukturerhebung 2016 (ASE 2016) erhob das Statistische Bundesamt landwirtschaftliche Daten für das Jahr 2015, darunter auch Daten zur Ausbringung von flüssigen und festen Wirtschaftsdüngern und Gärresten. Daten zu Haltungs- und Lagerverfahren sowie Weidegang wurden nicht erhoben.

Für flüssige Wirtschaftsdünger und Gärreste wurden folgende Daten zu Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten erhoben:

- Breitverteiler mit Einarbeitung innerhalb einer Stunde oder mehr als einer Stunde auf unbestellter Fläche, sowie ohne Einarbeitung auf bestellten Flächen und Dauergrünland;
- Schleppschlauch: wie bei Breitverteiler;
- Schleppschuh: Ausbringung auf unbestellten und bestellten Flächen sowie auf Dauergrünland;
- Schlitzverfahren: wie bei Schleppschuh;
- Grubber und andere Injektionsverfahren: wie bei Schleppschuh.

Mit diesen Daten wurde genauso verfahren wie mit den entsprechenden Daten der LZ 2010, siehe Kapitel 3.4.3.2.4. Da seit 2012 eine Einarbeitung von flüssigen Wirtschaftsdüngern und Gärresten innerhalb von 4 Stunden vorgeschrieben ist (siehe Kapitel 3.4.3.2.4), wurden die Häufigkeiten für die Einarbeitung innerhalb von mehr als einer Stunde als „Einarbeitung innerhalb von 4 Stunden“ interpretiert. Alle Daten zu Schleppschuhverfahren wurden zusammengefasst, da es nur einen einzigen Schleppschuh-Emissionsfaktor für  $\text{NH}_3$  gibt. Die Ausbringung mit Grubber auf unbestellten Flächen wurde der Ausbringung mit Güllegrubber zugeordnet. Die Ausbringung mit Grubber und anderen Injektionsverfahren auf bestellten Flächen und auf Dauergrünland wurde mit der gesamten Ausbringung mittels Schlitzverfahren zusammengefasst, da es nur einen

In contrast to the LZ 2010 (see Chapter 3.4.3.2.6), the ASE 2016 also collected data on the application of manure, differentiated between poultry manure (including poultry dry manure) and manure of all other animals. From this, for the emission inventory, the Federal Statistical Office made separate evaluations available for cattle manure and pig manure:

- application on bare soils without incorporation, with incorporation within 4 hours and with incorporation within more than 4 hours,
- application on cultivated areas, and
- application on permanent grassland.

The data for the application on cultivated areas and permanent grassland are summarized with the application without incorporation since there is only one  $\text{NH}_3$  emission factor for the situation "not incorporated".

In the RAUMIS estimation (see chapter 3.4.3.1), there was information on incorporation within one hour. As 2015 was not expected to worsen the practices, these RAUMIS values were maintained for 2015 and the "within 4 hours" inventory category was based on data obtained as the difference from the ASE 2016 data for "within 4 hours" and the RAUMIS data for "within 1 hour". For the total manure and poultry droppings, the ASE 2016 data for incorporation within more than 4 hours was interpreted as incorporation within 12 hours.

For horses, sheep and goats, therefore, the inventory used the above-mentioned application frequencies collected for all animals together (except poultry). As there was no incorporation category "within 1 hour" for horses, sheep and goats in the RAUMIS data (see Chapter 3.4.3.1), the frequencies of the ASE 2016 for incorporation within 4 hours were fully included in the inventory for "incorporation within 4 hours". As for the other animal categories (see above), the ASE-2016 data for of incorporation within more than 4 hours was interpreted as incorporation within 12 hours.

#### 3.4.3.4 Closure of the temporal data gaps / Schließung der zeitlichen Datenlücken

This chapter describes the closure of temporary gaps between RAUMIS data (see Chapter 3.4.3.1), LZ-2010 data (see Chapter 3.4.3.2) and ASE-2016 data (see Chapter 3.4.3.3) as well as the estimation of the lacking values for 2016. The closure rules are applied at federal state level because the input data is in federal state resolution. The impact on the averages at national level is addressed at the end of this chapter.

In the years 2000 to 2009, the frequencies of cattle and pig housing and storage systems were estimated by

einzigem  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor gibt (Emissionsfaktor für Schlitzverfahren).

Im Gegensatz zur LZ 2010 (siehe Kapitel 3.4.3.2.6) erhob die ASE 2016 auch Daten zur Ausbringung von Mist, getrennt nach Geflügelmist (incl. Trockenkot) und Mist aller anderen Tiere. Daraus abgeleitet stellte das Statistische Bundesamt für das Emissionsinventar Auswertungen getrennt für Rindermist und Schweinemist zur Verfügung:

- Ausbringung auf unbestellten Flächen ohne Einarbeitung, mit Einarbeitung innerhalb von 4 Stunden und mit Einarbeitung innerhalb von mehr als 4 Stunden,
- Ausbringung auf bestellten Flächen, und
- Ausbringung auf Dauergrünland.

Die Daten für die Ausbringung auf bestellten Flächen und Dauergrünland werden mit der Ausbringung ohne Einarbeitung zusammengefasst, da es nur einen einzigen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für die Situation „nicht eingearbeitet“ gibt.

In der RAUMIS-Schätzung (s. Kap. 3.4.3.1) gab es Daten zur Einarbeitung innerhalb von einer Stunde. Da für 2015 nicht von einer Verschlechterung der Verfahrensweise auszugehen war, wurden diese RAUMIS-Werte für 2015 beibehalten und die Inventarkategorie „innerhalb von 4 Stunden“ mit Daten belegt, die sich als Differenz aus den ASE-2016-Daten für „innerhalb von 4 Stunden“ und den RAUMIS-Daten für „innerhalb von 1 Stunde“ ergaben. Für die gesamte Ausbringung von Mist und Geflügelkot wurden die ASE-2016-Daten für „Einarbeitung innerhalb von mehr als 4 Stunden“ als „Einarbeitung innerhalb von 12 Stunden“ interpretiert.

Für Pferde, Schafe und Ziegen wurden im Inventar daher die oben erwähnten Ausbringungshäufigkeiten verwendet, die für alle Tiere zusammen (außer Geflügel) erhoben wurden. Da es für Pferde, Schafe und Ziegen in den RAUMIS-Daten keine Einarbeitungskategorie „innerhalb von 1 Stunde“ gab (siehe Kapitel 3.4.3.1), wurden die Einarbeitungszeiten der ASE 2016 für „innerhalb von 4 Stunden“ im Inventar uneingeschränkt für „innerhalb von 4 Stunden“ eingesetzt. Wie bei den anderen Tierkategorien (s. o.) wurden die ASE-2016-Daten für „Einarbeitung innerhalb von mehr als 4 Stunden“ als „Einarbeitung innerhalb von 12 Stunden“ interpretiert.

Dieses Kapitel beschreibt die Schließung von zeitlichen Lücken zwischen RAUMIS-Daten (siehe Kapitel 3.4.3.1), LZ-2010-Daten (siehe Kapitel 3.4.3.2) und ASE-2016-Daten (siehe Kapitel 3.4.3.3) sowie die Schätzung der fehlenden Werte für das Jahr 2016. Die Schließungsregeln werden auf Bundeslandebene angewendet, da die eingehenden Daten in Bundesland-Auflösung vorliegen. Zu den Auswirkungen auf die Mittelwerte auf nationaler Ebene siehe am Ende dieses Kapitels.

Die Häufigkeiten der Haltungs- und Lagersysteme von Rindern und Schweinen wurden in den Jahren 2000

linear interpolation between the last RAUMIS year (1999) and the reference year of LZ 2010. Since no corresponding data were collected in ASE 2016, the data for the LZ 2010 were maintained for the years after 2010.

For the other categories of animals (horses, sheep, goats, poultry without laying hens), the information in Chapter 3.4.3.1 was maintained, as neither the LZ 2010 nor the ASE 2016 provided more recent data. This also applies to storage with laying hens. There are no temporal gaps in the laying hen husbandry forms as they are provided annually by the Federal Statistical Office (see chapter 8.3.2).

The frequencies of application techniques and incorporation times of liquid manure (undigested manure and leachate) for cattle and sheep in the years 2000 to 2009 were estimated by linear interpolation between the last RAUMIS year (1999) and the reference year of the LZ 2010.

The 2010 data were maintained for the years 2011 and 2012, except that in 2012 the incorporation of liquid manure was duly shortened to "within 4 hours", where this had not previously been the case. This shortening is based on the specification of the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2007) as approved of by the Agrarministerkonferenz (Conference of the farming ministers of the federal states) on 1 April 2011 in Jena: According to this specification, liquid manure has to be incorporated not later than 4 hours after application on bare arable land from 2011/2012 onwards.

For 2013 and 2014 frequencies were estimated by linear interpolation between 2012 and ASE 2016 data for 2015. For 2016, data from 2015 has been retained.

For the application of liquid digestates from anaerobic fermentation of animal manures and energy crops, the data from the LZ 2010 were used for the years 1990 to 2012, whereby for 2012 the incorporation was limited to 4 hours, as for liquid manure (see above). For the years between 2012 and 2015, data were interpolated between the LZ 2010 and the ASE 2016. For 2016, the data of ASE 2016 have been retained.

Since there is no data for the application of solid manure and poultry manure from the LZ 2010, the gap between the last RAUMIS year 1999 and the reference year of the ASE 2016, i. e. 2015, was closed by linear interpolation. For 2016, data from 2015 has been retained.

For grazing, the following procedure has been established on the basis of the limited availability of grazing data (see chapters 3.4.3.1, 3.4.3.2.7 and 3.4.3.3):

- Linear interpolation for dairy cows, heifers and suckler cows for 2000 - 2009 between RAUMIS data and LZ 2010 data and retention of LZ 2010 data for all years after 2010;

– 2009 durch lineare Interpolation zwischen dem letzten RAUMIS-Jahr 1999 und dem Bezugsjahr der LZ 2010, geschätzt. Da in der ASE 2016 keine entsprechenden Daten erhoben wurden, wurden die Daten der LZ 2010 für die Jahre nach 2010 beibehalten.

Bei den übrigen Tierkategorien (Pferde, Schafe, Ziegen, Geflügel ohne Legehennen) wurden die Angaben aus Kapitel 3.4.3.1 beibehalten, da weder durch die LZ 2010 noch die ASE 2016 neuere Daten erhoben wurden. Dies gilt auch für die Lagerung bei Legehennen. Bei den Legehennen-Haltungsformen existieren keine zeitlichen Datenlücken, da sie jährlich vom Statistischen Bundesamt bereitgestellt werden (siehe Kapitel 8.3.2).

Die Häufigkeiten der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten von flüssigen Wirtschaftsdüngern (unvergorene Gülle und Jauche) bei Rindern und Schweinen wurden in den Jahren 2000 – 2009 durch lineare Interpolation zwischen dem letzten RAUMIS-Jahr 1999 und dem Bezugsjahr der LZ 2010 geschätzt.

Die Daten von 2010 wurden für die Jahre 2011 und 2012 beibehalten, mit der Ausnahme, dass 2012 die Einarbeitung der flüssigen Wirtschaftsdünger vorschriftsgemäß auf „innerhalb von 4 Stunden“ verkürzt wurde, wo dies bislang nicht der Fall war. Grund hierfür ist eine Konkretisierung der Verwaltungsvorschriften zur Düngeverordnung (DÜNGEVERORDNUNG, 2007) in Deutschland auf Grundlage der Agrarministerkonferenz am 01.04.2011 in Jena, nach der ab 2011/2012 die Einarbeitung von flüssigem Wirtschaftsdünger innerhalb von 4 Stunden nach der Ausbringung auf unbewachsenen Ackerflächen stattgefunden haben muss.

Für die Jahre 2013 und 2014 wurden die Häufigkeiten durch lineare Interpolation zwischen 2012 und den ASE-2016-Daten für 2015 geschätzt. Für das Jahr 2016 wurden die Daten von 2015 beibehalten.

Für die Ausbringung von flüssigen Gärresten aus der Vergärung von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen wurden für die Jahre 1990 bis 2012 die Daten der LZ 2010 verwendet, wobei für 2012 die Einarbeitung wie bei Gülle (s. o.) auf 4 Stunden begrenzt wurde. Für die Jahre zwischen 2012 und 2015 wurden zwischen den Daten der LZ 2010 und der ASE 2016 interpoliert. Für das Jahr 2016 wurden die Daten der ASE 2016 beibehalten.

Da es zur Ausbringung von Festmist und Geflügelmist aus der LZ 2010 keine Daten gibt, wurde die Lücke zwischen dem letzten RAUMIS-Jahr 1999 und dem Bezugsjahr der ASE 2016, d. h. 2015, durch lineare Interpolation geschlossen. Für das Jahr 2016 wurden die Daten von 2015 beibehalten.

Für Weidegang wurde ausgehend von der eingeschränkten Verfügbarkeit von Weidedaten (siehe dazu die Kapitel 3.4.3.1, 3.4.3.2.7 und 3.4.3.3) folgendes Vorgehen festgelegt:

- bei Milchkühen, Färsen und Mutterkühen lineare Interpolation für 2000 – 2009 zwischen RAUMIS-Daten und Daten der LZ 2010 sowie Beibehaltung der Daten der LZ 2010 für alle Jahre nach 2010;

- no grazing for calves (see Chapter 3.4.3.2.7);
- for male beef cattle, male cattle > 2 years and sheep adoption of the data from the LZ 2010 for all years of the time series;
- for horses and goats continuation of the assumptions for the RAUMIS data.

The time series of data finally used in the pcurrent inventory are given, as average values for Germany, in the data collection provided with the report at hand (see Chapter 2.4) on the sheets AI\_1005FHO, AI\_1005FST and AI\_1005FSP. The time course of these averages may differ from the above rules for closing the data gaps. The reason is that it is averaged using the numbers of animals in the federal states as averaging weights. Thus, the frequency values and grazing times, which as a rule vary from state to state, are weighted with animal numbers which differ from state to state and from year to year.

- bei Kälbern kein Weidegang (siehe Kapitel 3.4.3.2.7);
- bei männlichen Mastrindern, männlichen Rindern > 2 Jahre sowie Schafen Übernahme der Daten aus der LZ 2010 für alle Jahre der Zeitreihe;
- bei Pferden und Ziegen Fortbestand der Annahmen zu den RAUMIS-Daten.

Die Zeitreihen der im aktuellen Inventar schließlich verwendeten Daten finden sich als Mittelwerte für Deutschland in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4) auf den Tabellenblättern AI\_1005FHO, AI\_1005FST und AI\_1005FSP. Der zeitliche Verlauf dieser Mittelwerte kann von den oben vorgegebenen Regeln zur Schließung der Datenlücken abweichen, da es sich um eine mit den Tierzahlen der Bundesländer gewichtete Mittelung handelt. So werden die in der Regel von Bundesland zu Bundesland verschiedenen Häufigkeitswerte und Weidedauern mit Tierzahlen gewichtet, die sich von Bundesland zu Bundesland und von Jahr zu Jahr unterscheiden.

### 3.4.4 Data on the digestion of animal manures and energy crops / Daten zur Vergärung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen

#### 3.4.4.1 Data bases used / Ausgangsdaten

The time series of the activity data have been provided by KTBL (2016) using data especially of the DBFZ (German Biomass Research Center). For the respective references see KTBL (2016):

- Register of the biogas plants known in Germany by 31 December 2014, including not only the biogas plants that generate electric energy but also biogas plants upgrading biogas to biomethane that is fed into the national gas distribution system;
- database of substrate input for 1664 anaerobic digestion plants;
- time series of installed electric capacity of anaerobic digestion plants in Germany from 1990 to 2015 and differentiated for each federal state from 2004 to 2015;
- Time series of N excretion of cattle, pigs and poultry for each federal state from 1990 to 2015 (calculated with the inventory model GAS-EM).

Die Zeitreihen der Aktivitätsdaten wurden durch KTBL (2016) unter Verwendung von Daten insbesondere des DBFZ bereitgestellt (zu Quellenangaben siehe KTBL, 2016):

- Register mit den zum 31. Dezember 2014 bekannten Biogasanlagenstandorten in Deutschland, wobei neben den Energie produzierenden Biogasanlagen auch die Anlagen berücksichtigt sind, die Biogas zu Methan aufbereiten und ins Gasnetz einspeisen;
- Substratinputdatenbank zu 1664 Biogasanlagen mit Angaben zur Substratzusammensetzung;
- Daten zur installierten elektrischen Leistung der Biogasanlagen für 1990 bis 2015 für Deutschland und von 2004 bis 2015 nach Bundesländern;
- Zeitreihendaten zu N-Ausscheidungen von Rindern, Schweinen und Geflügel differenziert nach Bundesländern für 1990 bis 2015 (berechnet mit dem Inventarmodell GAS-EM).

#### 3.4.4.2 Digestion of animal manures / Vergärung von Wirtschaftsdünger

##### 3.4.4.2.1 Shares of digested manure and frequencies of gas tight residue storage / Anteile vergorenen Wirtschaftsdüngers und Häufigkeiten gasdichter Gärrestelager

Cattle slurry, cattle farmyard manure, pig slurry and poultry manure were considered for anaerobic digestion. Data for pig farmyard manure were too unreliable due to its low occurrence.

Table 3.11 shows German mean values of the shares of the different manure categories that were digested. The averaged time series are derived from data on federal-state level provided by KTBL (2016). For the data used by KTBL (2016) see Chapter 3.4.4.1. The inventory model GAS-EM used the time series on federal-state level. The data are percentages of N entering storage

Bei der Vergärung von Wirtschaftsdünger wurden Rindergülle, Rindermist, Schweinegülle und Geflügelmist berücksichtigt. Für Schweinemist war wegen des geringen Aufkommens die Datenlage zu unsicher.

Table 3.11 zeigt als Mittelwerte auf Deutschlandebene die von KTBL (2016) für die einzelnen Bundesländer abgeleiteten Anteile der verschiedenen Wirtschaftsdünger-kategorien, die der Vergärung zugeführt wurden. Zu den Ausgangsdaten siehe Kapitel 3.4.4.1. Das Inventarmodell GAS-EM verwendete die Daten auf Bundeslandebene. Die Daten stellen Prozente der ins Lager

(including N contributions by bedding material), but were used for VS excretions as well.

The emission calculations were done separately for each single sub-category of cattle, pigs and poultry. The amounts of N and VS used for these calculations are calculated routinely in the inventory (see Chapters 3.3.3.1, 4, 5 and 8).

The data in Table 3.11 represent ratios of amounts of animal manures. Both for nominator and denominator KTBL (2016) estimates the uncertainty (half the 95 % confidence interval) with 10 %. This results in a total uncertainty of  $(0.01^2 + 0.01^2)^{1/2} \approx 0.14$ , i. e. about 14 %, for the data given in Table 3.11.

Table 3.12 shows, by analogy to Table 3.11, German mean shares of the total amounts of manure that were stored in gastight storage (as percentages of the amounts of N entering storage). The averaged time series are derived from data on federal-state level provided by KTBL (2016). The inventory model GAS-EM used the time series on federal-state level. It was not possible to differentiate between different substrate categories cattle slurry, cattle farmyard manure, pig slurry and poultry manure. (Only for energy crops it was possible to derive a separate time series, see Chapter 3.4.4.3.). The marked increase of the frequency of gastight storage from 2011 to 2012 is assumed to be due to the Renewable Energy Act 2012 (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG), that prescribes a gastight cover for all storages of digestate that were put into operation as of 1 January 2012. The percentages of gastight storage have been updated for 2013 and 2014; due to lack of data the percentage of 2015 was estimated by keeping the value of 2014. The shares given in Table 3.12 were interpreted as shares of N and VS.

gehenden N-Mengen dar, wurden aber auch für die VS-Ausscheidungen angewendet.

Die Berechnung von Emissionen aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger erfolgte getrennt für jede einzelne Rinder-, Schweine- und Geflügelkategorie. Die zugrunde liegenden N- und VS-Mengen werden im Inventar routinemäßig berechnet (siehe Kapitel 3.3.3.1, 4, 5 und 8).

Die Daten in Table 3.11 stellen Quotienten von Wirtschaftsdüngermengen dar. Sowohl für Nenner als auch Zähler schätzt KTBL (2016) die Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) mit 10 %. Daraus resultiert für die Daten in Table 3.11 eine Gesamtunsicherheit von  $(0,01^2 + 0,01^2)^{1/2} \approx 0,14$ , entsprechend rund 14 %.

Table 3.12 zeigt in einer Darstellung analog zu Table 3.11 Mittelwerte auf Deutschlandebene für die von KTBL (2016) für die einzelnen Bundesländer abgeleiteten Anteile der Wirtschaftsdünger-Gesamtmenge, die nach der Vergärung in gasdichten Gärrestlagern gelagert wurden (in Prozent der ins Lager gehenden N-Menge). Das Inventarmodell GAS-EM verwendete die Daten auf Bundeslandebene. Eine Differenzierung nach den Substratkategorien Rindergülle, Rindermist, Schweinegülle und Geflügelmist war nicht möglich. (Lediglich für Energiepflanzen konnte eine separate Zeitreihe erstellt werden, siehe Kapitel 3.4.4.3.) Der starke Anstieg in der Verbreitung der gasdichten Gärrestlagerung von 2011 zu 2012 wird auf das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) 2012 zurückgeführt, das für alle Gärrestlager eine gasdichte Abdeckung vorschreibt, die ab 1. Januar 2012 in Betrieb genommen wurden. Die Prozentwerte der gasdichten Abdeckung wurden 2013 und 2014 aktualisiert; Für 2015 wurde mangels Daten der Wert von 2014 beibehalten. Die Daten in Table 3.12 wurden auch für die ins Lager gehenden VS-Mengen übernommen.

**Table 3.11: Digestion of manures, percentages of animal manures used as feedstock**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>total (weighted mean)</b>	0.003	0.008	0.012	0.015	0.019	0.046	0.076	0.098	0.220	0.252
cattle slurry	0.005	0.012	0.017	0.023	0.025	0.061	0.102	0.133	0.303	0.345
cattle solid manure	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.013	0.022	0.028	0.067	0.075
pig slurry	0.003	0.009	0.012	0.016	0.019	0.048	0.078	0.096	0.202	0.233
poultry manure	0.004	0.010	0.014	0.019	0.023	0.055	0.090	0.113	0.249	0.285
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>total (weighted mean)</b>	0.41	0.57	0.84	1.00	1.33	2.80	4.24	6.05	7.25	9.15
cattle slurry	0.57	0.80	1.21	1.46	1.96	3.89	6.23	9.11	10.94	13.95
cattle solid manure	0.12	0.16	0.24	0.29	0.38	0.85	1.26	1.67	1.91	2.38
pig slurry	0.38	0.53	0.76	0.88	1.18	2.67	3.65	5.29	6.44	8.01
poultry manure	0.43	0.59	0.84	0.99	1.26	3.19	4.33	5.33	6.17	7.81
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
<b>total (weighted mean)</b>	11.5	13.9	14.9	16.6	17.1	17.5	17.6			
cattle slurry	17.4	21.5	23.2	25.7	26.8	27.2	27.5			
cattle solid manure	3.0	3.7	4.1	4.4	4.5	4.7	4.8			
pig slurry	10.3	12.2	13.0	14.8	15.2	16.2	16.4			
poultry manure	9.7	10.8	11.2	12.7	12.9	13.4	13.6			



**Table 3.12: Digestion of manures, percentages of gas tight storage of digestate from animal manures**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
gas tight	0.0	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1
not gas tight	100.0	99.1	98.2	97.3	96.4	95.5	94.6	93.7	92.8	91.9
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
gas tight	9.1	10.0	10.9	12.3	13.8	15.2	20.3	25.3	30.4	35.5
not gas tight	90.9	90.0	89.1	87.7	86.2	84.8	79.7	74.7	69.6	64.5
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
gas tight	40.6	45.6	57.0	59.0	60.9	61.7	61.7			
not gas tight	59.4	54.4	43.0	41.0	39.1	38.3	38.3			

Emissions arising in connection with the application of digestates from the anaerobic fermentation of animal manures (N-species only) are addressed in the following Chapters 3.4.4.2.3 and 3.4.4.2.4.

Zu Emissionen, die im Zusammenhang mit der Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Wirtschaftsdüngern entstehen (nur N-Spezies), siehe die nachfolgenden Kapitel 3.4.4.2.3 und 3.4.4.2.4.

#### 3.4.4.2.2 *Data for CH<sub>4</sub> emission calculations / Daten für CH<sub>4</sub>-Emissionsberechnung*

The calculation of CH<sub>4</sub> emissions from digestion of manure (including storage of digested slurry, see Chapter 3.3.4.4.1) requires the amounts of VS excreted per animal place and year (for cattle, pigs and poultry), the maximum methane producing capacity  $B_0$ , and the CH<sub>4</sub> density  $\rho_{CH_4}$ . VS excretions are routinely calculated in the inventory (see Chapters 3.3.3.1, 4, 5, and 8). For the maximum methane producing capacity  $B_0$  see Chapter 4 and 5. According to IPCC (1996) the CH<sub>4</sub> density  $\rho_{CH_4}$  is 0.67 kg m<sup>-3</sup>.

Besides the relative share of manure that is digested and the frequencies of gas-tight storages (see Chapter 3.4.4.2.1), the calculation of CH<sub>4</sub> emissions requires the following additional data which will subsequently be discussed in more detail:

- Methane conversion factor of prestorage ( $MCF_{ps}$ ),
- leakage rate of the digester ( $L_{dig}$ ),
- relative potential of residual gas ( $\mu_{rg}$ ),
- leakage rate of the gas-tight storage ( $L_{sto,gt}$ ),
- methane conversion factor of the non-gastight storage of the digestate ( $MCF_{ngts}$ ).

No methane conversion factor (MCF) is available for pre-storage of slurry. The MCF has been derived as follows: Based on the data generated by the Biogas Measurements Programme II (BMPII, 2009), KTBL assumes that the size of pre-storage facilities corresponds to a seven-days production of slurry. As a rule, there is no natural crust. For farms with animal husbandry the slurry tanks must be able to hold a six-months production of slurry. This approximately corresponds to a mean duration of storage of 3 months. It is assumed that this mean duration is represented by the respective MCF used in the inventory. It is then assumed that slurry pre-storages are completely and exclusively filled with slurry. This assumption is conservative as it ignores that pre-storages also contain leachate from silage and rain water. These considerations lead to an estimate of the pre-storage MCF ( $MCF_{ps}$ ) that is about 7 days / 90 days = 8 % of the MCF for untreated slurry without natural crust in an open tank. As this is a very simple approximation, the percentage is rounded to 10 % yielding the following

Zur Berechnung von CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger einschließlich des Gärreste-Managements (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) werden die pro Tierplatz und Jahr ausgeschiedene VS-Menge, die maximale CH<sub>4</sub>-Bildungskapazität  $B_0$  sowie die CH<sub>4</sub>-Dichte  $\rho_{CH_4}$  benötigt. Die hier benötigten VS-Ausscheidungen von Rindern, Schweinen und Geflügel werden routinemäßig berechnet (siehe Kapitel 3.3.3.1, 4, 5 und 8). Zu  $B_0$  siehe Kapitel 4 und 5. Die CH<sub>4</sub>-Dichte  $\rho_{CH_4}$  wird nach IPCC (1996) mit 0,67 kg m<sup>-3</sup> angesetzt.

Neben dem Anteil des vergorenen Wirtschaftsdüngers und der Häufigkeit gasdichter Gärrestelager (siehe Kapitel 3.4.4.2.1), werden für Berechnung von CH<sub>4</sub>-Emissionen zusätzlich folgende Eingangsgrößen benötigt, auf die im Anschluss näher eingegangen wird:

- Vorlager-Methanumwandlungsfaktor ( $MCF_{ps}$ ),
- Leckagerate des Fermenters ( $L_{dig}$ ),
- relatives Restgaspotential ( $\mu_{rg}$ ),
- Leckagerate des gasdichten Gärrestelagers ( $L_{sto,gt}$ ),
- Methanumwandlungsfaktor des nicht gasdichten Gärrestelagers ( $MCF_{ngts}$ ).

Für die Lagerung von Gülle in einer Vorgrube ist kein Methanumwandlungsfaktor (MCF) bekannt. Er wird wie folgt abgeleitet: Basierend auf Angaben aus dem Biogas-Messprogramm II (BMPII, 2009) geht KTBL davon aus, dass die Größe von Vorgruben etwa der Güllemenge von 7 Tagen entspricht. Es bildet sich i. d. R. keine Schwimmdecke. Für tierhaltende Betriebe ist in Deutschland eine Mindestlagerkapazität für Gülle von 6 Monaten vorgeschrieben. Dies entspricht überschlägig einer mittleren Lagerdauer der Gülle von 3 Monaten, auf die sich der im Emissionsinventar angesetzte MCF bezieht. Es wird in konservativer Weise angenommen, dass Vorgruben auf Biogasanlagen immer vollständig und ausschließlich mit Gülle gefüllt sind (d. h. der Umstand, dass in der Vorgrube auch Silage-Sickerwässer und Regenwasser gespeichert werden, wird vernachlässigt). Daraus ergibt sich der Methanumwandlungsfaktor  $MCF_{ps}$  somit mit rund 7 Tage / 90 Tage = 8 % des MCF für die Lagerung unvergorener Gülle im offenen Tank. Wegen dieser einfachen Schätzmethodik wird der Prozentwert auf glatte 10 %

pre-storage MCF:  $MCF_{ps} = 0.017 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  for cattle slurry and  $MCF_{ps} = 0.025 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  for pig slurry.

The pre-storage of cattle farmyard manure is dealt with by analogy. Hence, the standard MCF for cattle farmyard manure used in the inventory (see Chapter 4.2.1) leads to the pre-storage MCF  $MCF_{ps} = 0.002 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . (Digestion of pig farmyard manure is not considered, see Chapter 3.3.4.4).

The procedure to estimate of  $MCF_{ps}$  for poultry manure is based on the procedure for slurry as well. IPCC (2006) provides an MCF for the storage of manure produced by laying hens, broilers, ducks and turkeys that is  $0.015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  for the climatic conditions in Germany. This results in an estimate of pre-storage MCF for poultry manure of  $MCF_{ps} = 0.0015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . This value is adopted for all poultry manure that is digested.

For the leakage rate of the digester ( $L_{dig}$ ), KTBL (2016) proposes a general value of 1 %. This value is generally agreed upon and used in most calculations of the greenhouse gas balance of biogas production. Studies that used  $L_{dig} = 1 \%$  are e. g.: BACHMAIER and GRONAUER (2007), BÖRJESSON and BERGLUND (2007), GÄRTNER et al. (2008) and ROTH et al. (2011). In 2016 the Federal Environment Agency published a study that, too, is based on a leakage rate of 1 % (UBA, 2016a).

In practice, the potential of residual gas (i. e. the difference  $B_o - U_{CH_4, prod}$ , see Chapter 3.3.4.4.1) is not given as a share of the maximum methane producing capacity  $B_o$ , but as a share of the amount of gas usable for energy production. Hence, a new quantity  $v_{rg}$  can be defined which is closely related to  $\mu_{rg}$  (for  $\mu_{rg}$  see Chapter 3.3.4.4.1, Equation (3.66)):

$$v_{rg} = \frac{B_o - U_{CH_4, prod}}{U_{CH_4, prod}} \quad (3.86)$$

with

$$\mu_{rg} = \frac{v_{rg}}{1 + v_{rg}} \quad (3.87)$$

$v_{rg}$	relative potential of residual gas, related to $U_{CH_4, prod}$
$B_o$	maximum methane producing capacity per kg of VS (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$U_{CH_4, prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ )
$\mu_{rg}$	relative potential of residual gas, related to $B_o$ (with $0 \leq \mu_{rg} \leq 1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ )

The potential of residual gas is, among other things, a function of temperature. In Germany mesophilic digestion<sup>20</sup> is predominant, which comes with a temperature range of about 30 – 42 °C. KTBL (201) provides  $v_{rg} = 4,8 \%$  for 37°C. This value is used for the inventory and relates, according to Equation (3.87), to  $\mu_{rg} = 4,6 \%$ .

gerundet, womit sich folgende Vorlager-MCF-Werte ergeben:  $MCF_{ps} = 0,017 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  für Rindergülle und  $MCF_{ps} = 0,025 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  für Schweinegülle.

Für die Vorlagerung von Rindermist wird analog vorgegangen. Damit resultiert aus dem im Inventar verwendeten MCF-Wert für Rindermisthaufen (siehe Kapitel 4.2.1) der Vorlager-MCF-Wert  $MCF_{ps} = 0,002 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . (Die Vergärung von Schweinemist wird nicht berücksichtigt, siehe Kapitel 3.3.4.4.)

Die Schätzung von  $MCF_{ps}$  für Geflügelkot orientiert sich ebenfalls an der Vorgehensweise für Gülle. IPCC (2006) gibt für Legehennen, Masthähnchen, Enten und Puten für die Lagerung von Geflügelkot unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland einen MCF von  $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  an. Daraus resultiert für das Vorlager  $MCF_{ps} = 0,0015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Dieser Wert wird für den gesamten zu vergärenden Geflügelkot übernommen.

Für die Leckagerate des Fermenters ( $L_{dig}$ ) wird nach Vorgabe durch KTBL (2016) ein einheitlicher Wert von 1 % verwendet. Dies ist ein Konventionswert, der in den meisten Berechnungen zur Klimagasbilanz der Biogaserzeugung verwendet wird. Studien, die den 1%-Wert verwenden, sind z. B. BACHMAIER und GRONAUER (2007), BÖRJESSON und BERGLUND (2007), GÄRTNER et al. (2008) und ROTH et al. (2011). Das Umweltbundesamt geht in einer Studie von 2016 ebenfalls von einer Leckagerate von 1 % aus (UBA, 2016a).

Das Restgaspotential, d. h. die Differenz  $B_o - U_{CH_4, prod}$  (siehe Kapitel 3.3.4.4.1), wird in der Praxis i. d. R. nicht als Anteil der maximal möglichen Methanausbeute  $B_o$ , sondern als Anteil der produzierten nutzbaren Gasmenge angegeben. Dementsprechend lässt sich eine zu  $\mu_{rg}$  (siehe Kapitel 3.3.4.4.1, Gleichung (3.66)) verwandte Größe  $v_{rg}$  definieren:

Das Restgaspotential ist u. a. eine Funktion der Temperatur. Die in Deutschland vorherrschende mesophile Vergärung<sup>20</sup> erfolgt in einem Bereich von ca. 30 – 42 °C. KTBL (2016) gibt  $v_{rg}$  für 37°C mit 4,8 % an. Dieser Wert wird für das Inventar verwendet. Nach Gleichung (3.87) folgt daraus  $\mu_{rg} = 4,6 \%$ .

<sup>20</sup> Siehe <http://www.renewable-energy-concepts.com/german/bioenergie/biogas-basiswissen/mesophil-thermophil.html> und <http://biogas.fnr.de/biogas-gewinnung/gaerbiologie/prozessgroessen/>



No data is available on the leakage rate of the storage,  $L_{sto,gt}$ . Hence it is assumed that is equal to the leakage rate of the digester,  $L_{dig}$ .

For the MCF of the non-gastight storage ( $MCF_{ngts}$ ) the German inventory uses the MCF of an open cattle slurry tank with natural crust ( $0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). This estimate takes into account that usual co-fermentation of slurry, farmyard manure and energy crops produces generally leads to liquid digestate the viscosity of which resembles, due to the high share of dry matter originating from the energy crops, more the viscosity of cattle slurry than that of pig slurry and that forms a natural crust. (As there are no data available, the inventory does not consider the option to obtain solid digestate by separation of digestate.)

For the year 2013 in Submission 2015, Equation (3.74) in Chapter 3.3.4.4.1 led to an overall MCF of the combination „pre-storage/digester/storage of digestate“ for cattle between 2.6 % (cattle without dairy cows) and 2.8 % (dairy cows) of  $B_0$ ; for pigs, on average, the MCF is about 3.7 % and for poultry, on average, it is ca. 1.3 % of  $B_0$ . These values are significantly lower for cattle and pigs than the respective MCF values for manure management without digestion (cattle without dairy cows 15.3 %, dairy cows 15.1 % and pigs 22.1 % of  $B_0$ ). For poultry, the difference is much smaller (the MCF for manure management without digestion being 1.5 % of  $B_0$ ). These MCF ratios are about the same for the other years since 1990, where, however, the increasing frequencies of gastight storage led to a certain decrease of the MCF values for digestion across the years (dairy cows and pigs 2013 about 6 % compared to 1990, other cattle short of 13 % and poultry ca. 15 %).

The ratios of MCF for manure management with digestion to MCF of manure management without digestion is always smaller than unity (sometimes significantly lower). This means that digestion of manure generally leads to a mitigation of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management.

#### 3.4.4.2.3 *Data for the calculation of $\text{N}_2\text{O}$ , NO and $\text{N}_2$ / Daten für die Berechnung von $\text{N}_2\text{O}$ , NO and $\text{N}_2$*

For the pre-storage of slurry it is assumed that emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  can be neglected, see Chapter 3.3.4.4.2. For the pre-storage of farmyard manure and poultry manure it is assumed that, by analogy to  $\text{CH}_4$  (see Chapter 3.4.4.2.2), the emission factor for  $\text{N}_2\text{O}$ -N is about 1/10 of the default emission factor.

The default emission factor for  $\text{N}_2\text{O}$ -N emissions from cattle and pig manure management is  $0.01 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC (2006)-10.62), leading to a  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor of  $0.001 \text{ kg kg}^{-1}$  for pre-storage of farmyard manure.

For poultry manure, IPCC (2006)-10.63 provides a default  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor of  $0.001 \text{ kg kg}^{-1}$ , leading to a  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor of  $0.0001 \text{ kg kg}^{-1}$  for pre-storage.

No methodology is available for the calculation of emissions of NO and  $\text{N}_2$  from the digestion of manure.

Für die Lager-Leckagerate  $L_{sto,gt}$  sind keine Daten verfügbar. Daher wird angenommen, dass sie gleich der Leckagerate des Fermenters ( $L_{dig}$ ) ist.

Für den MCF der nicht gasdichten Lagerung ( $MCF_{ngts}$ ) verwendet das Inventar den Wert für offene Rindergülle-Lagerung mit Schwimmdecke ( $0,1 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ). Damit wird berücksichtigt, dass die bei der praxisüblichen gemeinsamen Vergärung von Gülle, Mist und Energiepflanzen anfallenden Gärreste flüssig sind, und dass wegen der von den Energiepflanzen stammenden Trockensubstanz die Viskosität der flüssigen Gärreste eher der von Rindergülle als der von Schweinegülle ähnelt und dass sich eine Schwimmdecke ausbilden kann. (Mangels Daten wird eine Separierung zum Erhalt von festen Gärresten im Inventar nicht berücksichtigt.)

Aus Gleichung (3.74) in Kapitel 3.3.4.4.1 resultiert für die Submission 2015 im Jahr 2013 ein Gesamt-MCF der Kombination „Vorlager/Fermenter/Gärrestelager“ für Rinder zwischen 2,6 % (Rinder ohne Milchkühe) und 2,8 % (Milchkühe) von  $B_0$ ; für Schweine insgesamt sind es rund 3,7 % und für Geflügel ca. 1,3 % von  $B_0$ . Diese Werte sind bei Rindern und Schweinen deutlich niedriger als die MCF-Werte aus dem Wirtschaftsdünger-Management ohne Vergärung (Rinder ohne Milchkühe 15,3 %, Milchkühe 15,1 % und Schweine 22,1 % von  $B_0$ ). Beim Geflügel ist der Unterschied zum MCF ohne Vergärung (1,5 % von  $B_0$ ) deutlich geringer. Diese MCF-Relationen gelten in etwa auch für die übrigen Jahre seit 1990, wobei die zunehmende Verbreitung gasdichter Lagerung zu einer gewissen Abnahme der MCF-Werte für Vergärung über die Jahre geführt hat (Milchkühe und Schweine 2013 rund 6 % gegenüber 1990, übrige Rinder knapp 13 % und Geflügel ca. 15 %).

Aus dem Verhältnis der MCF-Werte für Vergärung zu den MCF-Werten ohne Vergärung, das immer und z. T. deutlich kleiner als 1 ist, ergibt sich, dass Vergärung von Wirtschaftsdünger generell zu einer Minderung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management führt.

Bei der Gülle-Vorlagerung wird davon ausgegangen, dass  $\text{N}_2\text{O}$ -, NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen vernachlässigbar sind, siehe Kapitel 3.3.4.4.2. Bei der Vorlagerung von Mist und Geflügelkot wird wie bei  $\text{CH}_4$  (siehe Kapitel 3.4.4.2.2) auch für  $\text{N}_2\text{O}$ -N ein auf 1/10 des Standard-Emissionsfaktors verringerter Emissionsfaktors angesetzt.

Der Standard-Emissionsfaktor für  $\text{N}_2\text{O}$ -N aus dem Wirtschaftsdünger-Management bei Rindern und Schweinen ist nach IPCC (2006)-10.62  $0,01 \text{ kg kg}^{-1}$ , woraus für das Mist-Vorlager ein  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionsfaktor von  $0,001 \text{ kg kg}^{-1}$  resultiert.

Für Geflügelkot gibt IPCC (2006)-10.63 einen Standard-Emissionsfaktor für  $\text{N}_2\text{O}$ -N von  $0,001 \text{ kg kg}^{-1}$  an, woraus sich für das Vorlager die Annahme von  $0,0001 \text{ kg kg}^{-1}$  ergibt.

Für die Berechnung der NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionen im Zusammenhang mit der Vergärung von Wirtschaftsdün-

Hence, these emissions are calculated proportionally to the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions as it is described in Chapter 3.3.4.3.5 (Tier 3 methodology) for manure management.

The emission factor of gastight storage of digestate is zero (see Chapter 3.3.4.4.2).

The emission factor of open storage of digestate with natural crust shall be derived by a KTBL working group. As the result is not yet available, the emission factor for untreated cattle slurry with natural crust is used ( $0.005 \text{ kg kg}^{-1}$ , see Chapters 4.2.2.2 and 5.2.2.2).

Table 3.13 shows the time series of the resulting overall  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor for digestion of manure (slurry plus farmyard manure plus poultry manure) compared to the mean  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factors of the three other categories of manure management „slurry based (without digestion)“, „straw based (without deep bedding and without digestion)“, „deep bedding (without digestion)“. For each of the four manure management categories these emission factors are defined as the ratio of the total  $\text{N}_2\text{O}$ -N emissions of all animals in the respective management category to the total of N excretions in the respective management category. Note that for straw based systems the  $\text{N}_2\text{O}$ -N emissions **comprise emissions originating from straw N inputs**. This is the reason that in Table 3.13 the emission factor for deep bedding is higher than the value of  $0.01 \text{ kg kg}^{-1}$  provided in Chapters 4.2.2.2 and 5.2.2.2. The same holds in principle for „straw based systems (without deep bedding and without digestion)“, even if it is not discernible as the values in Table 3.13 comprise the low poultry emission factor of  $0.001 \text{ kg kg}^{-1}$  (see Chapter 8.2).

The emission factors are not constant with time as they are influenced by variable conditions. These are – except for the category of deep bedding – the varying shares of the different management subsystems and, for digestion, the frequencies of gastight storage that increased across the years. The latter is the reason that, as of 2008/2009, the emission factor for digestion of manure is lower than the otherwise lowest emission factor (slurry based systems). In 2008/2009 gastight storage of digestate had a share of about one third (see Chapter 3.4.4.2.1). Until 2012/2013 this share increased up to significantly more than 50 %, reducing the emission factor by about one third in comparison to 2008/2009. It becomes evident that gastight storage of digestate is an essential prerequisite for the mitigation of  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management by means of digestion of manure.

Note that for poultry manure digestion generally leads to increased  $\text{N}_2\text{O}$  emissions due to the comparably low IPCC default emission factor of  $0.001 \text{ kg kg}^{-1}$ , see Chapter 8.2).

ger ist keine Methodik bekannt. Daher werden diese Emissionen wie im Bereich Wirtschaftsdünger-Management üblich (siehe Kapitel 3.3.4.3.5, Stufe-3-Verfahren) proportional zu  $\text{N}_2\text{O}$  berechnet.

Für die gasdichte Gärrestelagerung wird der Emissionsfaktor für  $\text{N}_2\text{O}$  null gesetzt, siehe Kapitel 3.3.4.4.2.

Der Emissionsfaktor für die offene Lagerung mit Schwimmdecke wird durch eine KTBL-Arbeitsgruppe abgeleitet. Bis das Ergebnis vorliegt, wird der Emissionsfaktor für die Lagerung von unvergorener Rindergülle mit Schwimmdecke verwendet ( $0.005 \text{ kg kg}^{-1}$ , siehe Kapitel 4.2.2.2 und 5.2.2.2).

Table 3.13 zeigt die Zeitreihe des resultierenden effektiven  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionsfaktors für Vergärung von Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist und Geflügelkot insgesamt) im Vergleich mit den mittleren  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionsfaktoren für die drei anderen Wirtschaftsdünger-Managementkategorien „güllebasiert (ohne Vergärung)“, „strohbasiert (ohne Tiefstreu und ohne Vergärung)“, „Tiefstreu (ohne Vergärung)“. Diese Emissionsfaktoren sind für alle vier Managementkategorien definiert als das Verhältnis der gesamten  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionen aller Tiere aus der jeweiligen Kategorie zur Summe aller tierischen N-Ausscheidungen in dieser Kategorie. Dabei umfassen die Gesamt- $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen bei Systemen mit Einstreu **auch Anteile, die auf Einstreu-N zurückgehen**. Aus diesem Grund ist in Table 3.13 der Emissionsfaktor für Tiefstreu höher als der in Kapitel 4.2.2.2 und 5.2.2.2 angegebene Wert von  $0.01 \text{ kg kg}^{-1}$ . Gleiches gilt prinzipiell auch für „strohbasierte Systeme (ohne Tiefstreu und Vergärung)“, wobei dies aber nicht direkt auffällt, weil auch der niedrige Geflügel-Emissionsfaktor von  $0.001 \text{ kg kg}^{-1}$  (siehe Kapitel 8.2) eingeht.)

Die Emissionsfaktoren sind zeitlich nicht konstant, da sie von variablen Bedingungen beeinflusst werden. Dies sind – mit Ausnahme der Tiefstreu-Kategorie – die unterschiedlichen relativen Anteile der verschiedenen Untersysteme sowie bei der Vergärung die mit den Jahren zunehmende Verbreitung gasdichter Gärrestelagerung. Letztere bewirkt, dass der Emissionsfaktor für Wirtschaftsdünger-Vergärung ab 2008/2009 niedriger ausfällt als der ansonsten niedrigste Emissionsfaktor (güllebasierte Systeme). Zu diesem Zeitpunkt erreichte die gasdichte Gärrestelagerung einen Anteil von rund einem Drittel (siehe Kapitel 3.4.4.2.1). Bis 2012/2013 stieg der Anteil der gasdichten Lagerung auf deutlich mehr als 50 % an, was den Emissionsfaktor gegenüber 2008/2009 um rund ein Drittel reduzierte. Die gasdichte Gärrestelagerung ist damit eine wesentliche Voraussetzung zur Minderung von  $\text{N}_2\text{O}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management durch Vergärung.

Anzumerken ist, dass bei Geflügelkot wegen des geringen IPCC-Defaultwertes für den  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionsfaktor ( $0.001 \text{ kg kg}^{-1}$ , siehe Kapitel 8.2) die Vergärung durchgängig zu erhöhten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen führt.

**Table 3.13: Digestion of manure, comparison of mean N<sub>2</sub>O-N emission factors for the four different manure management categories in the German inventory (related to N available)**

(in kg kg <sup>-1</sup> )	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
slurry based <sup>a</sup>	0.00315	0.00318	0.00315	0.00315	0.00345	0.00345	0.00345	0.00343	0.00341	0.00341
straw based <sup>b</sup>	0.01065	0.01058	0.01060	0.01061	0.01013	0.01015	0.01013	0.01003	0.00980	0.00975
deep bedding <sup>a</sup>	0.01171	0.01172	0.01173	0.01174	0.01199	0.01203	0.01204	0.01208	0.01215	0.01219
digestion of manure	0.00581	0.00574	0.00568	0.00565	0.00548	0.00545	0.00541	0.00536	0.00530	0.00527
(in kg kg <sup>-1</sup> )	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
slurry based <sup>a</sup>	0.00341	0.00342	0.00342	0.00342	0.00343	0.00344	0.00344	0.00345	0.00347	0.00348
straw based <sup>b</sup>	0.00963	0.00959	0.00956	0.00932	0.00922	0.00925	0.00919	0.00909	0.00904	0.00895
deep bedding <sup>a</sup>	0.01225	0.01231	0.01231	0.01231	0.01229	0.01227	0.01229	0.01221	0.01221	0.01228
digestion of manure	0.00525	0.00522	0.00518	0.00511	0.00502	0.00494	0.00467	0.00440	0.00414	0.00388
(in kg kg <sup>-1</sup> )	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
slurry based <sup>a</sup>	0.00350	0.00350	0.00350	0.00350	0.00350	0.00350	0.00350			
straw based <sup>b</sup>	0.00894	0.00864	0.00846	0.00831	0.00829	0.00824	0.00821			
deep bedding <sup>a</sup>	0.01184	0.01176	0.01170	0.01162	0.01161	0.01162	0.01163			
digestion of manure	0.00361	0.00333	0.00271	0.00260	0.00250	0.00245	0.00244			

<sup>a</sup> without digestion

<sup>b</sup> without deep bedding and digestion

As for the pre-storage the emission factors of NO and N<sub>2</sub> are assumed to be proportional to the N<sub>2</sub>O emission factor (see above).

N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils due to the spreading of digested slurry are dealt with in the context of the calculation of N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils due to the spreading of untreated slurry, see Chapter 11.2.

Wie beim Vorlager werden die Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> proportional zum Emissionsfaktor von N<sub>2</sub>O angesetzt (siehe oben).

Bodenbürtige N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Gärresten werden im Zusammenhang mit der Berechnung von N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlichen Böden nach der Ausbringung von Wirtschaftsdünger behandelt, siehe Kapitel 11.2.

#### 3.4.4.2.4 Data for the calculation of NH<sub>3</sub> / Daten für die Berechnung von NH<sub>3</sub>

For the pre-storage of slurry it is assumed that emissions of NH<sub>3</sub> can be neglected, see Chapter 3.3.4.4.3. For the pre-storage of cattle farmyard manure and poultry manure it is assumed that, by analogy to CH<sub>4</sub> (see Chapter 3.4.4.2.2), the emission factor is about 1/10 of the emission factor for the normal storage. According to EMEP (2016)-3B-29, the emission factors for the normal storage (related to TAN) are 0.27 kg kg<sup>-1</sup> for cattle farmyard manure and a range between 0.14 kg kg<sup>-1</sup> and 0.24 kg kg<sup>-1</sup> for poultry manure. According to RÖSEMANN et al. (2015) the weighted overall mean for poultry is 0.17 kg kg<sup>-1</sup>.

Table 3.14 shows the resulting pre-storage NH<sub>3</sub>-N emission factors for solid manure of cattle and poultry manure. (Solid manure of pigs is not considered, see Chapter 3.4.4.2.1.)

Bei der Vorlagerung von Gülle wird davon ausgegangen, dass NH<sub>3</sub>-Emissionen vernachlässigbar sind, siehe Kapitel 3.3.4.4.3. Bei der Vorlagerung von Rindermist und Geflügelkot wird in Analogie zur CH<sub>4</sub>-Emission (see Chapter 3.4.4.2.2) ein Emissionsfaktor angesetzt, der 1/10 des Wertes für das normale Lager beträgt. Für Letzteres werden nach EMEP (2016)-3B-29 die folgenden Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>-N (bezogen auf TAN bzw. UAN) verwendet: 0,27 kg kg<sup>-1</sup> für Rindermist sowie ein Bereich von 0,14 kg kg<sup>-1</sup> bis 0,24 kg kg<sup>-1</sup> für Geflügelkot. Nach RÖSEMANN et al. (2015) beträgt der gewichtete Mittelwert für Geflügel 0,17 kg kg<sup>-1</sup>.

Table 3.14 zeigt die daraus für Rindermist und Geflügelkot resultierenden NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren der Vorgarbe. (Schweinemist wird nicht berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.4.2.1.)

**Table 3.14: Digestion of manure, NH<sub>3</sub>-N emission factors for pre-storage**

	EF <sub>NH<sub>3</sub>-N</sub> (in kg kg <sup>-1</sup> )	related to
cattle, solid manure	0.027	TAN
poultry manure	0.017	UAN

In the digester the amount of TAN increases due to mineralization of organic nitrogen. Due to lack of adequate data it is not possible to model this increase context-specifically. Hence, the TAN correction factor  $g_{\text{TAN}}$  (see Chapter Kapitel 3.3.4.4.3) had to be estimated in another way. The bulletin "Eigenschaften von Biogasgülle" („Properties of biogas slurry“)(THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2012), describes the

Im Fermenter steigt der TAN-Gehalt durch Mineralisierung organischen Stickstoffs an. Eine situationsabhängige Modellierung dieses Anstiegs ist aufgrund der wenigen verfügbaren Daten nicht möglich. Daher muss der TAN-Korrekturfaktor  $g_{\text{TAN}}$  (siehe Kapitel 3.3.4.4.3) geschätzt werden. Nach dem Merkblatt "Eigenschaften von Biogasgülle" (THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2012, Seite 6), steigt – basierend auf

monitoring results of 125 biogas plants in Thuringia. This bulletin (pg. 6) reports relative TAN contents of 40 to 50 % of total N at the beginning of the digestion and 55 to 70 % at the end, total N being unchanged during the process. This increase is, on average, equivalent to an increase of relative TAN content from 45 % to 62.5 % or by about 39 %. At the same time the share of organic nitrogen decrease from 55 % to 37.5 %. This means that about 32 % of the original organic nitrogen is converted to TAN, i. e.  $g_{\text{TAN}} = 0.32 \text{ kg kg}^{-1}$ .

The  $\text{NH}_3$  emission factor for gastight storage of digestate is zero. The emission factor of open storage and spreading of digestate shall be derived by a KTBL working group. As the results are not yet available, the emission factors for untreated cattle slurry are used (because of a relatively high content of dry matter due to co-fermentation with energy crops). This means an  $\text{NH}_3$ -N emission factor of  $0.045 \text{ kg kg}^{-1}$  (cattle slurry with natural crust, see Chapter 4.2.2.3). This emission factor is related to TAN.

In the case of spreading, the emission factors depend on spreading techniques and incorporation times. Preliminary emission factors for the spreading of untreated cattle manure (see Chapter 4.2.2.3) are used. The spreading of digestates from anaerobic fermentation is calculated in the inventory separately from the spreading of untreated manure, in order to be able to take into account different frequencies of the application techniques and incorporation times. The frequencies for the different variants of spreading of digestates were collected by the Federal Statistical Office for the first time as part of the survey on manure application 2010 (see Chapter 3.4.3.2.6), and for the next time in the 2016 Agricultural Structure Survey for 2015 (ASE 2016, see Chapter 3.4.3.3). In the absence of data for the years prior to 2010, the frequencies from the survey on farm fertilizer application 2010 for the years 1990 - 2009 were adopted. The 2010 data were maintained for the years 2011 and 2012 because 2012 was the last year before requiring the incorporation of liquid manure and digestates within 4 hours. For 2013 and 2014 frequencies were estimated by linear interpolation between 2012 and ASE 2016 data for 2015. For 2016, data from 2015 has been retained.

With the specifications described above, anaerobic digestion of animal manures has different impact on  $\text{NH}_3$  emissions for the various animal categories. For cattle, gastight storage of digested manure leads to a decrease of total  $\text{NH}_3$  emissions in comparison to manure management without anaerobic digestion. However, this effect is partly compensated by increased emissions during spreading due to the higher TAN content.

For pigs, digestion of manure generally leads to higher  $\text{NH}_3$  emissions than are calculated for the situation without digestion. This is due to the fact that, because of co-fermentation with energy crops, the digestate of pig slurry are more similar to untreated cattle

einem Monitoring in 125 Thüringer Biogasanlagen - der relative TAN-Gehalt bei gleichbleibender Gesamt-N-Menge von 40 bis 50 % während der Vergärung auf 55 bis 70 % der Gesamt-N-Menge. Das entspricht einer Erhöhung des relativen TAN-Gehaltes von im Mittel 45 % auf 62,5 % oder um rund 39 %. Der Gehalt an organischem Stickstoff sinkt damit von 55 % auf 37,5 %. Das bedeutet, dass rund 32 % des ursprünglich vorhandenen organischen Stickstoffs zu TAN mineralisiert werden, d. h.  $g_{\text{TAN}} = 0,32 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Für das gasdichte Gärrestelager ist der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor null. Die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für nicht gasdichte Lagerung und Ausbringung von Gärresten werden derzeit von einer KTBL-Arbeitsgruppe erarbeitet. Bis die Ergebnisse vorliegen, werden wegen des relativ hohen Trockensubstanzgehaltes der Gärreste (aufgrund der Mitvergärung von Energiepflanzen) die Emissionsfaktoren für unvergorene Rindergülle verwendet. Für die Lagerung der Gärreste folgt daraus ein auf TAN bezogener  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktor von  $0,045 \text{ kg kg}^{-1}$  (Rindergülle mit Schwimmdecke, siehe Kapitel 4.2.2.3).

Bei der Ausbringung hängen die Emissionsfaktoren von Ausbringungstechnik und Einarbeitungsdauer ab. Es werden vorläufig die Emissionsfaktoren für die Ausbringung unbehandelter Rindergülle (siehe Kapitel 4.2.2.3) verwendet. Die Gärreste-Ausbringung wird im Inventar getrennt von der Ausbringung unbehandelten Wirtschaftsdüngers berechnet, um unterschiedliche Häufigkeiten der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten berücksichtigen zu können. Die Häufigkeiten für die verschiedenen Varianten der Gärrestausbringung wurden vom Statistischen Bundesamt erstmalig im Rahmen der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung 2010 (siehe Kapitel 3.4.3.2.6) erhoben, danach in der Agrarstrukturserhebung 2016 für das Jahr 2015 (ASE 2016, siehe Kapitel 3.4.3.3). Mangels Daten für die Jahre vor 2010 wurden die Häufigkeiten aus der Erhebung zur Wirtschaftsdüngerausbringung 2010 für die Jahre 1990 – 2009 übernommen. Die Daten von 2010 wurden für 2011 und 2012 beibehalten, weil 2012 das letzte Jahr war, bevor die Einarbeitung von flüssigen Wirtschaftsdüngern und Gärresten innerhalb von 4 Stunden vorgeschrieben wurde. Für die Jahre 2013 und 2014 wurden die Häufigkeiten durch lineare Interpolation zwischen 2012 und den ASE-2016-Daten für 2015 geschätzt. Für 2016 wurden die Daten von 2015 beibehalten.

Mit den vorstehend beschriebenen Vorgaben hat die Vergärung von Wirtschaftsdünger bei den verschiedenen Tierkategorien unterschiedliche Auswirkungen auf die  $\text{NH}_3$ -Emissionen. So führt die gasdichte Gärrestelagerung bei den Rindern zu einer Minderung der gesamten  $\text{NH}_3$ -Emissionen gegenüber dem herkömmlichen Wirtschaftsdünger-Management, die aber wegen des höheren TAN-Gehaltes durch gesteigerte Emissionen bei der Gärrestausbringung teilweise kompensiert werden.

Bei den Schweinen ergibt sich bei Vergärung generell eine Zunahme der  $\text{NH}_3$ -Emissionen im Vergleich zur Situation ohne Vergärung. Dies liegt daran, dass durch die angenommene Mitvergärung von Energiepflanzen

slurry than to untreated pig slurry. Hence the emission factors for spreading of digested pig slurry are significantly higher than those for spreading of untreated pig slurry. This effect is intensified by the increased TAN content of the digestate.

For poultry, digestion of manure generally leads to a reduction of  $\text{NH}_3$  emissions in comparison to manure management without digestion. In parts this is due to gastight storage of digestate, but it is also a consequence of the fact that digestate are spread differently from undigested manure: spreading techniques and incorporation times are less  $\text{NH}_3$  emitting for spreading of digestate than for untreated poultry manure.

For the time series of the overall effect of manure digestion on  $\text{NH}_3$  emissions see Chapter 2.2.

die Gärreste eher einer unbehandelten Rindergülle entsprechen als einer unbehandelten Schweinegülle. Dementsprechend hoch sind die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für die Ausbringung im Vergleich zu unvergorener Schweinegülle. Verstärkt wird dieser  $\text{NH}_3$ -Anstieg noch durch den erhöhten TAN-Gehalt in den Gärresten.

Bei Geflügel führt die Vergärung des Wirtschaftsdüngers generell zu einer Verringerung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Dies liegt an der gasdichten Lagerung und daran, dass nach den für die Emissionsberechnungen verwendeten Daten zu Ausbringungstechniken und Einarbeitszeiten die Ausbringung der Gärreste emissionsärmer erfolgt als die Ausbringung des unvergorenen Geflügelmists.

Für die Zeitreihe der Gesamtauswirkung der Vergärung auf die  $\text{NH}_3$ -Emissionen siehe Kapitel 2.2.

#### 3.4.4.3 *Digestion of energy crops / Vergärung von Energiepflanzen*

In terms of emission reporting, anaerobic digestion of energy crops (including the spreading of the digestate) represents a separate source of emissions. Hence, in spite of the usual co-fermentation of energy crops and animal manures, separate input data sets were derived for energy crops (KTBL, 2016). Methodology, data and emission factors are described in Chapter 10.

Die Energiepflanzenvergärung (incl. Gärrestausbringung) gilt in der Emissionsberichterstattung als eigenständige Emissionsquelle. Daher wurden trotz der in der Praxis vorherrschenden Ko-Fermentierung von Energiepflanzen und Wirtschaftsdünger separate Eingangsdaten abgeleitet (KTBL, 2016). Methodik, Daten und Emissionsfaktoren werden in Kapitel 10 beschrieben.

#### 3.4.5 *Other activity data in animal husbandry / Andere Aktivitätsdaten in der Tierhaltung*

In the following activity data of animal husbandry are described which are of concern for more than one single animal category. For category-specific activity data, e. g. milk yield or the number of eggs produced, see the respective animal chapters.

Im Folgenden werden Aktivitätsdaten für die Tierhaltung beschrieben, die für mehr als eine Tierkategorie von Bedeutung sind. Für tierkategorie-spezifische Aktivitätsdaten wie z. B. die Milchleistung oder die Anzahl produzierter Eier wird auf die entsprechenden Tierkapitel verwiesen.

##### 3.4.5.1 *Use of protein in pig feeding / Proteineinsatz in der Schweinefütterung*

In combination with the inquiry on pig animal numbers on 3 November 2011, the Federal Statistical Office made an survey on the use of protein in pig fattening between November 2011 and October 2012 (about 11000 farms)<sup>21</sup>. The aim of this protein-use inquiry was to improve the data base for the emission inventory.

The questionnaire queried feed protein contents of for the first and the last phase in phase feeding of fattening pigs; for possible phases in between no protein data were collected. The questionnaire also queried on the national level and on the level of the federal states the percentages of the various feeding concepts (single-phase, dual-phase, multi-phase feeding).

Based on these data an improved model concept has been developed to account for the reduction of feed N input in fattener feeding. For this new model concept and the underlying data of the survey see Chapter 5.5.3. The new model replaces the concept used before, which

Im Zusammenhang mit der Erhebung über die Schweinebestände am 3. November 2011 führte das Statistische Bundesamt eine Befragung über den Einsatz von Protein in der Schweinemast im Zeitraum November 2010 bis Oktober 2011 durch (ca. 11000 Betriebe)<sup>21</sup>. Diese Erhebung hatte das Ziel, die Datengrundlage für das Emissionsinventar zu verbessern.

Es wurden für Mastschweine die Proteingehalte des Futters für die erste und die letzte Fütterungsphase abgefragt; für etwaige dazwischenliegende Phasen wurden keine Daten erhoben. Außerdem wurde erhoben, mit welchen prozentualen Anteilen die verschiedenen Fütterungsvarianten (einphasig, zweiphasig, drei- und mehrphasig) in den Bundesländern und auf nationaler Ebene zum Einsatz kommen.

Mithilfe dieser Daten wurde für das Inventar ein verbessertes Modellkonzept („N-angepasste Fütterung“) für die Mastschweinefütterung entwickelt. Zum neuen Modellkonzept und den zugrunde liegenden Erhebungsergebnissen siehe Kapitel 5.5.3. Das neue Modell löst

<sup>21</sup><https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Produktionsmethoden/Produktionsmethoden.html>

was based on the distribution of the BImSchG (Federal Immission Control Act) farms and their animal numbers (RÖSEMANN et al., 2013).

The modelling of N-reduced feeding with sows which has been applied in the inventory until Submission 2013 (incl.) is not used any longer. The feeding of weaners and boars, however, is the same as for Submission 2013.

#### 3.4.5.2 *Air scrubber systems in pig husbandry / Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung*

The inventory takes into account a mitigation of emissions of  $\text{NH}_3$  and particulate matter from housing by air scrubbing, see Chapters 3.3.4.3.3 und 3.3.4.3.5. As there are no data on the distribution of air scrubbing systems between liquid manure and solid manure systems, the inventory makes the plausible assumption that air scrubbing systems are used only in farms with big animal numbers, i. e. in liquid manure systems.

For Submission 2017 the estimates of the numbers of animal places in housings equipped with air scrubbing devices had been based on surveys of the KTBL made for 2010 and 2012, as well as – for Lower Saxony only – for 2014. Those surveys included data from different data sources. The data sets obtained weren't necessarily consistent and complete, and they could not adequately be completed for the present Submission 2018 by using the given data sources. Hence, KTBL conducted a new survey in the first half of 2017 by questioning the manufacturers of air scrubbing devices. Among other things this survey revealed that the earlier surveys contained a certain double counting. Hence, for the present Submission 2018 the numbers of animal places in housings equipped with air scrubbing devices were lower than in the precedent submission. This led to a lower mitigation effect and hence to an increase in emissions of ammonia and particulate matter.

According to this data, 5.7 % of all pig places were equipped with air scrubbers in 2016.

Based on the KTBL survey data used until Submission 2017, the  $\text{NH}_3$  removal efficiency of air scrubbing systems is, on average, about 80 %. For sake of simplicity this mean removal efficiency is used in all years for all air scrubbing systems considered in the inventory. For TSP and  $\text{PM}_{10}$  the dust removal rates is assumed to be 90 %, for  $\text{PM}_{2.5}$  70 %.

#### 3.4.6 *Data gaps and uncertainties / Datenlücken und Unsicherheiten*

Procedures for data gap closure are described in specific subchapters from Chapter 4 onwards.

The description of the uncertainties of the emission calculations in the respective sub-chapters as of Chapter 4 is based on the following guidance documents: IPCC (2006), Chapter 3; EMEP (2016), Part A, Chapter 5; „Anleitung zur Durchführung eines Expert Judgement (Expertenschätzung) zur Unsicherheitsbestimmung“ („Guidance for expert judgements“) by Umweltbundesamt (Qualitätssicherungs-System Emissionen, unpublished typescript).

For total uncertainties of the German agricultural GHG and  $\text{NH}_3$  emission inventories see Chapter 14.

das bisherige Konzept einer N-reduzierten Fütterung ab, die auf der Verteilung der BImSchG-Betriebe und der zugehörigen Tierzahl beruhte (RÖSEMANN et al., 2013).

Die bis Submission 2013 einschließlich auch bei Sauen angewendete N-reduzierte Fütterung entfällt. Die Fütterung von Aufzuchtferkeln und Ebern bleibt gegenüber der Submission 2013 unverändert.

Das Inventar berücksichtigt die Filterwirkung von Abluftreinigungsanlagen bzgl.  $\text{NH}_3$  und Partikel aus der Schweinehaltung, siehe Kapitel 3.3.4.3.3 und 3.3.4.3.5. Da die Verteilung von Abluftreinigungsanlagen zwischen gülle- und strohbasierten Haltungssystemen nicht bekannt ist, wird in plausibler Weise für alle Jahre angenommen, dass nur große, d. h. güllebasierte Haltungssysteme mit Abluftreinigungsanlagen ausgestattet sind.

Die in der Submission 2017 verwendeten Schätzungen der Verbreitung von Abluftreinigungsanlagen in Schweineställen beruhten auf Erhebungen des KTBL für 2010 und 2012 sowie – nur für Niedersachsen – 2014. Diese Daten stammten aus verschiedenen Quellen und waren nicht notwendigerweise konsistent und vollständig und konnten für die Emissionsberichterstattung 2018 aus den gegebenen Datenquellen nicht ergänzt werden. Um die bis Submission 2017 verwendeten Daten ersetzen zu können, führte KTBL im ersten Halbjahr 2017 eine Umfrage bei den Herstellern über die Verkäufe in der Vergangenheit durch. Dabei zeigte sich u. a., dass die bisherigen Datensätze Doppelzählungen enthielten. Für die Emissionsberichterstattung 2018 wurde daher mit einer geringeren Verbreitung von Abluftreinigungsanlagen als bisher angenommen gerechnet. Der damit verbundene geringere Minderungseffekt auf Deutschlandebene führte zu erhöhten Ammoniak- und Staubemissionen.

Im Jahr 2016 waren diesen Daten zufolge 5,7 % aller Schweineplätze mit Abluftreinigung ausgestattet.

Die aus der früheren KTBL-Erhebung ableitbare  $\text{NH}_3$ -Reinigungseffizienz beträgt im Mittel ca. 80 %. Zur Vereinfachung wird dieser Wert einheitlich für alle im Inventar berücksichtigten Abluftreinigungsanlagen in allen Jahren verwendet. Für TSP und  $\text{PM}_{10}$  wird eine Reinigungseffizienz von 90 % angenommen, für  $\text{PM}_{2.5}$  von 70 %.

Die Behandlung von Datenlücken wird ab Kapitel 4 in den entsprechenden Unterkapiteln beschrieben.

Die Beschreibung der Unsicherheiten der Emissionsberechnungen in den entsprechenden Unterkapiteln ab Kapitel 4 orientiert sich an IPCC (2006), Kapitel 3, und EMEP (2016), Part A, Kapitel 5, sowie an der „Anleitung zur Durchführung eines Expert Judgement (Expertenschätzung) zur Unsicherheitsbestimmung“ (Umweltbundesamt, Qualitätssicherungs-System Emissionen, unveröffentlichtes Typeskript).

Auf die Gesamtunsicherheiten (Emissionshöhe und Trend) des THG-Inventars und des Ammoniak-Inventars der deutschen Landwirtschaft geht Kapitel 14 ein.



### 3.5 Quality management / Qualitätsmanagement

In the following the various modules of the quality management for the inventory preparation are described.

Im Folgenden werden die verschiedenen „Bausteine“ des Qualitätsmanagements für die Erstellung des Emissionsinventars beschrieben.

#### 3.5.1 *Quality management of emission inventory preparation at the Thünen Institute / Qualitätsmanagement der Emissionsinventarerstellung am Thünen-Institut*

For the inventory preparation the UNFCCC Reporting Guidelines require the implementation of a system of quality control and assurance (QC/QA). The National Coordination Agency (NaKo) within the Federal Environment Agency (UBA) has established the Quality System for Emissions Inventories (QSE) to comply with the requirements of UNFCCC and IPCC with respect to quality management. The guidebook of the quality system (Version 5.0 (UBA, 2016)) specifies the international requirements for the National System of Emissions Inventories (NaSE) in Germany. It describes a concept complying with the standards of inventory preparation.

The Thünen Institute as participant of the NaSE (even though external to the NaKo) has, according to the requirements of the QSE, established its own quality management for the inventory preparation, see BMVEL (2012) and the updated version BMEL (2016). The supplemental document „Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen Landwirtschaft und LULUCF“ (vTI, 2012; updated version: TI, 2016) describes in detail the implementation of the standards of the QSE and its endorsement by additional rules.

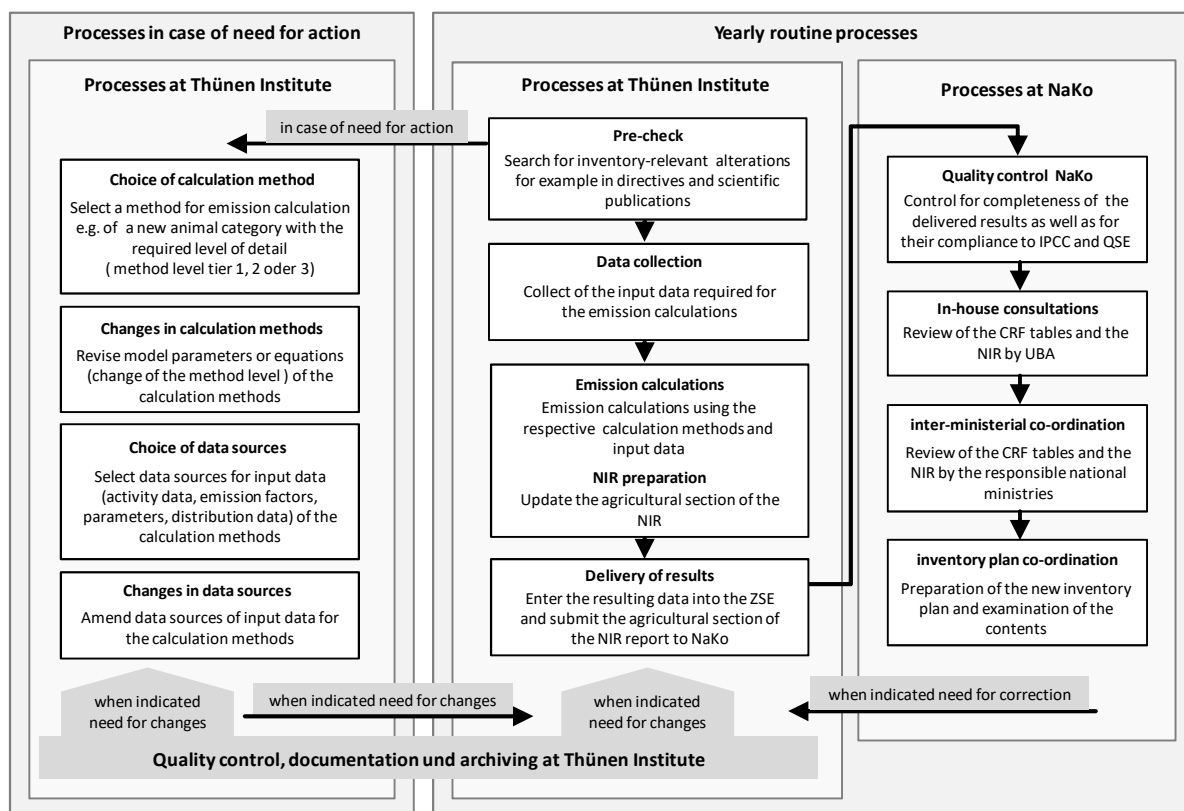
Processes and quality control/assurance of the emission inventory preparation at Thünen Institute are schematically displayed in Figure 3.6. For more details see Chapters 3.5.1.1 to 3.5.1.4.

Die UNFCCC Reporting Guidelines fordern bei der Erstellung von Emissionsinventaren die Implementierung einer Qualitätskontrolle und -sicherung (QK/QS). Die Nationale Koordinierungsstelle (NaKo) des Umweltbundesamtes (UBA) hat das Qualitäts-System Emissionsinventare (QSE) zur Umsetzung der Anforderungen der UNFCCC und des IPCC an das Qualitätsmanagement eingerichtet. Das Handbuch des Qualitäts-Systems (Version 5.0 (UBA, 2016b)) spezifiziert die internationalen Anforderungen für das Nationale System Emissionsinventare (NaSE) in Deutschland. Es beschreibt das Konzept für einen regelkonformen Prozess der Erstellung von Emissionsinventaren.

Das Thünen-Institut als Teilnehmer des NaSE außerhalb der NaKo hat ein den QSE-Vorgaben entsprechendes eigenes Qualitätsmanagement für die Emissionsinventarerstellung etabliert, siehe BMVEL (2012) und in der aktualisierten Fassung BMEL (2016). Das ergänzende Dokument „Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen Landwirtschaft und LULUCF“ (vTI, 2012; aktualisierte Fassung: TI, 2016) beschreibt im Detail, wie die Anforderungen des QSE umgesetzt und durch weiter gehende Regelungen ergänzt werden.

Der Ablauf einer Emissionsinventarerstellung und deren Qualitätskontrolle/-sicherung ist in Figure 3.6 schematisch dargestellt. Nähere Informationen sind in Kapitel 3.5.1.1 bis 3.5.1.4 zu finden.

**Figure 3.6: Processes and quality control/assurance of the emission inventory preparation at Thünen Institute**



### 3.5.1.1 Quality checks at the Thünen Institute / Qualitätskontrolle am Thünen-Institut

The quality control of the inventory preparation is based on several work steps subdivided in distinct tasks described in the document „Ausführungsbestimmung...“ (TI, 2016), see Figure 3.6 in the previous chapter. Particularly relevant are tasks like comparisons and checks by specific calculations. The results of these tasks have to satisfy specific criteria of the achievement of objectives.

In this process 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 as far as possible for input data and emission results, taking into account default values provided in the guidance documents. These comparisons are presented in the report at hand in specific sub-chapters from Chapter 4 on.

For the various tasks relevant for the quality control the specific criteria of the achievement of objectives are defined in the document „Ausführungsbestimmung...“ (TI, 2016). The execution of all tasks as well as the compliance with the criteria of achievement of objectives during the process of inventory implementation are surveyed by the responsible personnel with the help of the specific Thünen Institute checklists: Compliance with the criteria is either conformed or the non-compliance has to be justified.

Als Grundlage für die Qualitätskontrolle der Emissionsinventarerstellung dienen die im Dokument „Ausführungsbestimmung...“ (TI, 2016) beschriebenen Aufgaben innerhalb der einzelnen Arbeitsschritte, siehe Figure 3.6 im vorhergehenden Kapitel. Dabei sind vor allem Aufgaben wie Vergleiche und Kontrollrechnungen relevant, deren Ergebnisse bestimmte Kriterien der Zielerreichung erfüllen müssen.

In diesem Prozess können die mit dem Inventarmodell GAS-EM berechneten nationalen Emissionsergebnisse nicht mit anderen nationalen Daten verglichen werden, da solche Daten nicht vorliegen. Stattdessen wird, soweit möglich, für die relevanten Quellgruppen ein Vergleich von Eingangsgrößen und Emissionsergebnissen mit Defaultwerten aus den Richtlinien und entsprechenden Daten benachbarter Staaten durchgeführt. Diese Vergleiche werden im vorliegenden Bericht in entsprechenden Unterkapiteln ab Kapitel 4 beschrieben.

Für die verschiedenen qualitätskontrollrelevanten Aufgaben sind spezifische Kriterien der Zielerreichung in der „Ausführungsbestimmung...“ (TI, 2016) festgelegt. Die Erledigung aller Aufgaben sowie die Erfüllung der Kriterien der Zielerreichung wird mit den Checklisten des Thünen-Instituts während der Emissionsinventarerstellung von den zuständigen Mitarbeitern des Thünen-Instituts überprüft. Die Einhaltung dieser Kriterien wird bestätigt oder deren Nichteinhaltung begründet.



### 3.5.1.2 Documentation and Archiving / Dokumentation und Archivierung

The central place for the documentation of the QSE is the so called Inventory Description. The latter has a obligatory structure in which to store all the documents and information relevant for inventory preparation, inventory reconstruction and quality management. The Inventory Description of the inventories established at Thünen Institute is held in the institute's internet platform ("Greenhouse Gas Wiki"). This internet platform represents the central interface between Thünen Institute and NaKo in the Federal Environmental Agency, as NaKo has full access to the internet platform. Thünen Institute and NaKo take care of periodical storing and archiving of the data.

Der zentrale Dokumentationsort des QSE ist die so genannte Inventarbeschreibung. Diese umfasst in einer vorgegebenen Struktur alle für die Erstellung und Rekonstruktion des Emissionsinventars sowie für das Qualitätsmanagement relevanten Informationen und Dokumente. Die Inventarbeschreibung wird am Thünen-Institut in Form einer institutseigenen Internet-Plattform („Treibhausgas-Wiki“) geführt und stellt eine zentrale Schnittstelle zwischen Thünen-Institut und der NaKo im Umweltbundesamt dar, da die vollen Zugriff auf die Internet-Plattform besitzt. Durch das Thünen-Institut und die NaKo erfolgt eine regelmäßige Sicherung und Archivierung der Daten.

### 3.5.1.3 Quality assurance by the NaKo / Qualitätssicherung durch die NaKo

The quality of data and methods used to prepare the inventory is checked by NaKo with the help of checklists, the so-called QSE checklists (QSE Guidebook, (UBA, 2016), Chapter 4.2.5). The QSE checklists have to be used in parallel to the inventory preparation. These checklists, which entail criteria of the achievement of objectives, serve for survey and documentation of the successful implementation of the quality controls by the participants of the NaKo. Compliance with the criteria is either conformed or the non-compliance has to be justified. Any violation of these criteria leads to the definition of measures of improvement to be implemented during the inventory preparation by the participants of NaSE. The measures of improvement are administrated within the Inventory Plan (QSE Guidebook, (UBA, 2016), Chapter 4.2.6) that represents an additional tool for the quality assurance of the emission inventories. The contents of the Inventory Plan are based on the results of the QSE checklists, the improvements planned as addressed in the NIR, as well as the results of the various review procedures by UNFCCC and the EU commission. The Inventory Plan is updated in a permanent process and discussed in consultations with the NaSE participants.

Die Qualität der dem Inventar zugrunde liegenden Daten und Methoden wird von der NaKo mithilfe von Checklisten, den QSE-Checklisten, kontrolliert (QSE-Handbuch (UBA, 2016), Kapitel 4.2.5). Die QSE-Checklisten sind parallel zur Inventarerstellung auszufüllen. Sie dienen der Überprüfung und Dokumentation der erfolgreichen Durchführung der Qualitätskontrollen der Teilnehmer des NaSE und enthalten diverse Kriterien der Zielerreichung. Die Einhaltung dieser Kriterien wird bestätigt oder ihre Nichteinhaltung begründet. Nicht eingehaltene Kriterien führen zur Formulierung von Verbesserungsmaßnahmen. Die von den Teilnehmern des NaSE während der Emissionsinventarerstellung umzusetzenden Verbesserungsmaßnahmen werden im Inventarplan (QSE-Handbuch (UBA, 2016), Kapitel 4.2.6) verwaltet, der damit ein weiteres Instrument zur Qualitätssicherung der Emissionsinventare darstellt. In die Erstellung des Inventarplans fließen die Ergebnisse der QSE-Checklisten, die im NIR benannten geplanten Verbesserungsaktivitäten sowie die Ergebnisse der verschiedenen Reviewprozeduren der UNFCCC und der EU-Kommission ein. Der Inventarplan wird in einem fortlaufenden Prozess regelmäßig aktualisiert und mit den Teilnehmern des NaSE abgestimmt.

### 3.5.1.4 Quality assurance by external checks / Qualitätssicherung durch externe Überprüfungen

After termination of inventory preparation, the complete German emission inventory is subject to additional checks carried out by NaKo: initial quality check, in-house consultations within the Federal Environment Agency, inter-ministerial co-ordination. After release of the emission inventory by NaKo the emission inventory is checked within a routine review process carried out by UNFCCC (Initial Check, S&A, Individual Review). In addition to the UNFCCC review the quality of the emission inventory is assured by a review process carried out by UNECE (Initial Check, S&A, In-depth Reviews).

If necessary, external experts (e.g. from KTBL) or the Ministry of Agriculture are consulted to evaluate the inventory.

Nach seiner Fertigstellung durchläuft das gesamte deutsche Emissionsinventar weitere Überprüfungen durch die NaKo (initiale Qualitätskontrolle, Hausabstimmung im Umweltbundesamt, Ressortabstimmung). Nach der Freigabe des Emissionsinventars durch die NaKo tritt das Emissionsinventar in den routinemäßigen Reviewprozess unter UNFCCC (Initial Check, S&A, Individual Review) ein. Zusätzlich zu den UNFCCC-Reviews wird das Emissionsinventar durch den Reviewprozess unter UNECE (Initial Check, S&A, In-depth Reviews) qualitätsgesichert.

Je nach Bedarf werden vom Thünen-Institut externe Experten wie beispielsweise KTBL oder das BMEL zu Beurteilungen des Emissionsinventars hinzugezogen.

### 3.5.2 *Changes with respect to the previous submission / Änderungen gegenüber der vorherigen Berichterstattung*

This chapter provides short descriptions of changes of methods and data that were made to improve the emission reporting for the German Agriculture in comparison to the previous submission (Submission 2017). The modifications are described in the following according to the chapter numbers used in the report at hand. These chapter-wise annotations are preceded by short descriptions of modifications that concern more than one chapter.

Changes in emissions due to the aforementioned modifications are assessed qualitatively in the following. A quantification of the changes in emissions is provided in Chapter 2.3.

Note: In Chapter 11 (Direct emissions from managed agricultural soils and cultures), a new Chapter 11.8 has been added to last year's report (incineration of crop residues on the field). The chapter numbers of the following subchapters have been adjusted accordingly.

#### ***Air scrubbing in animal husbandry***

For Submission 2017 the estimates of the numbers of animal places in housings equipped with air scrubbing devices had been based on surveys of the KTBL made for 2010 and 2012, as well as – for Lower Saxony only – for 2014. Those surveys included data from different data sources. The data sets obtained weren't necessarily consistent and complete, and they could not adequately be completed for the present Submission 2018 by using the given data sources. Hence, KTBL conducted a new survey in the first half of 2017 by questioning the manufacturers of air scrubbing devices. Among other things this survey revealed that the earlier surveys contained a certain double counting. Hence, for the present Submission 2018 the numbers of animal places in housings equipped with air scrubbing devices were lower than in the precedent submission. This led to a lower mitigation effect and hence to an increase in emissions of ammonia and particulate matter.

#### ***Anaerobic digestion of animal manures***

The time series of activity data were updated by KTL. In total this led, in comparison to Submission 2017, to an increase of the percentages of animal manures fed into anaerobic digestion. The percentages of gaseous storage of digestate from animal manures were updated by KTBL for the years 2013 to 2015 (yielding, in comparison to Submission 2017, somewhat lower percentages for 2013 and 2014, and somewhat higher percentages for 2015.)

#### ***Spreading of animal manures and digestates***

With the 2016 Agricultural Structure Survey (ASE 2016), the Federal Statistical Office collected data on the application of liquid manure and digestates as well as, for the first time, of solid manure, separately for poultry manure (including dry manure) and manure from all other animals. These data were used to update the time

Dieses Kapitel beinhaltet Kurzbeschreibungen zu Änderungen von Methoden und Daten, die zur Verbesserung der deutschen landwirtschaftlichen Emissionsberichterstattung gegenüber der letzten Submission (Submission 2017) vorgenommen wurden. Die Änderungen werden im Folgenden übersichtsartig unter der im vorliegenden Bericht geltenden Kapitelnummer beschrieben. Dem gehen Kurzbeschreibungen zu wichtigen Änderungen voraus, die mehrere Kapitel betreffen.

Mit den vorgenannten Modifikationen verbundene Änderungen in der Höhe der Emissionen werden im Folgenden qualitativ bewertet. Eine quantitative Darstellung findet sich in Kapitel 2.3.

Anmerkung: In Kapitel 11 (Direkte Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen und Kulturen) wurde gegenüber dem letztjährigen Bericht ein neues Kapitel 11.8 eingefügt (Verbrennen von Ernterückständen auf dem Feld). Die Kapitelnummern der nachfolgenden Unterkapitel wurden entsprechend angepasst.

#### ***Abluftreinigung in der Tierhaltung***

Die in der Submission 2017 verwendeten Schätzungen der Verbreitung von Abluftreinigungsanlagen in Schweineställen beruhten auf Erhebungen des KTBL für 2010 und 2012 sowie – nur für Niedersachsen – 2014. Diese Daten stammten aus verschiedenen Quellen und waren nicht notwendigerweise konsistent und vollständig und konnten für die Emissionsberichterstattung 2018 aus den gegebenen Datenquellen nicht ergänzt werden. Um die bis Submission 2017 verwendeten Daten ersetzen zu können, führte KTBL im ersten Halbjahr 2017 eine Umfrage bei den Herstellern über die Verkäufe in der Vergangenheit durch. Dabei zeigte sich u. a., dass die bisherigen Datensätze Doppelzählungen enthielten. Für die Emissionsberichterstattung 2018 wurde daher mit einer geringeren Verbreitung von Abluftreinigungsanlagen als bisher angenommen gerechnet. Der damit verbundene geringere Minderungseffekt auf Deutschlandebene führte zu erhöhten Ammoniak- und Staubemissionen.

#### ***Vergärung von Wirtschaftsdüngern***

KTBL aktualisierte für alle Jahre der Zeitreihe die Eingangsdaten. Dies führte insgesamt zu einem Anstieg des Anteils des in die Vergärung gegangenen Wirtschaftsdüngers gegenüber Submission 2017. Die Anteile der Lagerung von Wirtschaftsdünger-Gärresten in gasdichten Lagern wurde durch KTBL für die Jahre 2013 bis 2015 aktualisiert (Im Vergleich zu Submission 2017 etwas niedrigere Anteile für 2013 und 2014, einen etwas höheren Anteil im Jahr 2015).

#### ***Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Gärresten***

Mit der Agrarstrukturerhebung 2016 (ASE 2016) erhob das Statistische Bundesamt für das Jahr 2015 Daten zur Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern und Gärresten sowie erstmalig von Mist, getrennt nach Geflügelmist (incl. Trockenkot) und Mist aller anderen Tiere. Diese Daten wurden zur Aktualisierung der Zeitreihen

series of the frequency distributions. This affects solid manure back to the year 2000, since the RAUMIS data from 1999 (up to and including 2017) could be replaced by linear interpolation between 1999 and 2015.

(Data on husbandry, storage and grazing were not collected in ASE 2016.)

#### ***PM emissions from animal husbandry***

The new EMEP Guidebook, issued in September 2016, provides new emission factors for pigs and poultry (except ducks and geese). Some of those emission factors are higher or lower than the previous emission factors.

The methodology used in past emission reporting submissions (based on the former EMEP Guidebook 2013) can be maintained for the present submission as well as and for future submissions, because it can be applied consistently with the new emission factors.

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

Start weights and final weights were updated for some years. Data on milk yield and the contents of milk fat and milk protein were updated for 2014 and 2015. In addition the percentages of „mixed diet“ und „grass based diet“ were updated for the years 2014 and 2015. These modifications led to slight modifications of the emissions.

#### ***Chapter 4.5 Heifers***

Start weights and final weights were updated for some years, followed by slight modifications of the emissions.

An error was corrected in the calculation of the TAN content for the storage of untreated slurry. This led to a reduced amount of TAN and therefore to reduced  $\text{NH}_3$  emissions from storage and application.

#### ***Chapter 4.6 Male beef cattle***

Start weights and final weights were updated for some years, followed by slight modifications of the emissions.

In the sub-model for anaerobic digestion of manure an error had been found concerning the calculation of TAN in the digester. The correction led to increased  $\text{NH}_3$  emissions from storage and application of the digestate.

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

An error was corrected in the calculation of the TAN content of slurry just before the divide into storage of untreated slurry and anaerobic digestion of slurry. This led to a reduced amount of TAN and therefore to reduced  $\text{NH}_3$  emissions from storage and application of untreated and anaerobically digested slurry.

#### ***Chapter 5 Pigs***

Weight gains and numbers of piglets per sow were updated for the year 2015. The relevance for the calculation of emissions was almost negligible.

der Häufigkeitsverteilungen verwendet. Dies wirkt sich bei Mist bis zurück zum Jahr 2000 aus, da die bislang (bis einschließlich Submission 2017) von beibehaltenen RAUMIS-Daten von 1999 durch lineare Interpolation zwischen 1999 und 2015 ersetzt werden konnten.

(Daten zu Haltungs- und Lagerverfahren sowie Weidegang wurden in der ASE 2016 nicht erhoben.)

#### ***Partikelemissionen aus der Tierhaltung***

Das im September 2016 in überarbeiteter Fassung erschienene EMEP-Guidebook schreibt neue Emissionsfaktoren für Schweine und Geflügel (außer Enten und Gänse) vor. Diese Emissionsfaktoren sind teilweise höher, teilweise aber auch niedriger als die früheren Emissionsfaktoren.

Die bisherige Emissionsberechnungsmethodik (zuletzt EMEP (2013)) kann beibehalten werden, weil sie konsistent mit Emissionsfaktoren aus EMEP (2016) angewendet werden kann.

#### ***Kapitel 4.3 Milchkühe***

Anfangs- und Endgewichte wurde in einigen Jahren aktualisiert. Milchleistung, Milchfettgehalt und Milchproteingehalt wurden für die Jahre 2014 und 2015 aktualisiert. Es erfolgte außerdem eine Aktualisierung der prozentualen Anteile von „mixed diet“ und „grass based diet“ für die Jahre 2014 und 2015. Diese Änderungen führten zu leichten Veränderungen der Emissionen.

#### ***Kapitel 4.5 Färsen***

Anfangs- und Endgewichte wurde in einigen Jahren aktualisiert, mit der Folge leichter Veränderungen der Emissionen.

In der Berechnung des TAN-Gehaltes für die Lagerung unvergorener Gülle wurde ein Fehler korrigiert, womit sich die TAN-Menge und damit auch die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Lager und Ausbringung reduzierten.

#### ***Kapitel 4.6 Mastbullen***

Anfangs- und Endgewichte wurde in einigen Jahren aktualisiert, mit der Folge leichter Veränderungen der Emissionen.

Bei der Vergärung des Wirtschaftsdüngers wurde in der TAN-Berechnung im Fermenter ein Fehler korrigiert. Die Korrektur führt zu höheren  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Lagerung und Ausbringung der Gärreste.

#### ***Kapitel 4.7 Mutterkühe***

In der Berechnung des TAN-Gehaltes von Gülle vor der Aufteilung in die Lagerung unvergorener Gülle und Gülle für Wirtschaftsdüngervergärung wurde ein Fehler korrigiert. Damit reduzierten sich die TAN-Menge und damit auch entsprechende  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung von unvergorener Gülle und Gülle-Gärresten.

#### ***Kapitel 5 Schweine***

Die Zuwachsraten und die Anzahl der Ferkel pro Sau wurden für das Zeitreihenjahr 2015 aktualisiert. Die Auswirkung auf die Emissionswerte war geringfügig.

### **Chapter 6.6 Ziegen**

For Submission 2017 the goat numbers of 2014 and 2015 had to be estimated by extrapolation instead of interpolation, because the numbers of 2016 were still unknown. However, during the Agricultural Structure Survey of 2016 the current goat numbers were recorded and could be used to replace the estimates for 2014 and 2015 by estimates obtained by interpolation between 2013 and 2016. It was found that the new estimates are remarkably higher. The emission results for 2014 and 2015 changed accordingly.

### **Chapter 7 Horses, asses and mules**

For Submission 2017 the equidae numbers of 2014 and 2015 had to be estimated by extrapolation instead of interpolation, because the numbers of 2016 were still unknown. However, during the Agricultural Structure Survey of 2016 the current equidae numbers were recorded and could be used to replace the estimates for 2014 and 2015 by estimates obtained by interpolation between 2013 and 2016. It was found that the new estimates are lower. The emission results for 2014 and 2015 changed accordingly.

### **Chapter 8 Poultry**

For Submission 2017 the poultry numbers of 2014 and 2015 had to be estimated by extrapolation instead of interpolation, because the numbers of 2016 were still unknown. However, during the Agricultural Structure Survey of 2016 the current goat numbers were recorded and could be used to replace the estimates for 2014 and 2015 by estimates obtained by interpolation between 2013 and 2016. It was found that the new estimates are remarkably lower. The emission results for 2014 and 2015 changed accordingly.

#### **Chapter 8.4 Broilers**

The model quantity “total gross production of broiler meat” was updated for 2015 (slight increase) as final input data were provided in the meantime by the Federal Statistical Office.

This led to slightly increased excretion values and, as a consequence, also to increased emissions in 2015.

### **Chapter 9 Estimates for „other animals“**

The estimation of emissions from the keeping of deer, rabbits, ostrich and fur animals has been updated on the basis of the new EMEP Guidebook (EMEP, 2016).

### **Chapter 10 Anaerobic digestion of energy crops**

Fresh matter amounts were updated (increased) for 2013 and 2015. The data on the frequencies of gastight storage of digestate were updated as well (as of 2013). The new frequencies are somewhat lower than those used in Submission 2017. Both updates led to an increase of emissions from the digestion of energy plants and of emissions from storage and spreading of the resulting digestate.

### **Kapitel 6.6 Ziegen**

Mit der Agrarstrukturerhebung 2016 wurden aktuelle Ziegenzahlen erhoben. Dadurch konnten die bisher durch Extrapolation geschätzten Zahlen der Jahre 2014 und 2015 durch Schätzungen ersetzt werden, die auf einer linearen Interpolation zwischen 2013 und 2016 beruhen. Die so erhaltenen Tierzahlen für 2014 und 2015 liegen deutlich über den Schätzungen für die letztjährige Berichterstattung (Submission 2017). Die Gesamtemissionen der Ziegenhaltung haben sich analog verändert.

### **Kapitel 7 Pferde, Esel und Maultiere**

Mit der Agrarstrukturerhebung 2016 wurden aktuelle Equidenzahlen erhoben. Dadurch konnten die bisher durch Beibehaltung der 2013er Werte geschätzten Zahlen der Jahre 2014 und 2015 durch Schätzungen ersetzt werden, die auf einer linearen Interpolation zwischen 2013 und 2016 beruhen. Die so erhaltenen Tierzahlen für 2014 und 2015 liegen unter dem Wert von 2013 und damit unter der Schätzung für die letztjährige Berichterstattung (Submission 2017). Die Gesamtemissionen der Equidenhaltung haben sich analog verändert.

### **Kapitel 8 Geflügel**

Mit der Agrarstrukturerhebung 2016 wurden aktuelle Geflügelzahlen erhoben. Dadurch konnten die bisher durch Extrapolation geschätzten Zahlen der Jahre 2014 und 2015 durch Schätzungen ersetzt werden, die auf einer linearen Interpolation zwischen 2013 und 2016 beruhen. Die so erhaltenen Tierzahlen für 2014 und 2015 liegen deutlich unter den Schätzungen für die letztjährige Berichterstattung (Submission 2017). Die Gesamtemissionen der Geflügelhaltung haben sich analog verändert.

#### **Kapitel 8.4 Masthähnchen**

Die Eingangsgröße „Gesamt-Bruttoschlachtfleischmenge“ wurde für 2015 aktualisiert (geringfügige Erhöhung), da inzwischen endgültige Daten des Statistischen Bundesamtes zur Berechnung vorliegen. Dies führte zu leicht erhöhten Ausscheidungswerten und damit auch höheren Emissionen für 2015.

### **Kapitel 9 Schätzungen für „andere Tiere“**

Die Schätzung von Emissionen aus der Haltung von Gehegewild, Kaninchen, Straußen und Pelztieren wurden auf Grundlage des neuen EMEP-Guidebooks (EMEP, 2016) aktualisiert.

### **Kapitel 10 Energiepflanzen-Vergärung**

Die Frischmassemengen wurden für 2013 und 2015 aktualisiert (angehoben). Die Daten zur Verbreitung der gasdichten Gärrestlagerung wurden ab 2013 einschließlich aktualisiert werden. Die Verbreitung ist damit geringer als in Submission 2017 zugrunde gelegt. Beide Aktualisierungen führen zu einem Anstieg der Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen und der anschließenden Lagerung und Ausbringung der Gärreste.

### **Chapter 11.1 Mineral fertilizer**

According to the new EMEP Guidebook version (EMEP, 2016) new NH<sub>3</sub> emission factors were used. This led, on average for all fertilizers applied, to approximately halving the NH<sub>3</sub> emissions compared to Submission 2017. The uncertainties of the NH<sub>3</sub> emission factors were updated according to EMEP (2016).

### **Chapter 11.4 Sewage sludge**

The amounts of sewage sludge applied were updated (decreased) for 2015.

According to the new EMEP Guidebook version (EMEP, 2016), NH<sub>3</sub> and NO emissions are calculated as of Submission 2018. This increases the total emissions of NH<sub>3</sub> and NO known from last year's submission (Submission 2017) as well as the indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils (due to increased deposition of reactive nitrogen caused by increased emissions of NH<sub>3</sub> and NO).

### **Chapter 11.5 Grazing**

According to the new EMEP Guidebook version (EMEP, 2016), the emission factor for NO was increased from 0,007 kg NO-N (kg N)<sup>-1</sup> to 0,012 kg NO-N (kg N)<sup>-1</sup>. Hence the NO emissions from grazing are higher than in Submission 2017. In addition, total NO emissions from grazing were modified by the fact that, in some animal categories, total excretions have changed due to updated animal numbers and/or performance data (dairy cows, heifers, male beef cattle, equidae and goats).

### **Chapter 11.7 Crop residues**

Activity data and methodology did not change with respect to Submission 2017. However, N<sub>2</sub>O emissions from crop residues increased in the years 2014 and 2015. Those changes are due to updated animal numbers 2014 and 2015 (see above for the respective comments in Chapters 6.6, 7 and 8). The updated animal numbers led to modified net amounts of straw for bedding that is subtracted from the amounts of crop residues before the N<sub>2</sub>O emissions from crop residues are calculated.

### **Chapter 11.8 Field burning of agricultural residues**

Emissions from field burning of agricultural residues are negligible in Germany. Chapter 11.8 describes the background details.

### **Chapter 11.9 CO<sub>2</sub> from liming**

As of Submission 2018 the reported CO<sub>2</sub> emissions from the application of calcium ammonium nitrate is calculated and reported separately. This has no effect on the overall CO<sub>2</sub> emissions from the application of carbon-containing fertilizers. CO<sub>2</sub> emissions from calcium ammonium nitrate are reported under CRF 3.I ("other carbon-containing fertilizers"), while CO<sub>2</sub> emissions from lime and dolomite are reported under CRF 3.G.

### **Chapter 11.12 Emissions of HCB**

Data on domestic sales of pesticides was updated for 2014 and 2015. The HCB emission factor has been

### **Kapitel 11.1 Mineraldünger**

Entsprechend dem neuen EMEP-Guidebook (EMEP, 2016) werden ab Submission 2018 veränderte NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren verwendet. Im Mittel halbieren sich damit die NH<sub>3</sub>-Emissionen ungefähr gegenüber Submission 2017. Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors wurde nach EMEP (2016) aktualisiert.

### **Kapitel 11.4 Klärschlamm**

Für das Jahr 2015 wurde die ausgebrachte Klärschlammmenge aktualisiert (abgesenkt).

Dem neuen EMEP-Guidebook (EMEP, 2016) entsprechend werden ab Submission 2018 auch NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen berechnet. Damit steigen sowohl die Gesamtemissionen von NH<sub>3</sub> und NO gegenüber der letztjährigen Berichterstattung (Submission 2017), als auch - wegen der damit verbundenen höheren Deposition reaktiven Stickstoffs - die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden.

### **Kapitel 11.5 Weidegang**

Der bisherige NO-Emissionsfaktor von 0,007 kg NO-N (kg N)<sup>-1</sup> wurde dem neuen EMEP-Guidebook (EMEP, 2016) folgend auf 0,012 kg NO-N (kg N)<sup>-1</sup> herausgesetzt. Die NO-Emissionen aus Weidegang sind dementsprechend höher als in Submission 2017. Dabei wurden die NO-Gesamtemissionen auch dadurch modifiziert, dass sich die Gesamtausscheidungen in manchen Tierkategorien wegen Aktualisierungen von Tierzahlen und/oder Leistungsdaten geändert haben (Milchkühe, Färsen, Mastbullen, Equiden und Ziegen).

### **Kapitel 11.7 Ernterückstände**

Bei Aktivitätsdaten und Methodik gab es gegenüber Submission 2017 keine Änderungen. Trotzdem stiegen 2014 und 2015 die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Ernterückständen. Dies geht auf aktualisierte Tierzahlen 2014 und 2015 zurück (siehe dazu oben die Kommentare zu den Kapiteln 6.6, 7 und 8), die netto zu einer Verringerung der Strohmenen führten, die als Einstreumaterial vor der Berechnung der Emissionen aus Ernterückständen von den Ernterückständen abgezogen werden.

### **Kapitel 11.8 Verbrennen von Ernterückständen**

Emissionen aus dem Verbrennen von Ernterückständen auf dem Feld sind in Deutschland vernachlässigbar. Kapitel 11.8 beschreibt die Hintergründe.

### **Kapitel 11.9 CO<sub>2</sub> aus Kalkung**

Ab Submission 2018 werden die CO<sub>2</sub>-Emission aus der Ausbringung von Kalkammonsalpeter separat berechnet und berichtet. Dies wirkt sich nicht auf die Gesamthöhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Kalkung aus. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Dolomit sowie Kalkdüngern ohne Kalkammonsalpeter werden unter CRF 3.G berichtet, die Emissionen aus Kalkammonsalpeter unter CRF 3.I („Andere kalkhaltige Dünger“).

### **Kapitel 11.12 HCB-Emissionen**

Für die Jahre 2014 und 2015 wurde der Inlandabsatz der verkauften Pestizide aktualisiert. Der HCB-

changed from 0.5 to 1. In addition, there was a need to update the maximum concentration of HCB contamination in chlorothalonil required for the years 1990 to 2000. These changes result in consistently higher emissions compared to the 2017 submission.

#### **Chapter 11.13 Emissions of particulate matter**

According to the new EMEP Guidebook version (EMEP, 2016), there is now a specific emission factor for TSP. However, the value of this TSP emission factor is the same like for PM<sub>10</sub>, which corresponds to the assumption made in the German inventory until and including Submission 2017.

#### **Chapter 14.6 Uncertainty of the GHG inventory**

The uncertainty of the activity data for indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management had been underestimated. It was updated for Submission 2018, from 10 % to 40 %. The effect of this modification on the total uncertainty of the German GHG inventory is without relevance due to the predominant impact of the high uncertainty of the emission factor for the indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (400 %) and the small contribution to the total emissions.

#### **Chapter 14.6 Uncertainty of the NH<sub>3</sub> inventory**

As of Submission 2018 NH<sub>3</sub> from the application of sewage sludge is reported. This is also accounted in the total uncertainty of the NH<sub>3</sub> inventory.

Emissionsfaktor wurde von 0,5 auf 1 geändert. Außerdem war die Aktualisierung der maximalen Konzentration der HCB-Verunreinigung in Chlorthalonil von 1990 bis 2000 erforderlich. Aus diesen Änderungen resultieren durchgängig höhere Emissionen im Vergleich zu Submission 2017.

#### **Kapitel 11.13 Partikelemissionen**

Entsprechend dem neuen EMEP-Guidebook (EMEP, 2016) wird nun für TSP ein eigener Emissionsfaktor verwendet. Dessen Wert ist allerdings gleich dem für PM<sub>10</sub>, was wiederum der bisherigen Annahme im deutsche Emissionsinventar bis Submission 2017 entspricht.

#### **Kapitel 14.6 THG-Inventar-Unsicherheit**

Die bislang unterschätzte Unsicherheit des Aktivitätswertes für die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wurde aktualisiert (jetzt 40 % statt bisher 10%). Die Auswirkung dieser Änderung ist wegen der Dominanz der Unsicherheit des Emissionsfaktors der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (400 %) und des relativ geringen Emissionsbeitrags ohne Relevanz für die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars.

#### **Kapitel 14.7 NH<sub>3</sub>-Inventar-Unsicherheit**

Ab Submission 2019 wird NH<sub>3</sub> aus Klärschlamm berichtet. Dies wird auch in der Berechnung der Gesamtunsicherheit des NH<sub>3</sub>-Inventars berücksichtigt.

## 4 Cattle and buffalo / Rinder und Büffel

### 4.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

#### 4.1.1 Cattle and buffalo as of 2013 / Rinder und Büffel ab 2013

According to CRF/NFR, the emissions originating from cattle have to be reported separately for dairy cows and for other cattle. This subdivision reflects the magnitude of emissions from dairy cows. However, other cattle also contribute significantly to the overall emissions from German agriculture. Due to the differences in management and feeding, other cattle have to be further subdivided. More subcategories have to be formed. Emissions are then calculated separately for the various subcategories; the results obtained are aggregated in Chapter 4.9 to yield the results of the aggregated animal category "other cattle".

Table 4.1 shows the cattle subcategories used in the German census as well as their aggregation and disaggregation for the emission inventory. It should be noted that female cows for slaughtering were dealt with as heifers in all submissions prior to 2013. From the 2013 submission onwards they are treated like suckler cows in accordance with the categories formed by German official statistics.

For additional details see the subsequent chapters dealing with the different cattle categories used in the inventory.

As of 2013 the cattle numbers provided by the Federal Statistical Office comprise buffalo (and bisons) and there is no way to separate the numbers of cattle, buffalo (and bisons). Hence, the emissions of buffalo are included in the emissions of cattle and emission reporting for the separate animal category "buffalo" is omitted.

Emissions from buffalo in the years 1990 - 2012 are dealt with by adding the buffalo numbers (see Chapter 4.1.2) to the numbers of suckler cows (see Chapter 4.7.1.1). The reason for this approximation is that in Germany buffalo husbandry is similar to suckler cow husbandry and that the animal size is comparable.

For further details see the following chapters for the different cattle sub-categories.

Figure 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.

Emissionen von Rindern sind nach CRF/NFR getrennt für Milchkühe und die Gruppe der übrigen Rinder zu berichten. Diese Unterteilung ist durch die bedeutenden Emissionsbeiträge der Milchkühe begründet. Aber auch die Gruppe der übrigen Rinder trägt in ihrer Gesamtheit in erheblichem Umfang zu den Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft bei. Bedingt durch unterschiedliche Haltung und Fütterung weisen die Unterkategorien der übrigen Rinder ein unterschiedliches Emissionsverhalten auf. Um diesem Umstand gerecht zu werden, erfolgt die Emissionsberechnung getrennt nach Unterkategorien. Die Ergebnisse werden anschließend zum Gesamtergebnis der Kategorie „übrige Rinder“ aggregiert, siehe Kapitel 4.9.

Die Untergliederung der Rinder in der deutschen Tierzählung sowie ihre Aufteilung und Aggregation zum Zweck der Emissionsberechnung gehen aus Table 4.1 hervor. Anzumerken ist, dass die bis zur Submission 2012 einschließlich zu den Färsen gerechneten Schlacht- und Mastkühe ab Submission 2013 der Zählweise des Statistischen Bundesamtes entsprechend der Kategorie der Mutterkühe zugeschlagen werden.

Ab 2013 umfassen die vom Statistischen Bundesamt bereitgestellten Rinderzahlen auch Büffel (und Bisons), ohne dass die Büffelnzahlen aus diesen Zahlen heraus zu separieren wären. Auf diese Weise sind ab 2013 die Emissionen der Büffel in den Emissionen der Rinder enthalten und die Berichterstattung zur separaten Tierkategorie „Büffel“ entfällt.

Die in den Jahren 1990 bis 2012 von den Büffeln ausgehenden Emissionen werden im Inventar berücksichtigt, indem die Büffelnzahl dieser Jahre (siehe Kapitel 4.1.2) der Mutterkuhzahl zugeschlagen wird (siehe Kapitel 4.7.1.1). Dies wird damit begründet, dass in Deutschland die Büffelhaltung überwiegend der Mutterkuhhaltung ähnelt und auch die Tiergröße vergleichbar ist.

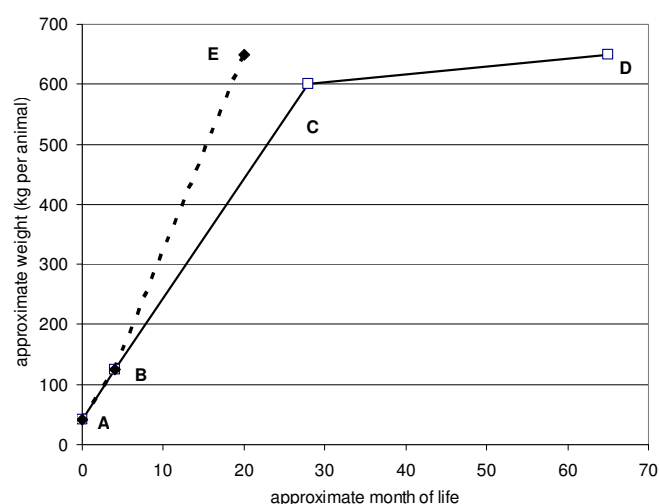
Zu weiteren Details wird auf die nachfolgenden Kapitel zu den Rinder-Unterkategorien verwiesen.

Figure 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.

**Table 4.1: Cattle, categorisation and characterization**

animal subcategories according to German census			animal subcategories used in this inventory			
type	descriptor		type	category	weight 1	weight 2
A <sup>1</sup>	ab 2009: Kälber unter einem Alter von 8 Monaten; vor 2009: Kälber unter einem Alter von 6 Monaten	as of 2009: calves younger than 8 months ; before 2009: calves younger than 6 months	ca	calves	41 kg an <sup>-1</sup>	125 kg an <sup>-1</sup>
			to bm and bf			
B <sup>1</sup>	ab 2009: Jungvieh 8 Monate bis < 1 Jahr, männlich; vor 2009: Jungvieh 6 Monate bis < 1 Jahr, männlich	as of 2009: young male cattle 8 months to 1 year; before 2009: young male cattle 6 months to 1 year	bm	male beef cattle	125 kg an <sup>-1</sup>	<i>w</i> <sub>fin, bm</sub>
C <sup>1</sup>	ab 2009: Jungvieh 8 Monate bis < 1 Jahr alt, weiblich; ab 2009: Jungvieh 6 Monate bis < 1 Jahr alt, weiblich	as of 2009: young female cattle 8 months to 1 year before 2009: young female cattle 6 months to 1 year	bf	heifers	125 kg an <sup>-1</sup>	<i>w</i> <sub>fin, bf</sub>
D	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt, männlich	young male cattle 1 to 2 years	to bm			
E	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt weiblich zum Schlachten	young female cattle 1 to 2 years, for slaughtering	to bf			
F	Jungvieh 1 bis 2 Jahre weiblich, Nutz- und Zuchttiere	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 > 2 years	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 Zuchtfärsen	female cattle above 2 years, for replacement	to bf			
J	Milchkühe	dairy cows	dc	dairy cows	<i>w</i> <sub>fin, bf</sub>	<i>w</i> <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 sc			
weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period; <i>w</i> <sub>start</sub> : variable start weight; <i>w</i> <sub>fin</sub> : variable final weight						
<sup>1</sup> The change between 2008 and 2009 is properly considered in the definition of animal numbers for the animal categories used in the inventory, see Chapters 4.4.1.1, 4.5.1.1 and 4.6.1.1.						
<sup>2</sup> From 2008 on, the categories K and L are counted as a total. This approach is applied to all years from 1990 onwards.						

**Figure 4.1: Cattle, scheme of animal weight development as used in the inventory**

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: Male beef cattle. Weight E: slaughter weight of male beef cattle.



From 2008 onwards, official statistics use cattle numbers taken from the HIT data base where all cattle animals are registered. The HIT data base does not contain information on the type of the use of animals (e.g. replacement *versus* fattening, see chapter 4 of the report on data quality, Fachserie 3, Reihe 4.1). The number of dairy cows cannot be extracted directly from the HIT data base. A model estimate has to be performed to generate this number from the total cattle herd. However, the uncertainty of the results remains unknown.

It is assumed that the standard error of cattle numbers is comparable to that of the important pig subcategories (sows, weaners, fatteners), i.e. 2 %. 50 % of the 95 % confidence intervall amount to 4 % uncertainty. A normal distribution is assumed.

Ab den Rinderzahlen für 2008 entnimmt das Statistische Bundesamt die Daten aus der HIT-Datenbank, in der alle Rinder erfasst werden. Allerdings enthält HIT keine Informationen der Nutzungsrichtung. Aus HIT können also die zur Erstellung des Emissionsinventars erforderlichen Tierzahlen der verschiedenen Rinderkategorien nicht direkt entnommen werden. Sie werden mithilfe eines Schätzmodells aus der HIT-Rindergesamtzahl ermittelt. Der Fehler der dabei entsteht, ist nicht bekannt.

Daher wird für das Emissionsinventar angenommen, dass der Standardfehler der Rinderzahlen mit dem bei den wichtigen Schweinekategorien (Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine) vergleichbar ist, d. h. 2 %. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 4 %. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.1.2 Buffalo 1990 – 2012 / Büffel 1990 – 2012

The buffalo numbers included into the category of suckler cows for 1990 – 2012 (see Chapter 4.1) are based on data supplied by German Buffalo Society (THIELE M, personal communication) as no buffalo numbers have been counted by the Federal Statistical Office.

Buffalo numbers are known from the year 2000 onwards for each federal state. On the recommendation of the final report of the „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention“ and in agreement with German Statistics, department VII A, the animal numbers were extrapolated on a national base to yield the respective data for the years previous to the year 2000. The process produced negative animal numbers for the years from 1990 to 1995 which were replaced by zero.

Die für die Modifikation der Mutterkuhzahl (siehe Kapitel 4.1) zwischen 1990 und 2012 benötigten Büffelnzahlen beruhen auf Daten des Deutschen Büffelverbandes (THIELE M, pers. Mitteilung), da das Statistische Bundesamt für diese Jahre keine Büffelnzahlen erhoben hat.

Die Daten liegen für einzelne Bundesländer und seit dem Jahr 2000 vor. Die Vervollständigung der Zeitreihe bis zurück zum Jahr 1990 erfolgte aufgrund der Empfehlung im Abschlussbericht zum „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention“. Dabei wurden für die Jahre vor 2000 die nationalen Büffelnzahlen in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt, Referat VII A, durch lineare Extrapolation berechnet. Für 1990 - 1995 ergaben sich rechnerisch negative Tierzahlen, die durch Nullen ersetzt wurden.

## 4.2 Emission factors for all cattle and buffalo / Emissionsfaktoren für alle Rinder und Büffel

### 4.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

In the emission inventory, the formation of methane from manure storage is characterized by two parameters (see Chapter 3.3.4.1): the animal-specific maximum methane formation capacity  $B_0$  and the storage-specific methane conversion factor  $MCF$ .  $MCF$  gives the fraction of  $B_0$  that is typically produced in the various storage systems.

For cattle, a national value for  $B_0$  is used (DÄMMGEN et al., 2012a), siehe Table 4.2.

Table 4.2 also shows the  $MCF$  values derived for the storage systems most frequent for cattle in Germany. The  $MCF$  values assumed according to DÄMMGEN et al. (2012a) are given in bold figures. „Slurry with floating cover“ (chaff or plastic film) is treated by a conservative approach i. e. by adopting the  $MCF$  of „slurry without natural crust“. The  $MCF$  values for deep bedding and pasture are provided by IPCC (2006)-10.44 et seq. For „sloped floor“ no IPCC default  $MCF$  is available. Hence the value for „deep litter“ is adopted.

Die Entstehung von Methan aus der Wirtschaftsdüngerlagerung wird im Emissionsinventar durch zwei Parameter charakterisiert (siehe Kapitel 3.3.4.1): die tier-spezifische maximale Methan-Bildungsrate  $B_0$  und den lagerspezifischen Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$ , der angibt, welcher Anteil von  $B_0$  in den verschiedenen Lagerungssystemen tatsächlich produziert wird.

Für Rinder wird ein nationaler  $B_0$ -Wert verwendet (DÄMMGEN et al., 2012a), siehe Table 4.2.

Table 4.2 zeigt überdies für die in Deutschland bei Rindern häufigsten Lagerungsverfahren die  $MCF$ -Werte, wobei die nach DÄMMGEN et al. (2012a) angenommenen Werte fettgedruckt sind. Für „Gülle mit fester Abdeckung“ und „Gülle mit schwimmender Abdeckung“ (Strohhäcksel oder Folie) wurde konservativ der  $MCF$  von „Gülle ohne natürliche Schwimmdecke“ übernommen. Die Werte für Tiefstreu und Weide stammen aus IPCC (2006)-10.44ff. Für „Tretmist“ wurde mangels  $MCF$ -Angaben in IPCC der Wert für Tiefstreu angewendet.

Table 4.2 does not provide MCF values for anaerobic digestion of manure including storage of digestate. These MCF have to be calculated and are not constant (see Chapter 3.3.4.4.1).

Uncertainty estimates are provided in the subsequent animal chapters, see subchapters on calculation CH<sub>4</sub> emissions from manure management.

Die MCF-Werte für die Wirtschaftsdünger-Vergärung incl. Gärrestelagerung sind in Table 4.2 nicht angegeben, da sie berechnet werden (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) und nicht konstant sind.

Zur Bestimmung der Unsicherheiten wird auf die Unterabschnitte der nachfolgenden Tier-Kapitel verwiesen, in denen die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management beschrieben wird.

**Table 4.2: Cattle, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (MCF)**

Maximum methane producing capacity $B_0$	Maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$	0.23	$\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$
Methane conversion factor MCF	Methanumwandlungsfaktor MCF		
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)		
slurry tank	Güllelager		
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	0.17	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.17	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
natural crust	natürliche Schwimmdecke	0.10	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.17	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.17	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	0.17	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
solid manure/heap (tied systems, loose housing <sup>a</sup> )	Festmist/Misthaufen (Anbindehaltung, Laufstall <sup>a</sup> )	0.02	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
solid manure/heap (deep bedding, sloped floor)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreu, Tretmist)	0.17	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
pasture	Weide	0.01	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
<sup>a</sup> loose housing other than deep bedding and sloped floor			
Sources: see text			

#### 4.2.2 Nitrogen emissions / Stickstoffemissionen

##### 4.2.2.1 NH<sub>3</sub> emission factors for housing and grazing / NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Stall und Weide

Partial NH<sub>3</sub> emission factors were fixed for all relevant housing systems, cf. Table 4.3. They are based on national animal-place related emission factors provided by DÖHLER et al. (2002) and converted into TAN related data by DÄMMGEN et al. (2010a). For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4.

Die für die relevanten Stallsysteme angesetzten partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren beruhen auf nationalen tierplatzbezogenen Emissionsfaktoren von DÖHLER et al. (2002), die von DÄMMGEN et al. (2010a) auf TAN-Bezug umgerechnet wurden, siehe Table 4.3. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

**Table 4.3: Cattle, partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N from housing (related to TAN)**

Housing type		Haltungssystem		Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> )
tied systems	slurry based	Anbindehaltung	güllebasiert	0.066 <sup>a</sup>
	straw based		strohbasiert	0.066 <sup>a</sup>
loose housing	slurry based	Laufstall	güllebasiert	0.197 <sup>a</sup>
	straw based		strohbasiert	0.197 <sup>a</sup>
fully slatted floor	slurry based	Vollspaltenboden	güllebasiert	0.099 <sup>b</sup>
deep bedding	straw based	Tiefstreu	strohbasiert	0.197 <sup>a</sup>
sloped floor	straw based	Tretmist	strohbasiert	0.213 <sup>a</sup>
<sup>a</sup> estimated according to DÖHLER et al. (2002), pg. 49, and DÄMMGEN et al. (2010a), pg. 97				
<sup>b</sup> estimated according to DÖHLER et al. (2002), pg. 49, and DÄMMGEN et al. (2010a), pg. 97, UNECE (1999), Table 3				

The NH<sub>3</sub> emission factors grazing can be found in the respective chapters describing the various cattle subcategories.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Weide finden sich in den entsprechenden Unterkapiteln der verschiedenen Rinder-Unterkategorien.

##### 4.2.2.2 NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emission factors for storage / NH<sub>3</sub>- und N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren für die Lagerung

Except for the anaerobic digestion of manure, the partial NH<sub>3</sub>-N emission factors for the storage systems used in Germany are based on data of DÖHLER et al. (2002, pg. 62 et seq.). They are valid for all subcategories of cattle and were converted to TAN-related emission factors, see DÄMMGEN et al. (2010a) and able 4.4.

Mit Ausnahme der Vergärung von Wirtschaftsdünger beruhen die partiellen NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren für die in Deutschland üblichen Lagerverfahren auf Daten von DÖHLER et al. (2002, S. 62 f). Sie gelten für alle Rinder und wurden von DÄMMGEN et al. (2010a) in TAN bezogene Emissionsfaktoren umgerechnet, siehe Table 4.4.

According to IPCC (2006), the anaerobic digestion of manure represents a separate type of manure storage. This storage type, however, in the German methodology, consists of three compartments: pre-storage, digester, storage of digestate. The effective emission factor of this combination is not a constant and must be calculated (see Chapter 3.3.4.4).

Die Vergärung von Wirtschaftsdünger wird nach IPCC (2006) als eigenständiger Lagertyp aufgefasst. Dieser umfasst im deutschen Inventar prinzipiell die drei Komponenten Vorlager, Fermenter und Gärrestlager. Der effektive Emissionsfaktor für diese Kombination ist nicht konstant und muss berechnet werden (siehe Kapitel 3.3.4.4).

**Table 4.4: Cattle, partial emission factors for  $\text{NH}_3\text{-N}$  from storage (related to TAN)**

Storage type	Lagerungsart	Emission factor ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)	
slurry tank	Güllelager	
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	0.150 <sup>a</sup>
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.015 <sup>b</sup>
natural crust	natürliche Schwimmdecke	0.045 <sup>b</sup>
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.030 <sup>b</sup>
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.023 <sup>b</sup>
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	0.045 <sup>a</sup>
leachate, storage with solid cover	Jauche, Lagerung mit fester Abdeckung	0.013 <sup>a</sup>
solid manure/heap (deep bedding, sloped floor)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreu, Tretmist)	0.600 <sup>a</sup>
solid manure/heap (tied systems, loose housing <sup>d</sup> )	Festmist/Misthaufen (Anbindehaltung, Laufstall)	0.600 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> estimated according to DÄMMGEN et al. (2010a)

<sup>b</sup> calculated according to DÖHLER et al. (2002), Table 3.14

<sup>c</sup> Assumption: Same emission factor as for storage of untreated slurry in open tanks

<sup>d</sup> loose housing other than deep bedding and sloped floor

According to IPCC (2006) there are two different categories of  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from animal husbandry: Direct emissions from the compartments housing and storage, and indirect emissions. The German inventory considers only the indirect emissions due to deposition of reactive nitrogen that is a consequence of emissions of  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}$  from the compartments housing and storage, see Chapter 3.3.4.3.6.

The emission factors for direct  $\text{N}_2\text{O}$  from housing/storage were, as far as available, taken from IPCC (2006). For floating cover consisting of chaff the emission factor of natural crust ( $0.005 \text{ N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$ ) is used (worst-case assumption). This assumption has little impact on total  $\text{N}_2\text{O}$  emissions, as floating covers consisting of chaff are seldom.

Germany differentiates solid-manure systems according to whether they include solid-manure storage or use deep bedding. For solid manure an emission factor is used that was developed by VANDRÉ et al. (2012, 2013) and that was accepted, on 27 June 2012, by the KTBL working group "emission factors for animal husbandry" ("Emissionsfaktoren Tierhaltung") as an emission factor receiving national consensus:  $0.013 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$ . As in Germany deep bedding systems are used without active mixing (expert judgment, Brigitte Eurich-Menden, KTBL, 22 September 2016), the lower default emission factor of IPCC (2006) is adopted:  $0.01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$ .

Like for  $\text{NH}_3$ , the effective  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor of anaerobic digestion of manure has to be calculated, see Chapter 3.3.4.4. It is not a constant.

Table 4.5 shows the emission factors used in the inventory for direct  $\text{N}_2\text{O}$ . They are related to the sum of  $\text{N}$  excreted and  $\text{N}$  input with bedding material.

Nach IPCC (2006) werden der Tierhaltung neben direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Bereich Stall/Lager auch indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen zugeordnet. Im deutschen Inventar werden dabei lediglich die indirekten Emissionen aufgrund der Deposition von reaktivem Stickstoff berücksichtigt, die auf die Emissionen von  $\text{NH}_3$  und  $\text{NO}$  aus dem Bereich Stall/Lager zurückgeht. Siehe dazu auch Kapitel 3.3.4.3.6.

Die Emissionsfaktoren für direktes  $\text{N}_2\text{O}$  aus Stall/Lager wurden, soweit verfügbar, aus IPCC (2006) entnommen. Für eine schwimmende Abdeckung aus Häckseln wird der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor im Sinne einer worst-case-Annahme mit dem Emissionsfaktor für die natürliche Schwimmdecke gleichgesetzt ( $0,005 \text{ N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$ ). Wegen geringer Verbreitung der Abdeckung aus Häckseln ist die Auswirkung auf die Gesamt- $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen sehr gering.

Bei Festmistssystemen differenziert Deutschland nach Festmistlagerung und Tiefstreu. Für Festmist wird ein von VANDRÉ et al. (2012, 2013) erarbeiteter und durch die KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ am 27.06.2012 als nationaler Konsens akzeptierter Emissionsfaktor eingesetzt:  $0,013 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$ . Da Tiefstreusysteme in Deutschland ohne Durchmischung betrieben werden (Expertenurteil, Brigitte Eurich-Menden, KTBL, 22.09.2016), verwendet das Inventar den niedrigeren Default-Emissionsfaktor von IPCC (2006):  $0,01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$ .

Für die Vergärung von Wirtschaftsdünger wird wie bei  $\text{NH}_3$  auch für  $\text{N}_2\text{O}$  der effektive Emissionsfaktor berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.4. Er ist nicht konstant.

Table 4.5 gibt einen Überblick über die im Inventar verwendeten Emissionsfaktoren für direktes  $\text{N}_2\text{O}$ . Sie beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem  $\text{N}$ .

According to IPCC (2006) the emission factor for indirect  $\text{N}_2\text{O}$ -N emissions due to deposition of reactive N from housing/storage is  $0.01 \text{ kg kg}^{-1}$ . It is to be applied to the amount of reactive N deposited.

In accordance with Chapter 3.3.4.3.5, the emission factor for  $\text{NO}$ -N from housing/storage is assumed to be one tenth of the  $\text{N}_2\text{O}$ -N emissions factor, the emission factor for  $\text{N}_2$  from housing/storage is estimated thrice the factor for  $\text{N}_2\text{O}$ . Again, the emission factors for  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4.

Der Emissionsfaktor für indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionen aufgrund der Deposition von reaktivem N aus Stall/Lager ist nach IPCC (2006)  $0,01 \text{ kg kg}^{-1}$  (anzuwenden auf die Menge an reaktivem N).

Entsprechend Kapitel 3.3.4.3.5 wird der Emissionsfaktor für  $\text{NO}$ -N aus Stall/Lager mit einem Zehntel, der Emissionsfaktor für  $\text{N}_2$  aus Stall/Lager mit dem Dreifachen des  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionsfaktors angesetzt. Die Emissionsfaktoren für  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

**Table 4.5: Cattle, partial emission factors for direct  $\text{N}_2\text{O}$ -N from housing and storage (applied to  $\text{N}_{\text{excr}} + \text{N}_{\text{straw}}$ )**

Storage type	Lagerungsart	Emission factor ( $\text{kg kg}^{-1}$ )
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)	
slurry tank	Güllelager	
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	0.000 <sup>a</sup>
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.005 <sup>b</sup>
natural crust	natürliche Schwimmdecke	0.005 <sup>a</sup>
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.005 <sup>c</sup>
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.000 <sup>d</sup>
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	0.002 <sup>a</sup>
leachate, storage with solid cover	Jauche, Lagerung mit fester Abdeckung	0.005 <sup>e</sup>
solid manure/heap (deep bedding, sloped floor)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreu, Tretmist)	0.010 <sup>a</sup>
solid manure/heap (tied systems, loose housing <sup>g</sup> )	Festmist/Misthaufen (Anbindehaltung, Laufstall)	0.013 <sup>f</sup>

<sup>a</sup> Source: IPCC(2006)-10.62 et seq.; for details see text

<sup>b</sup> A natural crust can develop and enough oxygen is available for  $\text{N}_2\text{O}$  formation. Hence the EF of natural crust is adopted.

<sup>c</sup> Assumption (worst case) due to missing data: Floating covers produced by chaff act like natural crusts.

<sup>d</sup> Floating covers do not allow for the formation of a natural crust. Hence it is assumed that no  $\text{N}_2\text{O}$  can develop.

<sup>e</sup> Assumption: comparable to solid-covered storage of slurry

<sup>f</sup> Source: VANDRÉ et al. (2012, 2013)

<sup>g</sup> loose housing other than deep bedding and sloped floor

#### 4.2.2.3 $\text{NH}_3$ emission factors for spreading / $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für die Ausbringung

Table 4.6 to Table 4.8 provide the partial  $\text{NH}_3$ -N emission factors used in the inventory for the spreading of cattle manure. These emission factors are based on data given in DÖHLER et al. (2002).

Table 4.6 bis Table 4.8 zeigen die im Inventar für Rinder eingesetzten partiellen  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung. Sie beruhen auf Daten von DÖHLER et al. (2002).

**Table 4.6: Cattle, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of slurry and digested manure (related to TAN)**

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.50
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.10
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.26
broadcast, incorporation ≤ 6 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 6 h	0.35
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.40
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.43
broadcast, incorporation ≤ 24 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h	0.46
broadcast, incorporation ≤ 48 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h	0.50
broadcast, vegetation	Breitverteiler, Vegetation	0.50
broadcast, grassland	Breitverteiler, Grünland	0.60
trailing hose, without incorporation	Schleppschlauch, ohne Einarbeitung	0.46
trailing hose, incorporation ≤ 1 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h	0.04
trailing hose, incorporation ≤ 4 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h	0.15
trailing hose, incorporation ≤ 6 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 6 h	0.20
trailing hose, incorporation ≤ 8 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h	0.24
trailing hose, incorporation ≤ 12 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h	0.30
trailing hose, incorporation ≤ 24 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 24 h	0.39
trailing hose, incorporation ≤ 48 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 48 h	0.46
trailing hose, short vegetation	Schleppschlauch, kurze Vegetation	0.50
trailing hose, beneath vegetation	Schleppschlauch, unterhalb der Vegetation	0.35
trailing hose, grassland	Schleppschlauch, Grünland	0.54
trailing shoe	Schleppschuh	0.36
injection techniques	Injektionsverfahren/Schlitzverfahren	0.24
slurry cultivator	Güllegrubber	0.04 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> The emission factors are calculated from Table 3.18 and pg. 69 in DÖHLER et al. (2002), except for broadcast, vegetation (worst case assumption of "no reduction" as no standard emission factor available), broadcast or trailing hose with incorporation within 8 h (emission reduction factors estimated in agreement with KTBL).

<sup>b</sup> Expert judgment (S. Wulf, KTBL, 2016): EF of the slurry cultivator is assumed to be equal to the EF of trailing hose with incorporation within 1 hour.

**Table 4.7: Cattle, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN)**

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> )
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.20 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.02 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.07 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.116 <sup>b</sup>
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.144 <sup>b</sup>
broadcast, vegetation	Breitverteiler, Vegetation	0.20 <sup>a</sup>
broadcast, grassland	Breitverteiler, Grünland	0.20 <sup>a</sup>
trailing hose, without incorporation	Schleppschlauch, ohne Einarbeitung	0.18 <sup>b</sup>
trailing hose, incorporation ≤ 1 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h	0.01 <sup>b</sup>
trailing hose, incorporation ≤ 4 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h	0.05 <sup>b</sup>
trailing hose, incorporation ≤ 8 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h	0.09 <sup>b</sup>
trailing hose, incorporation ≤ 12 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h	0.12 <sup>b</sup>
trailing hose, vegetation	Schleppschlauch, Vegetation	0.10 <sup>b</sup>
trailing hose, grassland	Schleppschlauch, Grünland	0.14 <sup>c</sup>
trailing shoe	Schleppschuh	0.08 <sup>c</sup>
injection techniques	Injektionsverfahren/Schlitzverfahren	0.04 <sup>c</sup>
slurry cultivator	Güllegrubber	0.01 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> DÖHLER et al. (2002), Table 3.20

<sup>b</sup> emission factors estimated in agreement with KTBL, based on a emission decay curve as function of the duration of incorporation similar to that of pig slurry (see DÖHLER et al., 2002, Table 3.19)

<sup>c</sup> estimated with the respective emission reduction factor for pig slurry (DÖHLER et al., 2002, Table 3.19)

<sup>d</sup> Expert judgment (S. Wulf, KTBL, 2016): EF of the slurry cultivator is assumed to be equal to the EF of trailing hose with incorporation within 1 hour.

**Table 4.8: Cattle, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN)**

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> )
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.90 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.09 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.45 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.72 <sup>b</sup>
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.81 <sup>b</sup>
broadcast, incorporation ≤ 24 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h	0.90 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 48 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h	0.90 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> calculated according to DÖHLER et al. (2002), Table 3.24<sup>b</sup> estimated from data in DÖHLER et al. (2002), Table 3.24, in agreement with KTBL

No NH<sub>3</sub>-N emission factors are available for the application of cattle manures after anaerobic digestion. Hence, according to Chapter 3.3.4.4.3, the emission factors of untreated cattle slurry were used (see Table 4.6).

For the uncertainties of the NH<sub>3</sub>-N emission factors see Chapter 4.2.2.4.

Emission factors for N<sub>2</sub>O emissions due to spreading of manure or digestate are provided in chapters 11 and 12.

Für die Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Rindergülle und –mist sind keine NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren verfügbar. Nach Kapitel 3.3.4.4.3 wurden daher die Emissionsfaktoren für die Ausbringung von unbehandelter Rindergülle übernommen, siehe Table 4.6.

Zur Unsicherheit der NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

Zu Emissionsfaktoren für die Berechnung von N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Gärresten siehe Kapitel 11 und 12.

#### 4.2.2.4 Uncertainties of the nitrogen emission factors / Unsicherheiten der Stickstoff-Emissionsfaktoren

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

### 4.3 Dairy cows / Milchkühe

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.9.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.9. zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 4.9: Dairy cows, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	3	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

#### 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. Animal numbers of cattle are provided by the Federal Statistical Office on federal-state level (Statistisches Bundesamt, Fachserie 3, Reihe 4.1). For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (STATLA C III 1 – vj 4), siehe Kategorie J in Table 4.1. Die Rinderzahlen auf Bundeslandebene werden vom Statistischen Bundesamt veröffentlicht (Fachserie 3, Reihe 4.1). Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Kapitel 4.1.

##### 4.3.1.2 Milk yield and milk composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe

For dairy cows, the most important performance criterion is milk yield ( $Y_M$ ). In general, mean milk yields are available for 1990, 1992, 1994, 1996, 1999, 2001 and 2003 for each single German district (STATLA C III 3). If data was not available for a district, the mean milk yield of the respective federal state was taken instead. From 2004 onwards, district data are no longer available; the mean milk yield of the federal state is used for all respective districts (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 4.2.2; since 2010: BLE, 2015).

Mean milk yields for the federal states and Germany are compiled in Table 4.10. As the table size does not allow to present the complete time series, every other year is omitted before 2010.

Wesentliches Milchkuh-Leistungskriterium ist die Milchleistung ( $Y_M$ ). Mittlere Jahresleistungen sind für 1990, 1992, 1994, 1996, 1999, 2001 und 2003 im Regelfall für jeden Kreis verfügbar (STATLA C III 3). Fehlende Kreisdaten in diesen Jahren wurden durch die mittlere jährliche Milchleistung des Bundeslandes ersetzt. In den Zwischenjahren wurde linear interpoliert. Ab 2004 wurde für jeden Kreis die mittlere jährliche Milchleistung des Bundeslandes verwendet (STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 4.2.2; seit 2010: BLE, 2015).

Die mittleren Milchleistungen der Bundesländer und von Deutschland sind in Table 4.10 zusammengestellt. Aus Platzgründen wurde in den nachfolgenden Tabellen bis 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

**Table 4.10: Dairy cows, milk yield (in kg an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) (statistical data)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	4208	4621	4739	4929	5024	5243	5518	5809	5884	6082	6246	6581	6768	6749	6750	7030	6944
BY	4500	4820	4795	4929	5112	5320	5613	5814	6101	6017	6205	6420	6513	6500	6714	6726	6890
BB	4204	4654	5079	5577	6206	6823	7353	7582	7952	8331	8353	8657	8487	8517	8731	8901	9111
HE	5066	4525	5324	5586	5857	6292	6483	6473	6736	6478	6672	6943	6938	6930	7026	7126	7320
MV	4176	4803	5033	5722	6317	6853	7259	7625	7995	8239	8251	8337	8419	8523	8801	8956	8998
NI	5903	6055	6174	6354	6595	6742	6859	6909	7144	6989	7494	7576	7673	7696	7908	7924	8060
NW	5201	5466	5746	6031	6313	6529	6775	7055	7387	7096	7445	7614	7591	7638	7879	7879	7962
RP	4395	5096	5122	5573	5603	5869	5968	6386	6548	6422	6831	7105	6963	6977	7245	7345	7572
SL	4808	5159	5188	5447	5392	5696	6028	6422	6520	6260	6388	6624	6304	6332	6692	6700	6877
SN	4380	5000	5274	5593	6176	6869	7387	7652	8107	8398	8533	8585	8967	8977	8980	9189	9381
ST	4006	5286	5464	5910	6585	7053	7329	7574	7936	8262	8277	8489	8636	8700	8848	9158	9473
SH	4881	5253	5393	5708	5820	6107	6540	6746	6976	6850	7237	7026	6993	7017	7345	7441	7532
TH	4267	4972	5112	5613	6224	6878	7151	7594	7892	8216	8460	8616	8952	8980	8999	9307	9604
StSt	5364	5329	6132	5760	6264	6120	6924	6888	7126	6986	7413	8047	7486	7460	7610	7612	7311
Germany	4719	5112	5258	5520	5789	6077	6356	6582	6849	6821	7083	7240	7323	7343	7541	7628	7746

Source: STATISTISCHES BUNDESAMT. Fachserie 3: Reihe 4.2.2 Milcherzeugung und –verwendung; BLE (2015, 2016, 2017)



**Table 4.11: Dairy cows, fat content of milk (in % of mass) (statistical data)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	4.04	4.10	4.15	4.17	4.17	4.14	4.17	4.22	4.17	4.17	4.17	4.14	4.16	4.15	4.14	4.15	4.17
BY	4.06	4.11	4.14	4.19	4.22	4.20	4.24	4.25	4.19	4.19	4.18	4.15	4.18	4.18	4.18	4.19	4.23
BB		4.35	4.43	4.32	4.24	4.17	4.08	4.14	3.93	3.99	4.04	3.97	3.97	3.97	3.91	3.90	3.96
HE	4.07	4.17	4.21	4.28	4.27	4.24	4.23	4.24	4.19	4.15	4.17	4.14	4.14	4.11	4.08	4.09	4.12
MV		4.38	4.43	4.41	4.33	4.26	4.13	4.16	4.10	4.06	4.12	4.09	4.11	4.10	3.96	3.97	4.00
NI	4.17	4.22	4.28	4.33	4.27	4.27	4.22	4.25	4.20	4.17	4.19	4.15	4.16	4.12	4.06	4.09	4.10
NW	4.11	4.14	4.15	4.20	4.21	4.19	4.17	4.19	4.14	4.13	4.13	4.11	4.07	4.10	4.05	4.07	4.10
RP	4.12	4.15	4.20	4.22	4.27	4.21	4.21	4.22	4.18	4.16	4.17	4.14	4.14	4.11	4.08	4.09	4.12
SL																	
SN		4.41	4.49	4.45	4.36	4.29	4.17	4.19	4.07	4.05	4.05	4.02	4.01	4.02	3.99	3.96	4.03
ST		4.37	4.41	4.36	4.25	4.18	4.07	4.10	4.00	3.99	4.04	3.98	3.95	3.98	3.92	3.89	3.93
SH	4.16	4.27	4.27	4.33	4.28	4.30	4.37	4.22	4.25	4.23	4.27	4.26	4.24	4.22	4.15	4.20	4.21
TH		4.35	4.38	4.33	4.32	4.19	4.09	4.10	4.00	4.00	4.03	3.97	3.96	4.02	3.95	3.93	3.99
Ger- many	4.09	4.20	4.24	4.27	4.25	4.22	4.20	4.22	4.16	4.14	4.16	4.13	4.13	4.12	4.08	4.09	4.12

Source: ZMP, various years; MLUR-BB (2007); ZMB (2009); AMI, Markt Bilanz Milch (2011 - 2017)

Milk fat contents are available for single German Federal States. The data available at the time being are listed in Table 4.11. Milk protein contents are shown in Table 4.12. As of 2014, it is the contents of milk fat and milk protein of conventionally produced cow's milk. The corresponding values for milk from organic farming are unknown. Up to 2013 (inclusive) the values in Table 4.12 do not distinguish between conventionally and organically produced milk. The use of data from conventional milk production as of 2014 is a conservative approach in terms of emission calculations.

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.

Die aktuell bekannten mittleren MilCHFett-Gehalte sind für die einzelnen Bundesländer in Table 4.11 zusammengestellt, die mittleren Milcheiweiß-Gehalte in Table 4.12. Ab 2014 sind es MilCHFett- und Milchprotein-Gehalte von konventionell erzeugter Kuhmilch. Entsprechende Daten für ökologisch erzeugte Milch sind nicht bekannt. Die Werte in Table 4.12 bis 2013 einschließlich unterscheiden nicht zwischen konventionell und ökologisch erzeugter Milch. Die Verwendung von Daten aus konventioneller Milcherzeugung ab 2014 ist in Hinblick auf die Emissionsberechnung ein konservativer Ansatz.

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.

**Table 4.12: Dairy cows, protein content of milk (in % of mass) (statistical data)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	3.33	3.37	3.43	3.46	3.39	3.39	3.40	3.44	3.40	3.40	3.41	3.40	3.41	3.39	3.41	3.41	3.41
BY	3.35	3.38	3.36	3.39	3.45	3.46	3.47	3.49	3.46	3.46	3.47	3.47	3.47	3.47	3.50	3.49	3.52
BB		3.42	3.46	3.49	3.48	3.47	3.46	3.46	3.41	3.38	3.40	3.37	3.37	3.37	3.37	3.38	3.41
HE	3.30	3.32	3.31	3.35	3.36	3.35	3.37	3.39	3.37	3.37	3.39	3.38	3.38	3.37	3.37	3.38	3.41
MV		3.42	3.50	3.50	3.47	3.46	3.44	3.43	3.39	3.39	3.41	3.39	3.39	3.38	3.39	3.39	3.41
NI	3.29	3.29	3.30	3.37	3.35	3.37	3.38	3.39	3.38	3.40	3.41	3.38	3.40	3.38	3.38	3.39	3.40
NW	3.34	3.32	3.32	3.35	3.33	3.35	3.36	3.38	3.37	3.39	3.42	3.39	3.37	3.38	3.39	3.40	3.42
RP	3.28	3.33	3.34	3.36	3.34	3.32	3.35	3.37	3.37	3.38	3.39	3.38	3.38	3.37	3.37	3.38	3.41
SL																	
SN		3.38	3.46	3.48	3.47	3.47	3.45	3.44	3.40	3.41	3.40	3.38	3.39	3.39	3.38	3.38	3.41
ST		3.42	3.46	3.50	3.47	3.45	3.43	3.42	3.38	3.40	3.42	3.40	3.38	3.39	3.38	3.38	3.40
SH	3.32	3.36	3.43	3.40	3.39	3.41	3.42	3.39	3.39	3.40	3.41	3.39	3.40	3.39	3.40	3.41	3.40
TH		3.38	3.43	3.45	3.46	3.42	3.41	3.42	3.39	3.39	3.39	3.39	3.41	3.42	3.40	3.40	3.44
Ger- many	3.32	3.35	3.39	3.42	3.41	3.41	3.42	3.43	3.40	3.41	3.42	3.41	3.41	3.41	3.41	3.42	3.43

Source: ZMP Milch, various years; MLUR-BB (2007); ZMB (2009); AMI, Markt Bilanz Milch (2011 - 2017)

#### 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.

Carcass weight is used as proxy data (for the definition of the term “carcass weight” see Chapter 3.1.2.4) to calculate final live weight of dairy cows according to DÄMMGEN et al. (2010a):

$$w_{\text{fin, dc}} = a + b \cdot w_{\text{dc, cw}} \quad (4.1)$$

$w_{\text{fin, dc}}$  final live weight of dairy cows (in kg an<sup>-1</sup>)  
 $a$  constant ( $a = 221 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $b$  coefficient ( $b = 1.46 \text{ kg kg}^{-1}$ )  
 $w_{\text{dc, cw}}$  carcass weight of dairy cows (in kg an<sup>-1</sup>)

The carcass weights of dairy cows are compiled in Table 4.13. Due to limited space in the table, every other year is omitted before 2010.

Das Lebendendgewicht der Milchkühe berechnet sich mittels einer von DÄMMGEN et al. (2010a) angegebenen Gleichung aus dem Schlachtgewicht (zur Schlachtgewicht-Definition siehe Kapitel 3.1.2.4):

Die Schlachtgewichte von Milchkühen sind in Table 4.13 zusammengestellt. Aus Platzgründen wurde in dieser Tabelle bis 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

**Table 4.13: Dairy cows, carcass weights (in kg an<sup>-1</sup>)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	283	284	290	291	296	298	306	305	309	309	311	310	308	307	306	307	304
BY	299	299	310	308	310	315	319	318	320	321	325	322	321	321	321	323	322
BB		250	260	265	271	278	282	284	278	270	272	277	274	272	274	275	271
HE	278	282	280	275	274	285	285	284	290	278	281	305	304	302	302	299	302
MV		250	254	255	256	262	274	272	267	270	272	277	274	272	274	275	271
NI	280	285	293	290	290	297	300	296	299	296	298	297	293	290	287	291	288
NW	279	280	284	284	285	287	289	289	292	290	295	298	296	293	293	295	291
RP	272	279	292	288	281	282	283	280	282	281	285	287	285	278	276	279	274
SL	293	290	307	307	305	304	305	301	302	302	308	305	304	303	300	300	302
SN		245	254	257	260	266	278	273	272	275	278	278	276	275	277	279	277
ST		241	262	259	266	278	290	263	262	276	276	276	275	275	276	279	276
SH	283	287	294	290	293	301	305	298	303	302	307	303	299	296	294	298	293
TH		249	270	268	270	275	274	269	272	275	277	277	275	275	276	277	276

Source: Calculated from data in STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung; STATISTISCHES BUNDESAMT, GENESIS-Online Datenbank. Note that the table was completely updated in 2017.

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 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 verwendet, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

#### 4.3.1.4 Animal weight gains / Tiergewichtszunahmen

The relevant weight gain is calculated using the final live weight of cows and the final live weight of heifers (see Chapter 4.5.1.2.2). The weight gain rate is derived from the weight gain by dividing it by the timespan between the age of slaughtering and the age of first calving.

Als relevante Gewichtszunahme wird die Differenz zwischen dem Lebendendgewicht der Färsen (siehe Kapitel 4.5.1.2.2) und dem Lebendendgewicht der Milchkühe angesehen. Die Zunahmerate wird aus dieser Gewichts Differenz und der Zeit zwischen Kalbealter und Schlachtag berechnet.

$$\frac{\Delta w_{\text{dc}}}{\Delta t} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{w_{\text{fin, dc}} - w_{\text{fin, bf}}}{\tau_{\text{fin, dc}} - \tau_{\text{calf}}} \quad (4.2)$$

$\Delta w_{\text{dc}}/\Delta t$  weight gain rate of dairy cows, averaged over lifetime (in kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)  
 $\alpha$  time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )  
 $w_{\text{fin, dc}}$  final live weight of dairy cows (in kg an<sup>-1</sup>)  
 $w_{\text{fin, bf}}$  final live weight of heifers (in kg an<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{\text{fin, dc}}$  slaughter age of dairy cows (in a)  
 $\tau_{\text{calf}}$  age at first calving (in a)

The ages of first calving ( $\tau_{\text{calf}}$ ) and of slaughtering ( $\tau_{\text{fin}}$ ) are published by ADR and taken from their annual reports (ADR, 1993 et seq.). These data originate from sample surveys. There is no differentiation between Federal States or animal races. The data used in the inventory is compiled in Table 4.14. Data gaps occurring in the early 1990s were not closed by interpolation, thus avoiding implausible trends. Instead they were closed by backward continuation. Data gaps at the end of the time series were treated accordingly. As the table size does not allow to present the complete time series, every other year is omitted before 2010.

Erstkalbealter ( $\tau_{\text{calf}}$ ) und Schlachalter ( $\tau_{\text{fin}}$ ) werden ADR-Mitteilungen entnommen (ADR, 1993 ff). Die Zahlen entstammen Stichproben. Eine Differenzierung nach Bundesländern oder Rassen ist nicht verfügbar. Die im Inventar verwendeten Daten sind in Table 4.14 zusammengestellt. Datenlücken zu Beginn der 1990er Jahre wurden zur Vermeidung von unplausiblen Tendenzen nicht durch Extrapolation, sondern durch rückwärts gerichtete Fortschreibung gefüllt. Analog wurde mit den Datenlücken am Ende der Zeitreihen verfahren. Aus Platzgründen wurde in dieser Tabelle bis 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

**Table 4.14: Dairy cows, slaughter ages, ages at first calving and resulting life spans (in a)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
$\tau_{\text{fin}}$	5.70	5.70	5.60	5.70	5.50	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.30	5.40	5.40	5.40	5.40
$\tau_{\text{calf}}$	2.55	2.55	2.55	2.50	2.51	2.50	2.48	2.46	2.43	2.39	2.38	2.38	2.36	2.35	2.33	2.33	2.33
$\Delta t$	3.15	3.15	3.05	3.20	2.99	2.90	2.93	2.94	2.98	3.01	3.03	3.03	2.94	3.05	3.07	3.07	3.08

$\tau_{\text{calf}}$ : age of first calving;  $\tau_{\text{fin}}$ : age of slaughtering;  $\Delta t$ : resulting life span.

Data based on gap closure are printed in italics.

Source: ADR, 1993 et seq., Tables 61a, 48 or 4.9 ( $\tau_{\text{calf}}$ ), Tables 68a, 53 or 4.14 ( $\tau_{\text{fin}}$ )

#### 4.3.1.5 Pregnancy / Trächtigkeit

The share of pregnant dairy cows is published in ADR (1993 et seq.). A complete timeseries covering all Federal States can be obtained. This data was provided for emission reporting on an informative basis. However, it was not used for reporting.

Der Anteil trächtiger Milchkühe wird ADR (1993 ff) entnommen. Es ergibt sich eine vollständige Zeitreihe für alle Bundesländer. Diese Daten werden informationshalber zur Berichterstattung bereitgestellt, aber nicht für die Emissionsberechnung benötigt.

#### 4.3.1.6 Duration of calving interval, lactation period, and dry period / Dauer von Zwischenkalbezeit, Laktationsperiode und Trockenstezeit

The calculation of 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.

The interval between calvings is given by:

$$t_{\text{ibc}}^* = t_{\text{lact}}^* + t_{\text{dry}}^* \quad (4.3)$$

$t_{\text{ibc}}^*$	duration of interval between calvings (calving interval) (in d)
$t_{\text{lact}}^*$	duration of lactation period (in d)
$t_{\text{dry}}^*$	duration of dry period (in d)

The duration of the calving interval can be related to the milk yield (DÄMMGEN et al., 2009b, Figure 2 and Equation (53)):

$$t_{\text{ibc}}^* = a + b \cdot Y_M \quad (4.4)$$

$t_{\text{ibc}}^*$	duration of interval between calvings (calving interval) (in d)
$a$	constant ( $a = 346.4$ d)
$b$	coefficient ( $b = 0.00769$ d (kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup> )
$Y_M$	annual milk yield (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.2

Die Berechnung des Energiebedarfs einer Milchkuh sowie der damit verbundenen Futteraufnahme baut auf dem durch die Zwischenkalbezeit vorgegebenen Zyklus und dessen leistungsorientierter Unterteilung auf. Da die Dauer der Zwischenkalbezeit i. d. R nicht einem Jahr entspricht, ist für die in Jahresschritten erfolgende Inventarberechnung eine Umrechnung von Energiebedarf und Futteraufnahme auf ein Jahr erforderlich (siehe Kapitel 4.3.2.9 und 4.3.3.2).

Für die Zwischenkalbezeit gilt:

Die Dauer der Zwischenkalbezeit kann als Funktion der Milchleistung ausgedrückt werden (DÄMMGEN et al., 2009b, Abbildung 2 und Gleichung (53)):

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 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 Milchkuh 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 (2006).

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):

$$NEL = (a + b \cdot X_{ME}) \cdot ME \quad (4.5)$$

NEL	net energy for lactation, NEL (in MJ)
ME	metabolizable energy, ME (in MJ)
a	constant (a = 0.4632 MJ MJ <sup>-1</sup> )
b	constant (b = 0.24 MJ MJ <sup>-1</sup> )
X <sub>ME</sub>	metabolizability (assumed: X <sub>ME</sub> = 0.60 MJ MJ <sup>-1</sup> )

Die in Deutschland verwendete Einheit zur Beschreibung der Futtereigenschaften in der Milchviehfütterung ist die Netto-Energie-Laktation (NEL). Dieses System ist Grundlage für die Berechnung von Milchkuh-Energiebedarf und -Fütterung auch im Inventarmodell GAS-EM. Die Vorgehensweise ist dabei analog zu dem IPCC (2006) verwendeten Netto-Energie-System (NE-System).

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:

#### 4.3.2.2 Overall annual NEL requirements / JährlicherGesamt-NEL-Bedarf

The overall annual NEL requirements are given by:

Für den gesamten jährlichen NEL-Bedarf ergibt sich:

$$NEL_{tot} = \alpha \cdot (nel_m + nel_f + nel_{lc} + nel_d + nel_p + nel_g) \quad (4.6)$$

NEL <sub>tot</sub>	annual NEL required (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
α	time units conversion factor (α = 365 d a <sup>-1</sup> )
nel <sub>m</sub>	mean daily NEL required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
nel <sub>f</sub>	mean daily NEL needed to obtain food (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
nel <sub>lc</sub>	mean daily NEL requirements for lactation (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
nel <sub>d</sub>	mean daily NEL required for draft power (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
nel <sub>p</sub>	mean daily NEL required for pregnancy (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
nel <sub>g</sub>	mean daily NEL required for growth (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

#### 4.3.2.3 NEL requirement for maintenance / NEL-Bedarf für Erhaltung

The mean daily NEL requirements for maintenance are obtained as follows (GfE, 2001, pg. 20):

Der mittlere tägliche NEL-Bedarf für Erhaltung wird wie folgt (GfE, 2001, S. 20) berechnet:

$$nel_m = \eta_{nel, m} \cdot w_{unit} \cdot \left( \frac{w}{w_{unit}} \right)^{0.75} \quad (4.7)$$

$nel_m$	mean daily NEL required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{nel, m}$	constant ( $\eta_{nel, m} = 0.364 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) (see discussion in DÄMMGEN et al., 2009b, Chapter 3.2.1)
$w_{unit}$	unit value of animal weight ( $w_{unit} = 1 \text{ kg cow}^{-1}$ )
$w$	animal weight averaged over lifetime (in kg cow <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.1.3

#### 4.3.2.4 NEL requirement to obtain feed / NEL-Bedarf für die Nahrungsaufnahme

According to IPCC (2006)-10.16, the mean daily NEL requirements to obtain feed are assumed to be proportional to the NEL requirements for maintenance. The calculation considers the duration of grazing time:

In Anlehnung an IPCC (2006)-10.16 wird der mittlere tägliche NEL-Bedarf für Nahrungsaufnahme proportional zum NEL-Bedarf für Erhaltung berechnet. Die Berechnung erfolgt unter Berücksichtigung der Weidezeiten:

$$nel_f = nel_m \cdot [c_{house} \cdot (1 - f_{graz}) + c_{pasture} \cdot f_{graz}] \quad (4.8)$$

$nel_f$	mean daily NEL needed to obtain food (in analogy to IPCC) (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$nel_m$	mean daily NEL required for maintenance (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.2.3
$c_{house}$	coefficient for housing ( $c_{house} = 0.00$ ; IPCC(2006)-10.17, Table 10.5)
$f_{graz}$	weighting factor ( $0 \leq f_{graz} \leq 1$ ), see Chapter 4.3.8.5.1
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$c_{pasture}$	coefficient for pasture ( $c_{pasture} = 0.17$ ; IPCC(2006)-10.17, Table 10.5)

#### 4.3.2.5 NEL requirements for lactation / NEL-Bedarf für Laktation

In contrast to IPCC (2006), the approach proposed includes the energy requirements for the synthesis of milk protein, see GfE (2001, pg. 21 et seq.), Equation 1.4.3.

DÄMMGEN et al. (2009b) Chapter 3.2.3, introduced an additional correction factor  $a = 1.04$  to reflect that the inventory uses temporal means of milk yield, milk fat and milk protein contents. However, a revision of the derivation of the coefficients in Equation 1.4.2 in GfE (2001) suggests that the effects of using means of milk yield, milk fat and milk protein have implicitly been taken into account. Hence, from the 2011 submission onwards a factor  $a = 1.00$  is used in agreement with GfE (2001), pg. 21 et seq.

Anders als IPCC (2006) berücksichtigt die Berechnung des NEL-Bedarfs für Laktation den Aufwand für die Milcheiweiß-Synthese (GfE, 2001, S. 21 f, Gl. 1.4.3).

DÄMMGEN et al. (2009b), Kapitel 3.2.3, führten einen zusätzlichen Korrekturfaktor  $a = 1,04$  ein zum Ausgleich dafür, dass mit zeitlich gemittelten Werten von Milchleistung, Fett- und Eiweißgehalt gerechnet wird. Eine Neueinschätzung der Ableitung der Koeffizienten in Gleichung 1.4.3 in GfE (2001) legt aber den Schluss nahe, dass die Mittelungseffekte bereits implizit in den Regressionskoeffizienten enthalten sind. Daher wird seit Submission 2011 mit  $a = 1,00$  und damit konform zu GfE (2001), S. 21 f, gerechnet.

$$nel_{lc} = \frac{Y_M}{\alpha} \cdot [c_{lc, 1} + c_{lc, 2} \cdot x_{fat, milk} + c_{lc, 3} \cdot x_{XP, milk}] + d \cdot a \quad (4.9)$$

$nel_{lc}$	mean daily NEL requirements for lactation (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$Y_M$	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)
$x_{fat, milk}$	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)
$x_{XP, milk}$	mass fraction of milk protein (in kg kg <sup>-1</sup> )
$d$	constant ( $d = 0.1 \text{ MJ NEL (kg} \cdot \text{d)}^{-1}$ ; GfE, 2001, pg. 22)
$a$	correction factor (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see text

#### 4.3.2.6 NEL requirements for draft power / NEL-Bedarf für Zugleistungen

In the reporting period, dairy cows have not been used as draught animals.

Im Berichtszeitraum wurden von Milchkühen keine Zugleistungen erbracht.

#### 4.3.2.7 NEL requirements for pregnancy / NEL-Bedarf für die Trächtigkeit

The mean daily energy amount required for the development of the conception product and the udder,  $nel_p$ , is calculated as follows:

Der mittlere tägliche Energiebedarf für die Entwicklung von Konzeptionsprodukt und Euter,  $nel_p$ , berechnet sich wie folgt:

$$nel_p = \frac{NEL_p^*}{t_{ibc}^*} \quad (4.10)$$

$nel_p$  mean daily NEL energy required for pregnancy (in MJ cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)  
 $NEL_p^*$  NEL required for pregnancy (in MJ calf<sup>-1</sup>)  
 $t_{ibc}^*$  duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6

The total energy requirements  $NEL_p^*$  for pregnancy are derived from the energies needed for the development of the conception products and the udder (GfE, 2001, S. 23).

Der Gesamtenergiebedarf  $NEL_p^*$  für die Trächtigkeit errechnet sich aus dem Bedarf für die Entwicklung von Konzeptionsprodukt und Euter (GfE, 2001, S. 23).

$$NEL_p^* = NEL_{cp}^* + NEL_u^* \quad (4.11)$$

$NEL_p^*$  NEL required for pregnancy (in MJ calf<sup>-1</sup>)  
 $NEL_{cp}^*$  NEL required for the development of the uterus including the conception product (in MJ calf<sup>-1</sup>)  
 $NEL_u^*$  NEL required for the development of the udder (in MJ calf<sup>-1</sup>)

According to DÄMMGEN et al. (2009b)  $NEL_p^*$  is set to 917 MJ per calf.

Nach DÄMMGEN et al. (2009b) wird  $NEL_p^*$  mit 917 MJ Kalb<sup>-1</sup> angesetzt.

#### 4.3.2.8 NEL requirements for growth / NEL-Bedarf für Wachstum

According to GfE (2001), pg. 22, the mean daily NEL requirements for growth are calculated as follows:

Der mittlere tägliche NEL-Bedarf für Wachstum wird nach GfE (2001), S. 22, wie folgt berechnet:

$$nel_g = \eta_{nel,g} \cdot \frac{\Delta w}{\alpha} \quad (4.12)$$

$nel_g$  mean daily NEL required for growth (in MJ cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)  
 $\eta_{nel,g}$  constant ( $\eta_{nel,g} = 25.5$  MJ kg<sup>-1</sup> according to GfE, 2001, pg. 22)  
 $\Delta w$  weight gain (in kg cow<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\alpha$  time units conversion factor ( $\alpha = 365$  d a<sup>-1</sup>)

#### 4.3.2.9 Energy partitioning between lactation period and dry period / Energieaufteilung zwischen Laktationsperiode und Trockenstehzeit

As a base for the feed intake calculations in Chapter 4.3.3, the total energy requirements  $NEL_{tot}$  as calculated according to Chapter 4.3.2.2 have to be split up into the requirements during lactation ( $NEL_{lact}$ ) and dry period ( $NEL_{dry}$ ).

Zur Vorbereitung der Futteraufnahmeberechnung in Kapitel 4.3.3 ist eine Aufteilung des nach Kapitel 4.3.2.2 berechneten Gesamtenergiebedarfs  $NEL_{tot}$  auf Laktationsperiode ( $NEL_{lact}$ ) und Trockenstehzeit ( $NEL_{dry}$ ) erforderlich.

$$NEL_{tot} = NEL_{lact} + NEL_{dry} \quad (4.13)$$

$NEL_{tot}$  total annual NEL requirements (in MJ cow<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see Chapter 4.3.2.2  
 $NEL_{lact}$  annual NEL requirements related to the lactation period (MJ cow<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $NEL_{dry}$  annual NEL requirements related to the dry period (in MJ cow<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

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 4.15 provides the data given by GfE (2001, pg. 24, Table 1.4.3) for dry matter intake during the dry period (i. e. the last 6 weeks before calving) as a function of the dry matter NEL content. This data set applies to a cow with a weight of 650 kg. Differing cow weights can not be taken into account as there is no information given in GfE (2001).

In additional lines, Table 4.15 lists the steps used to calculate the total NEL intake during the dry period.

Der weitaus geringere Anteil,  $NEL_{dry}$ , wird wie nachfolgend beschrieben geschätzt.  $NEL_{lact}$  berechnet sich dann als Differenz von  $NEL_{tot}$  und  $NEL_{dry}$ .

Table 4.15 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 Trockenmassenaufnahme 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 4.15 die Schritte zur Berechnung der Gesamt-NEL-Aufnahme während der Trockenstezeit.

**Table 4.15: Dairy cows, NEL intake during the dry period for a cow of 650 kg**

NEL content per kg of dry matter (4 different types of dry matter) <sup>a</sup>	5.2	5.6	6.0	6.4
daily dry matter intake during phase 1 (6 to 4 weeks before calving) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	9.8	9.0	8.4	7.9
daily dry matter intake during phase 2 (3 <sup>rd</sup> week until calving) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>	10.7	9.9	9.3	8.7
daily dry matter intake averaged over the entire dry period (6 weeks) (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	20.5/2	18.9/2	17.7/2	16.6/2
mean daily NEL intake (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	20.5/2 · 5.2	18.9/2 · 5.6	17.7/2 · 6.0	16.6/2 · 6.4
mean daily NEL intake averaged over the different dry matter types (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )	53.1			
$NEL_{dry}^*$ , 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 result equals that obtained with equation (22) in DÄMMGEN et al (2009b). As the emission inventory is based on the assumption that animal feeding exactly satisfies energy requirements, the total NEL intake calculated according to Table 4.15 can be interpreted as the total NEL requirements during the dry period ( $NEL_{dry}^*$ ).  $NEL_{dry}$  can then be calculated from:

$$NEL_{dry} = NEL_{dry}^* \cdot \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \quad (4.14)$$

$NEL_{dry}$  annual NEL requirements related to the dry period (in MJ cow<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $NEL_{dry}^*$  total NEL requirements during the dry period ( $NEL_{dry}^* = 2230.6$  MJ cow<sup>-1</sup>, see Table 4.15)  
 $\alpha$  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:

$$NEL_{lact} = NEL_{tot} - NEL_{dry} \quad (4.15)$$

$NEL_{lact}$  annual NEL requirements related to the lactation period (MJ cow<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $NEL_{tot}$  total annual NEL requirements (in MJ cow<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>), see Chapter 4.3.2.2  
 $NEL_{dry}$  annual NEL requirements related to the dry period (in MJ cow<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

The NEL requirements during the lactation period are then given by:

$$NEL_{lact}^* = NEL_{lact} \cdot \frac{t_{ibc}^*}{\alpha} \quad (4.16)$$

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 4.15 berechnete Gesamt-NEL-Aufnahme mit dem Gesamt-NEL-Bedarf  $NEL_{dry}^*$  gleich gesetzt werden. Für  $NEL_{dry}$  folgt damit:

Damit lässt sich der aus der Laktationsphase jährlich resultierende NEL-Bedarf  $NEL_{lact}$  berechnen:

Für den während der Laktationsphase entstehenden NEL-Bedarf folgt daraus:



$NEL_{lact}^*$	total NEL requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> )
$NEL_{lact}$	annual NEL requirements related to the lactation period (in MJ 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 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 ( $NEL_{feed}$ ) equals the total energy requirements ( $NEL_{tot}$ ). The latter can be split up into the energy shares for the lactation period ( $NEL_{lact}$ ) and the dry period ( $NEL_{dry}$ ).

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  $NEL_{feed}$  mit dem Gesamtenergiebedarf  $NEL_{tot}$ , der sich wiederum nach Kapitel 4.3.2.9 in die Energiebedarfsanteile für die Laktationsperiode ( $NEL_{lact}$ ) und die Trockenstezeit ( $NEL_{dry}$ ) aufspaltet.

$$NEL_{feed} = NEL_{tot} = NEL_{lact} + NEL_{dry} \quad (4.17)$$

$NEL_{feed}$	annual intake of NEL with feed (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$NEL_{tot}$	annual NEL required (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$NEL_{lact}$	annual NEL requirements related to the lactation period (MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$NEL_{dry}$	annual NEL requirements related to the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

#### 4.3.3.2 Total dry matter intake / Gesamttrockenmasse-Aufnahme

The calculation of the inventory-relevant *annual* dry matter intake is based on the total dry matter intake during the interval between calvings ( $DM^*$ ).  $DM^*$  is calculated from the amounts of dry matter taken in during the lactation period and the dry period. (For the period definitions see Chapter 4.3.1.6.)

Ausgangspunkt zur Ermittlung der für das Inventar relevanten *jährlichen* Trockenmasse-Aufnahme ist die Trockenmasse-Aufnahme  $DM^*$  während der Zwischenkalbezeit, die aus Beiträgen aus Laktations- und Trockenphase gebildet wird. (Zum Zusammenhang der verschiedenen Phasen siehe Kapitel 4.3.1.6.).

$$DM^* = DM_{lact}^* + DM_{dry}^* \quad (4.18)$$

$DM^*$	total intake of dry matter (in kg cow <sup>-1</sup> )
$DM_{lact}^*$	intake of dry matter during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> )
$DM_{dry}^*$	intake of dry matter during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> )

The *annual* dry matter intake is given by:

Für die *jährliche* Trockenmasse-Aufnahme gilt:

$$DM = DM_{lact} + DM_{dry} = (DM_{lact}^* + DM_{dry}^*) \cdot \frac{\alpha}{t_{ibc}^*} \quad (4.19)$$

$DM$	annual intake of dry matter (in $\text{kg cow}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$DM_{\text{lact}}$	annual intake of dry matter related to the lactation period (in $\text{kg cow}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$DM_{\text{dry}}$	annual intake of dry matter related to the dry period (in $\text{kg cow}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$DM_{\text{lact}}^*$	intake of dry matter during the lactation period (in $\text{kg cow}^{-1}$ )
$DM_{\text{dry}}^*$	intake of dry matter during dry period (in $\text{kg cow}^{-1}$ )
$\alpha$	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

Different properties of roughage and concentrates are accounted for during the calculation of the dry matter intake by considering the different shares of roughage and concentrates:

Zur Berücksichtigung unterschiedlicher Eigenschaften von Raufutter- und Kraftfutter wird bei der Trockenmasse-Aufnahme zusätzlich noch nach Raufutter- und Kraftfutteranteilen unterschieden:

$$DM_{\text{lact}}^* = DM_{\text{conc, lact}}^* + DM_{\text{rough, lact}}^* = (dm_{\text{conc, lact}} + dm_{\text{rough, lact}}) \cdot t_{\text{lact}}^* \quad (4.20)$$

$$DM_{\text{dry}}^* = DM_{\text{conc, dry}}^* + DM_{\text{rough, dry}}^* = (dm_{\text{conc, dry}} + dm_{\text{rough, dry}}) \cdot t_{\text{dry}}^* \quad (4.21)$$

$DM_{\text{lact}}^*$	intake of dry matter during the lactation period (in $\text{kg cow}^{-1}$ )
$DM_{\text{conc, lact}}^*$	intake of dry matter of concentrates during the lactation period (in $\text{kg cow}^{-1}$ )
$DM_{\text{rough, lact}}^*$	intake of dry matter of roughage during the lactation period (in $\text{kg cow}^{-1}$ )
$dm_{\text{conc, lact}}$	daily intake of dry matter of concentrates during the lactation period (in $\text{kg cow}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$dm_{\text{rough, lact}}$	daily intake of dry matter of roughage during the lactation period (in $\text{kg cow}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$t_{\text{lact}}^*$	duration of the lactation period (in d), see Chapter 4.3.1.6
$DM_{\text{dry}}^*$	intake of dry matter during the dry period (in $\text{kg cow}^{-1}$ )
$DM_{\text{conc, dry}}^*$	intake of dry matter of concentrates during the dry period (in $\text{kg cow}^{-1}$ )
$DM_{\text{rough, dry}}^*$	intake of dry matter of roughage during the dry period (in $\text{kg cow}^{-1}$ )
$dm_{\text{conc, dry}}$	daily intake of dry matter of concentrates during the dry period (in $\text{kg cow}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$dm_{\text{rough, dry}}$	daily intake of dry matter of roughage during the dry period (in $\text{kg cow}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$t_{\text{dry}}^*$	duration of the dry period (in d), see Chapter 4.3.1.6

The calculation of the daily amounts of dry matter intake as introduced above is described in the subsequent chapters.

Die oben eingeführten Tageswerte der Trockenmasse-Aufnahme werden in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben.

#### 4.3.3.3 Dry matter intake during lactation / Trockenmasse-Aufnahme während der Laktation

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. This set of equations was adopted from DÄMMGEN et al. (2009b) with slight formal modifications, e. g. the exclusion of negative intakes of concentrates that otherwise would be formally possible in case of rather low milk yields.

Die Berechnung der täglichen Trockenmasse-Aufnahme von Raufutter während der Laktationszeit beruht im Wesentlichen auf der Formel in DLG (1986), Kap. 6, 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 nachfolgende Gleichungssatz für die tägliche Trockenmasse-Aufnahme von Rau- und Kraftfutter. Dieser Gleichungssatz wurde gegenüber DÄMMGEN et al. (2009b) formal leicht modifiziert (u. a. durch den Ausschluss einer negativen Kraftfutteraufnahme, die sich rein rechnerisch in Einzelfällen bei sehr niedrigen Milchleistungen ergeben könnte).

$$dm_{\text{rough, lact}} = \frac{nel_{\text{lact}} - dm_{\text{conc, lact}} \cdot \eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \quad (4.22)$$

with

$$nel_{\text{lact}} = \frac{NEL_{\text{lact}}^*}{t_{\text{lact}}^*} \quad (4.23)$$

and

$$dm_{\text{conc, lact}} = \max \left\{ 0; \frac{B}{2} - \sqrt{\left(\frac{B}{2}\right)^2 - C} \right\} \quad (4.24)$$

with

$$B = \frac{\eta_{\text{NEL, conc}}}{\eta_{\text{NEL, rough}}} \cdot \frac{1}{d} \quad (4.25)$$

$$C = \left( \frac{NEL_{\text{lact}}^*}{t_{\text{lact}}^* \cdot \eta_{\text{NEL, rough}}} - a \cdot w - b \cdot \left( \frac{\eta_{\text{NEL, rough}}}{\eta_{\text{NEL, unit}}} \right)^c - f \cdot \max(y_{\text{ECM}} - e; 0) \right) \cdot \frac{1}{d} \quad (4.26)$$

$dm_{\text{rough, lact}}$	daily intake of dry matter of roughage during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$nel_{\text{lact}}$	daily NEL requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$dm_{\text{conc, lact}}$	daily intake of dry matter of concentrates during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$B, C$	auxiliary quantities
$\eta_{\text{NEL, conc}}$	NEL content of concentrates (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.4.2
$\eta_{\text{NEL, rough}}$	NEL content of roughage (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.4.2
$NEL_{\text{lact}}^*$	total NEL requirements during the lactation period (in MJ cow <sup>-1</sup> ), 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 ( $X_{\text{NEL, unit}} = 1 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$c$	exponent ( $c = 2.16$ )
$f$	constant ( $f = 0.1$ )
$y_{\text{ECM}}$	energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see below
$e$	constant ( $e = 25 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )

The energy-corrected daily milk yield  $y_{\text{ECM}}$  is defined as follows:

Die energiekorrigierte mittlere tägliche Milchleistung  $y_{\text{ECM}}$  ist wie folgt definiert:

$$y_{\text{ECM}} = y_{\text{M}} \cdot \frac{LE}{LE_s} \quad (4.27)$$

$y_{\text{ECM}}$	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  $d = 0,1 \text{ MJ kg}^{-1}$ :

$$LE = (c_{\text{lc, 1}} + c_{\text{lc, 2}} \cdot x_{\text{fat, milk}} + c_{\text{lc, 3}} \cdot x_{\text{XP, milk}}) + d \quad (4.28)$$

$LE$	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

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 %

0.034 kg kg<sup>-1</sup> (DLG, 2005, pg. 28; WEIB, 2010). This leads to  $LE_s = 3.28 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

Finally  $y_{ECM}$  can be written as follows:

$$y_{ECM} = y_M \cdot \frac{p + q \cdot x_{fat, milk} + r \cdot x_{XP, milk}}{s} \quad (4.29)$$

$y_{ECM}$	energy-corrected daily milk yield during lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see below
$y_M$	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 ( $q = 38 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$x_{fat, milk}$	mass fraction of milk fat (in kg kg <sup>-1</sup> )
$r$	constant ( $r = 21 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$x_{XP, milk}$	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. 14 et seq., context of Tables 5, 6, und 7).

The daily milk yield is obtained from:

bzw. 0,034 kg kg<sup>-1</sup> (DLG, 2005, S. 28; WEIB, 2010). Dies führt zu  $LE_s = 3,28 \text{ MJ kg}^{-1}$ .

Zusammenfassend ergibt sich für  $y_{ECM}$ :

Diese Gleichung entspricht der Formel in DLG (2001, S. 14 ff, Kontext zu Tabellen 5, 6, und 7).

Die tägliche Milchleistung  $y_M$  berechnet sich aus:

$$y_M = \frac{Y_M^*}{t_{lact}^*} = Y_M \frac{t_{ibc}^*}{\alpha} \quad (4.30)$$

$y_M$	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 Milchkuh und dem Energieangebot im Futter resultiert nach DÄMMGEN et al. (2009b) für die Trockenstehzeit die folgende Gleichung zur Berechnung der Trockenmasse-Aufnahme mit dem Raufutter:

$$dm_{rough, dry} = \frac{nel_{dry} - dm_{conc, dry} \cdot \eta_{NEL, conc}}{\eta_{NEL, rough}} \quad (4.31)$$

$dm_{rough, dry}$	daily intake of dry matter of roughage during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$nel_{dry}$	daily NEL intake with feed during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$dm_{conc, dry}$	daily intake of dry matter of concentrates during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{NEL, conc}$	NEL content of concentrates (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.4.2
$\eta_{NEL, rough}$	NEL content of roughage (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.3.4.2

and

$$nel_{dry} = \frac{NEL_{dry}^*}{t_{dry}^*} \quad (4.32)$$

$nel_{dry}$	daily NEL intake with feed during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$NEL_{dry}^*$	total NEL requirements during the dry period (in MJ cow <sup>-1</sup> )
$t_{dry}^*$	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

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

concentrates,  $dm_{\text{conc, dry}}$  is therefore  $1 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$  fresh matter or  $0.88 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$  dry matter.

tägliche Kraftfutteraufnahme  $dm_{\text{conc, dry}}$  von  $1 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Frischmasse bzw.  $0,88 \text{ kg cow}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Trockenmasse.

#### 4.3.3.5 Partitioning of roughage intake between house and pasture / Aufteilung der Raufutteraufnahme zwischen Stall und Weide

The properties of pasture grass and roughage provided in the housing differ, e. g. for the nitrogen content. To account for this difference when calculating N intake and N excretion, the annual total intake of roughage dry matter is split up into the shares for housing and pasture:

Weidegras unterscheidet sich von dem im Stall verabreichten Raufutter u. a. im Stickstoffgehalt. Um dies in der Berechnung von N-Aufnahme und N-Ausscheidung berücksichtigen zu können, wird die jährlich aufgenommene Gesamtmenge an Raufutter-Trockenmasse zwischen Stall und Weide aufgeteilt:

$$DM_{\text{rough}} = DM_{\text{rough, house}} + DM_{\text{rough, graz}} \quad (4.33)$$

$DM_{\text{rough}}$  total annual intake of dry matter of roughage (in  $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )  
 $DM_{\text{rough, house}}$  annual intake of dry matter of roughage in the house (in  $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )  
 $DM_{\text{rough, graz}}$  annual intake of dry matter of roughage during grazing (in  $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )

The dry matter proportioning is performed using the factor  $f_{\text{graz}}$ , which quantifies the relative annual duration of grazing:

Die Aufteilung wird mithilfe eines Faktors  $f_{\text{graz}}$  vorgenommen, der dem auf die Dauer eines Jahres bezogenen relativen Anteil der Weidezeiten entspricht.

$$DM_{\text{rough, graz}} = f_{\text{graz}} \cdot DM_{\text{rough}} \quad (4.34)$$

$$DM_{\text{rough, house}} = (1 - f_{\text{graz}}) \cdot DM_{\text{rough}} \quad (4.35)$$

$DM_{\text{rough, graz}}$  annual intake of dry matter of roughage during grazing (in  $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )  
 $f_{\text{graz}}$  weighting factor ( $0 \leq f_{\text{graz}} \leq 1$ ), see Chapter 4.3.8.5.1  
 $DM_{\text{rough}}$  total annual intake of dry matter of roughage (in  $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )  
 $DM_{\text{rough, house}}$  annual intake of dry matter of roughage in the house (in  $\text{kg cow}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )

Grazing has also an impact on the mean properties of the roughage taken in, see Chapter 4.3.4.5.

Der Weidegang beeinflusst in analoger Weise auch die mittleren Eigenschaften des Raufutters, siehe Kapitel 4.3.4.5.

#### 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) as well as VS excretions (Chapter 3.3.3.1), the amount of annual gross energy intake (GE) is needed. The calculation of GE is described in Chapter 4.3.4.6.

Für die Berechnung der Methanemission aus der Verdauung (Kapitel 3.3.2) sowie der VS-Ausscheidung (Kapitel 3.3.3.1) wird der Betrag der jährlichen Gesamtenergie-Aufnahme pro Platz (GE) benötigt. Die Berechnung dieser Größe wird in Kapitel 4.3.4.6 beschrieben.

### 4.3.4 Feed composition / Futterzusammensetzung

#### 4.3.4.1 Modelling concept / Modellkonzept

The German inventory differentiates between two standard diet categories:

- “Mixed diet” fed in regions with considerable areas of arable land (maize silage, grass silage, standard concentrate MLF 18/3, rapeseed expeller and straw),
- “grass based” diet in regions without considerable areas of arable land (grass silage, standard concentrate MLF 18/3, wheat)

Das deutsche Inventar unterscheidet zwei Standardkategorien von Futterrationen:

- “Gemischte Ration” in Ackerbaugebieten (Maissilage, Grassilage, Kraftfutter MLF 18/3, Rapskuchen und Stroh),
- „Grassilage-Ration“ in Grünlandgebieten (Grassilage, Kraftfutter MLF 18/3, Weizen)

The Federal Statistical Office calculates for the emission reporting the respective shares of these standard diet categories on federal-state level. Table 4.16 shows this data aggregated on national level. Due to limited

Das Statistische Bundesamt berechnet für die Emissionsberichterstattung auf Bundeslandebene, zu welchen Anteilen diese Standardfutterkategorien an der Fütterung der jeweiligen Milchkuh-Population beteiligt sind. Table 4.16 zeigt die auf nationaler Ebene aggregier-

space, every other year is omitted in the years before 2010.

ten Daten. Aus Platzgründen wurde in dieser Tabelle bis 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

**Table 4.16: Dairy cows, national distribution (fractions) of “mixed diet” (M) and “grass based diet” (G)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
M	0.54	0.54	0.56	0.57	0.57	0.58	0.60	0.61	0.61	0.64	0.70	0.71	0.73	0.75	0.74	0.73	0.71
G	0.46	0.46	0.44	0.43	0.43	0.42	0.40	0.39	0.39	0.36	0.30	0.29	0.27	0.25	0.26	0.27	0.29

Source: see text.

The specific composition of each of the two standard diet categories depends on milk yield, see Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.4.

The modification of the mean properties of the roughage due to grazing is described in Chapter 4.3.4.5.

Chapter 4.3.4.6 deals with the calculation of the national mean of the digestibility, a quantity which is needed for the emission reporting under UNFCCC.

Die spezielle Zusammensetzung jeder der beiden Standardfutterkategorien ist eine Funktion der Milchleistung, siehe Kapitel 4.3.4.2 und 4.3.4.4.

Auf die infolge Weidehaltung erforderliche Modifikation der mittleren Eigenschaften des Raufutter-Anteiles geht Kapitel 4.3.4.5 ein.

Kapitel 4.3.4.6 beschreibt schließlich die Berechnung der für die Klimaberichterstattung unter UNFCCC erforderlichen mittleren Verdaulichkeit auf nationaler Ebene.

#### 4.3.4.2 Feed properties / Futtereigenschaften

In principle, the feed components used in the inventory can be subdivided in roughage and concentrates.

For the properties of the feed constituents see Table 4.17.

Die Komponenten der im Inventar verwendeten Futterrationen lassen sich grundsätzlich in die zwei Gruppen Raufutter und Kraftfutter einteilen.

Die Eigenschaften der Futterbestandteile zeigt Table 4.17.

**Table 4.17: Dairy cows, diet constituent properties used in the inventory**

( $x_{DM}$ : dry matter content;  $\eta_{ME}$ : content of metabolizable energy, related to dry matter;  $\eta_{NEL}$ : NEL content, related to dry matter;  $\eta_{DE}$ : content of digestible energy, related to dry matter  $\eta_{GE}$ : content of gross energy, related to dry matter;  $x_{XP}$ : raw protein content of feed, related to dry matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter;  $x_{DOM}$ : digestibility of organic matter)

roughage	$x_{DM, rough}$ kg kg <sup>-1</sup>	$\eta_{ME, rough}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{NEL, rough}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{DE, rough}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{GE, rough}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$x_{XP, rough}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash, rough}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{DOM, rough}$ kg kg <sup>-1</sup>
grass (pasture) <sup>a</sup>	0.18	10.0	6.3	12.3	17.9	0.180	0.125	0.72
grass silage <sup>b</sup>	0.35	10.0	6.3	12.4	18.5	0.162	0.099	0.72
maize silage <sup>c</sup>	0.25	10.2	6.6	12.4	17.9	0.080	0.082	0.73
straw <sup>d</sup>	0.85	6.4	3.8	8.0	18.1	0.038	0.070	0.47
concentrates	$x_{DM, conc}$ kg kg <sup>-1</sup>	$\eta_{ME, conc}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{NEL, conc}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{DE, conc}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{GE, conc}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$x_{XP, conc}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash, conc}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{DOM, conc}$ kg kg <sup>-1</sup>
concentrates MLF 18/3 <sup>e</sup>	0.88	12.3	7.6	15.5	18.7	0.205	0.065	0.83
rapeseed expeller <sup>f</sup>	0.91	14.2	8.7	17.7	23.6	0.340	0.080	0.77
wheat <sup>g</sup>	0.87	13.2	9.0	15.8	18.5	0.145	0.020	0.88

<sup>a</sup> Source: BEYER et al. (2004), No 1613

<sup>b</sup> Source: BEYER et al. (2004), No 3431

<sup>c</sup> Source: BEYER et al. (2004), combination of 33.3 % of No 2891 and 66.7 % of No 2895

<sup>d</sup> Source: BEYER et al. (2004), No 5811

<sup>e</sup> Source: DLG (2005), pg. 13;  $\eta_{GE}$  estimated from  $\eta_{ME}$  using the metabolizability derived from  $\eta_{NEL} / \eta_{ME}$  via the van Es equation (GfE, 2001), pg. 19;  $\eta_{DE}$  estimated from  $\eta_{GE}$  using a digestibility of 82.7 % which was derived from averaging the two data sets “Union MLF M 18-680” and “Balance 18-III” in MENKE (2011) assuming that the digestibility of organic matter approximates the digestibility of energy.

<sup>f</sup> Source: LFL (2011), No 6427, completed on base of digestibility and metabolizability taken from BEYER et al. (2004), No 7231

<sup>g</sup> Source: BEYER et al. (2004), combination of 50 % of No 6113 and 50 % of No 6114

The data provided in Table 4.17 were derived from BEYER et al. (2004) in a way that the overall diet properties used in DLG (2005) could be met as best as possible. The DLG data sets are considered as nationwide accepted data<sup>22</sup>, and hence serve as standard. The DLG data sets could not be used on their own as - in contrast to

Die Daten in Table 4.17 wurden aus BEYER et al. (2004) in der Weise abgeleitet, dass durch DLG (2005), S. 13, vorgegebene Eigenschaften möglichst gut angenähert wurden. Die DLG-Datensätze wurden als Maßstab gewählt, da sie als national akzeptiert gelten können<sup>22</sup>. Eine direkte Übernahme der DLG-Datensätze war nicht

<sup>22</sup> DLG (2005) is considered to be the official expert judgement for Germany and national consent (Spiekers, head of the group of authors, pers. communication).

BEYER et al. (2004) - the list of feed properties does not contain certain necessary parameters used for the compilation of the inventory.

The selection and combination of parameters extracted from BEYER et al. (2004) takes into account that the ratio of crude protein to NEL contents has to approximate the respective ratio of the DLG data set. This requirement was derived from the dairy cow modelling concept. From the 2011 submission onwards the newly selected parameters are used instead of those previously used which had been derived from a mixture of sources<sup>23</sup>.

The data for raw protein contents are converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(2006)-10.58).

Table 4.18 shows additional diet data as needed for the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation (see Chapter 4.3.5).

möglich, da sie im Gegensatz zu den Datensätzen in BEYER et al. (2004) nicht alle für die Inventarberechnungen erforderlichen Angaben enthalten.

Die Auswahl und Kombination von Datensätzen aus BEYER et al. (2004) beruht auf der aus dem Milchkuh-Modellkonzept ableitbaren Forderung, dass das sich ergebende Verhältnis von Rohproteingehalt zu NEL-Gehalt möglichst gut den entsprechenden Wert des DLG-Datensatzes approximieren muss. Die so erhaltenen Datensätze ersetzen ab Submission 2012 die zuvor verwendeten, aus unterschiedlichen Quellen zusammengestellten Datensätze<sup>23</sup>.

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6,25 in N-Gehalte umgerechnet (IPCC(2006)-10.58).

Table 4.18 zeigt die Eigenschaften der Futterbestandteile, die für die Berechnung der Emissionen aus der Verdauung benötigt werden (siehe Kapitel 4.3.5).

**Table 4.18: Dairy cows, additional diet data needed for the calculation of CH<sub>4</sub> from enteric fermentation**

( $x_{Fi}$ : content of crude fibre, related to dry matter;  $x_{NFE}$ : content of digestible N free residues, related to dry matter;  $x_{XF}$ : content of crude fat, related to dry matter)

roughage	$x_{Fi}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{NFE}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{XF}$ kg kg <sup>-1</sup>
grass (pasture) <sup>a</sup>	0.225	0.430	0.040
grass silage <sup>b</sup>	0.245	0.452	0.042
maize silage <sup>c</sup>	0.228	0.582	0.028
straw <sup>d</sup>	0.450	0.425	0.017
concentrates	$x_{Fi}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{NFE}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{XF}$ kg kg <sup>-1</sup>
concentrates MLF 18/3 <sup>e</sup>	0.134	0.554	0.042
rapeseed expeller <sup>f</sup>	0.160	0.350	0.070
wheat <sup>g</sup>	0.030	0.785	0.020

<sup>a, b, c, d, f, g</sup> Source: BEYER et al. (2004), cf. Table 4.17

<sup>e</sup> Source: Data based on LWK-NW (2004 – 2011)

The content of crude fibre  $x_{Fi}$  in Table 4.18 is determined from other known feed properties:

Der Rohfasergehalt  $x_{Fi}$  in Table 4.18 wurde dabei aus anderen bekannten Kennwerten berechnet:

$$x_{Fi} = 1 - x_{ash} - x_{XP} - x_{NFE} - x_{XF} \quad (4.36)$$

$x_{Fi}$	content of crude fibre, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{ash}$	ash content, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{XP}$	raw protein content, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{NFE}$	content of digestible N free residues, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{XF}$	content of crude fat, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> )

Mean feed properties (e. g. contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated as follows

Mittlere Futtereigenschaften (z. B. Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) werden wie folgt berechnet:

$$A_{mean} = \sum_i^n g_i \cdot A_i \quad (4.37)$$

$A_{mean}$	mean value of a feed property A
$i$	index of feed constituent
$g_i$ , house	mass fraction of feed constituent i
$A_i$	value of feed property A of feed constituent i (see Table 4.17 or Table 4.18)

<sup>23</sup> A comparison of dairy cow models with those of neighbouring European countries had revealed that the N excretion rates in the German dairy cow model were overestimated. A revision of the N balance corrected the ratio of crude protein to energy contents. This value had been overestimated.



#### 4.3.4.3 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).

The properties of the feed constituents are given in Chapter 4.3.4.2. The mean properties of roughage (contents of DM, NEL, ME, DE, GE and XP) are calculated with eq. (4.37). If grazing occurs, the mean roughage properties need to be adjusted in order to account for differing properties of pasture grass, see Chapter 4.3.4.5.

Standard concentrate MLF 18/3 is used throughout. The diet is supplemented by rapeseed expeller (varying between 0.5 and 1.5 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

From expert data (see Dämmgen et al., 2010a), a steady function for the share of rapeseed expeller in concentrates as a function of milk yield was derived, see Figure 4.2.

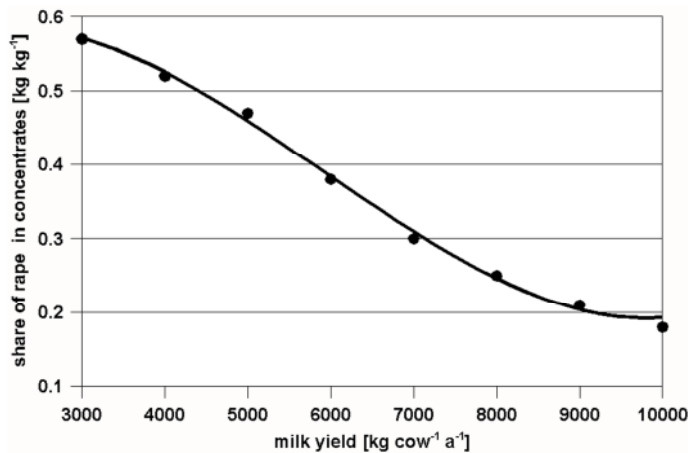
Nach DÄMMGEN et al. (2010a) besteht die Standard-Raufutterzusammensetzung in der gemischten Ration aus Grassilage, Maissilage und Stroh mit konstanten Massenanteilen  $g_{i, \text{house}}$  von 0,44 zu 0,54 zu 0,02 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf Trockenmasse).

Zu den Futtereigenschaften siehe Kapitel 4.3.4.2. Mit Gleichung (4.37) 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 4.3.4.5.

An Kraftfutter wird generell Milchleistungsfutter MLF 18/3 gefüttert. Die Mischung wird mit Rapskuchen supplementiert (Mengen zwischen 0,5 und 1,5 kg cow<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>).

Aus Expertenschätzungen (siehe DÄMMGEN et al., 2010a) wurde eine stetige Funktion für die Rapskuchen-Anteile in Abhängigkeit von der Milchleistung abgeleitet, siehe Figure 4.2.

**Figure 4.2: Standard mixed feeds, share of rapeseed expeller in concentrates (related to DM) as function of milk yield**



data points derived from expert judgement, see DÄMMGEN et al., 2010a

The adjusted steady function reads

Es ergibt sich die folgende stetige Funktion:

$$X_{\text{rape, mixed}} = a_{\text{rape, mixed}} + b_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M + c_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M^2 + d_{\text{rape, mixed}} \cdot Y_M^3 \quad (4.38)$$

$X_{\text{rape, mixed}}$	ratio of rapeseed expeller in concentrates (related to dry matter), 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

$$X_{\text{MLF, mixed}} = 1 - X_{\text{rape, mixed}} \quad (4.39)$$

$X_{\text{MLF, mixed}}$	share of standard concentrate MLF 18/3 (related to dry matter), mixed diet (in kg kg <sup>-1</sup> )
$X_{\text{rape, mixed}}$	ratio of rapeseed expeller in concentrates (related to dry matter), mixed 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

Die mittleren Eigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) des Kraftfutters werden analog zur

to the procedure used for roughage (see above). They depend on the milk yield which varies in space and time.

Vorgehensweise beim Raufutter (s. o. berechnet. Sie sind von der räumlich und zeitlich variierenden Milchleistung abhängig.

#### 4.3.4.4 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 (see Chapter 4.3.4.2).

If grazing occurs, the mean roughage properties need to be adjusted in order to account for differing properties of pasture grass, see Chapter 4.3.4.5.

Standard concentrate MLF 18/3 is supplemented with wheat in varying shares.

The properties of the concentrates constituents are given in Table 4.17.

The share of wheat in concentrates is depending on milk yield as displayed in Figure 4.3:

Als Raufutter wird ausschließlich Grassilage verwendet, deren Eigenschaften in Table 4.17 (siehe Kapitel 4.3.4.2) aufgeführt sind.

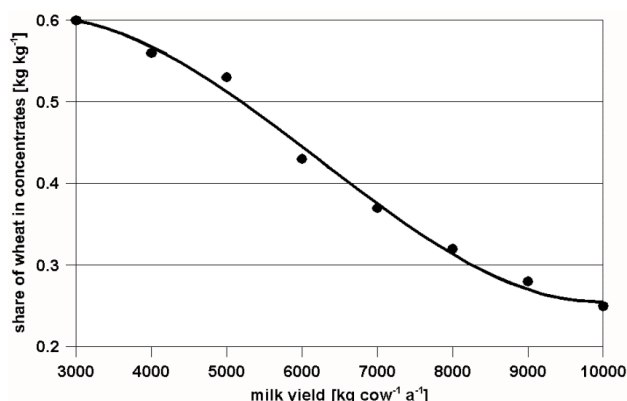
Im Falle von Weidegang müssen die Raufuttereigenschaften noch angepasst werden, um die abweichenden Eigenschaften von Weidegras zu berücksichtigen, siehe dazu Kapitel 4.3.4.5.

Kraftfutter MLF 18/3 wird mit variierenden Mengen Weizen supplementiert.

Die Eigenschaften der Kraftfutterbestandteile zeigt Table 4.17.

Der Anteil von Weizen im Kraftfuttermisch ist milchleistungsabhängig wie in Figure 4.3 gezeigt:

**Figure 4.3: Standard grass based feeds, share of wheat in concentrates (related to DM) as function of milk yield**



data points derived from expert judgement, see DÄMMGEN et al., 2010a

The resulting steady function reads

Daraus resultiert folgende stetige Funktion:

$$X_{\text{wheat, grass}} = a_{\text{wheat, grass}} + b_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M + c_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M^2 + d_{\text{wheat, grass}} \cdot Y_M^3 \quad (4.40)$$

$X_{\text{wheat, grass}}$	share of wheat in total concentrates (related to dry matter), 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

$$X_{\text{MLF, grass}} = 1 - X_{\text{wheat, grass}} \quad (4.41)$$

$X_{\text{MLF, grass}}$	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 according to analogy to the procedure given in Chapter 4.3.4.2. They depend on the milk yield which varies in space and time.

Die mittleren Kraftfuttereigenschaften (Gehalte an DM, NEL, ME, DE, GE und XP) werden wie in Kapitel 4.3.4.2) beschrieben berechnet. Sie sind von der räumlich und zeitlich variierenden Milchleistung abhängig.

#### 4.3.4.5 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 effective value of a feed property A is calculated using a weighted mean:

$$A_{\text{eff}} = (1 - f_{\text{graz}}) \cdot A_{\text{standard}} + f_{\text{graz}} \cdot A_{\text{graz}} \quad (4.42)$$

$A_{\text{eff}}$	effective value of roughage property A
$f_{\text{graz}}$	weighting factor ( $0 \leq f_{\text{graz}} \leq 1$ ), see Chapter 4.3.8.5.1
$A_{\text{standard}}$	value of roughage feed property A in the standard diet composition, see Chapters 4.3.4.2 and 4.3.4.4
$A_{\text{graz}}$	value of property A in pasture grass

Weidegras unterscheidet sich in Energie- und Stickstoffgehalt von dem im Stall verabreichten Raufutter, siehe Table 4.17. Daher ist Weidegang in die Berechnung der NEL-, GE- und N-Gehalte des insgesamt aufgenommenen Raufutters einzubeziehen. Dies ergibt effektive Gehalte der aufgenommenen Trockenmasse, die in den Kapiteln 4.3.3.3 und 4.3.3.4 zugrunde zu legen sind.

Der effektive Wert einer Futtereigenschaft A wird im Inventar durch gewichtete Mittelung berechnet:

#### 4.3.4.6 Calculation of digestibility and metabolizability / Berechnung von Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit

The mean digestibilities of the two standard rations (cf. Chapters 4.3.3.3 and 4.3.4.4) are calculated separately for each district:

Die mittlere Verdaulichkeiten der beiden Standard-Rationen (siehe Kapitel 4.3.3.3 und 4.3.4.4) werden für jeden Kreis jeweils wie folgt berechnet:

$$X_{\text{DE}, f, i} = \frac{DE_{f, i}}{GE_{f, i}} \quad (4.43)$$

with

$$DE_{f, i} = \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}} \cdot DE_{f, i}^* = \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}} \cdot (DM_{f, \text{conc}, i}^* \cdot \eta_{\text{DE}, f, \text{conc}, i} + DM_{f, \text{rough}, i}^* \cdot \eta_{\text{DE}, f, \text{rough}, i}) \quad (4.44)$$

$$GE_{f, i} = \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}} \cdot GE_{f, i}^* = \frac{\alpha}{t_{\text{ibc}}} \cdot (DM_{f, \text{conc}, i}^* \cdot \eta_{\text{GE}, f, \text{conc}, i} + DM_{f, \text{rough}, i}^* \cdot \eta_{\text{GE}, f, \text{rough}, i}) \quad (4.45)$$

$X_{\text{DE}, f, i}$	digestibility of standard feed type f in district i (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
f	standard feed type (f = mix, gra)
i	index of districts
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$t_{\text{ibc}}^*$	duration of the interval between calvings (calving interval) (in d), see Chapter 4.3.1.6
$DE_{f, i}$	total annual intake of digestible energy with diet f in district i (in MJ cow <sup>-1</sup> )
$DE_{f, i}^*$	total intake of digestible energy with diet f in district i during the interval between calvings (in MJ cow <sup>-1</sup> )
$GE_{f, i}$	total annual intake of gross energy with diet f in district i (in MJ cow <sup>-1</sup> )
$GE_{f, i}^*$	total intake of gross energy with diet f in district i during the interval between calvings (in MJ cow <sup>-1</sup> )
$DM_{f, \text{conc}, i}^*$	total intake of concentrates dry matter with diet f in district i during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$DM_{f, \text{rough}, i}^*$	total intake of roughage dry matter with diet f in district i during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{DE}, f, \text{conc}, i}$	effective content of digestible energy in the concentrates fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{DE}, f, \text{rough}, i}$	effective content of digestible energy in roughage fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{GE}, f, \text{conc}, i}$	effective content of gross energy in concentrates fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{GE}, f, \text{rough}, i}$	effective content of gross energy in roughage fed with diet f in district i (in MJ kg <sup>-1</sup> )

For the calculation of the effective contents of DE and GE see Chapters 4.3.4.2, 4.3.4.4 und 4.3.4.5.

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, 4.3.4.4 und 4.3.4.5.

Für die Gesamtaufnahme an Kraftfutter-Trockenmasse mit der Standard-Ration f im Kreis i gilt (Indizes f und i zur Vereinfachung der Schreibweise weggelassen):

$$DM_{conc}^* = DM_{conc,lact}^* + DM_{conc,dry}^* \quad (4.46)$$

$DM_{conc}^*$	total intake of dry matter of concentrates during the interval between calvings (in kg cow <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$DM_{conc,lact}^*$	intake of dry matter of concentrates during the lactation period (in kg cow <sup>-1</sup> )
$DM_{conc,dry}^*$	intake of dry matter of concentrates during the dry period (in kg cow <sup>-1</sup> )

The total intake of dry matter with roughage in standard ration f in district i is calculated accordingly.

Die Gesamtaufnahme an Raufutter-Trockenmasse mit Standard-Ration f im Kreis i wird analog berechnet.

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation (Chapter 3.3.2) as well as VS excretions (Chapter 3.3.3.1), the amount of annual gross energy intake (GE) is needed. The latter is obtained as a weighted mean of the ration-specific values of GE intake.

Für die Berechnung der Methanemission aus der Verdauung (Chapter 3.3.2) sowie der VS-Ausscheidung (Chapter 3.3.3.1) wird der Betrag der jährlichen Gesamtenergie-Aufnahme pro Platz (GE) benötigt. Diese ergibt sich als gewichtetes Mittel aus den rationsbezogenen GE-Aufnahme-Werten:

$$GE_i = x_{mix,i} \cdot GE_{mix,i} + x_{gra,i} \cdot GE_{gra,i} \quad (4.47)$$

$GE_i$	gross energy intake in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$GE_{mix,i}$	intake of gross energy with mixed diet in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{mix,i}$	fraction of dairy cow population in district i fed with the mixed feed composition (in cow cow <sup>-1</sup> )
$GE_{gra,i}$	intake of gross energy with grass based diet in district i (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{gra,i}$	fraction of dairy cow population in district i fed with the grass based feed composition (in cow cow <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$t_{ibc}^*$	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):

$$X_{DE, Germany} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{dc,i} \cdot (x_{mix,i} \cdot X_{DE,mix,i} + x_{gra,i} \cdot X_{DE,gra,i})}{\sum_{i=1}^k n_{dc,i}} \quad (4.48)$$

$X_{DE, Germany}$	national mean digestibility in Germany (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$i$	index of districts
$k$	number of districts
$n_{dc,i}$	number of dairy cows in district i
$x_{mix,i}$	fraction of dairy cow population in district i fed with the mixed feed composition (in cow cow <sup>-1</sup> )
$X_{DE,mix,i}$	digestibility of mixed feed in district i (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$x_{gra,i}$	fraction of dairy cow population in district i fed with the grass based feed (in cow cow <sup>-1</sup> )
$X_{DE,gra,i}$	digestibility of grass based feed in district i (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

The calculation of metabolizability on district and national level follows the procedure described for mean digestibilities.

Die Berechnung der Umsetzbarkeit auf Kreis- und nationaler Ebene entspricht dem oben für die Verdaulichkeit beschriebenen Vorgehen.

#### 4.3.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

The CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation of dairy cows are calculated using a national (Tier 3) approach (DÄMMGEN et al., 2012b), where the emission factor is derived from KIRCHGESSNER et al. (1984) as a function of the intake of crude fibre, N free extracts, crude protein and fat:

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung der Milchkühe werden mit einem nationalen Verfahren (Stufe-3-Ansatz) berechnet, siehe DÄMMGEN et al. (2012b). Dabei wird der Emissionsfaktor nach KIRCHGESSNER et al. (1994) als Funktion der Aufnahme von Rohfaser, N-freien Extraktstoffen, Rohprotein und Fett) berechnet:

$$EF_{CH_4, ent} = a \cdot M_{XFi} + b \cdot M_{NFE} + c \cdot M_{XP} + d \cdot M_{XF} + e \quad (4.49)$$

$EF_{CH_4, ent}$	emission factor for $CH_4$ from enteric fermentation (in $kg\ CH_4\ (pl \cdot a)^{-1}$ )
$a$	coefficient ( $a = 0.079\ kg\ kg^{-1}$ )
$M_{XFi}$	crude fibre intake rate (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )
$b$	coefficient ( $b = 0.010\ kg\ kg^{-1}$ )
$M_{NFE}$	input rate of N free extracts (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )
$c$	coefficient ( $c = 0.026\ kg\ kg^{-1}$ )
$M_{XP}$	crude protein intake rate (in $kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )
$d$	coefficient ( $d = -0.212\ kg\ kg^{-1}$ )
$M_{XF}$	fat intake rate (in $kg\ place^{-1}\ a^{-1}$ )
$e$	constant ( $e = 365 \cdot 0.063\ kg\ pl^{-1}\ a^{-1}$ )

The intake rates of crude fibre, N free extracts, crude protein and fat are obtained from the properties of the feed constituents and the amount of feed taken in (see Chapter 4.3.4.2).

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for  $CH_4$  from enteric fermentation do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

The methane conversion factor required in the CRF tables is then calculated as follows:

$$x_{CH_4, GE} = \frac{\eta_{CH_4} \cdot EF_{CH_4, ent}}{GE} \quad (4.50)$$

$x_{CH_4, GE}$	methane conversion factor for dairy cows (in $MJ\ MJ^{-1}$ )
$\eta_{CH_4}$	energy content of methane ( $\eta_{CH_4} = 55.65\ MJ\ (kg\ CH_4)^{-1}$ )
$EF_{CH_4, ent}$	emission factor for $CH_4$ from enteric fermentation (in $kg\ CH_4\ (pl \cdot a)^{-1}$ )
$GE$	gross energy intake rate (in $MJ\ pl^{-1}\ a^{-1}$ ), see Chapter 4.3.4.6

Neither the emission factor nor the methane conversion factor are constants. In the early 1990s, the conversion factor is about  $0.07\ MJ\ MJ^{-1}$ , and decreases by about 10 % during two decades. This change was mainly due to increased milk yields since 1990 and the necessary changes in the composition of the diets.

Die Aufnahme von Rohfaser, N-freien Extraktstoffen, Rohprotein und Fett ergibt sich aus den Kennwerten der Futterzusammensetzung und der Menge des aufgenommenen Futters (siehe Kapitel 4.3.4.2).

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für  $CH_4$  aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar. IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Der in den CRF-Tabellen anzugebende Methanumwandlungsfaktor wird dann wie folgt berechnet:

Weder Emissionsfaktor noch Methanumwandlungsfaktor sind Konstanten. Der Umwandlungsfaktor liegt Anfang der 1990er Jahre bei ca.  $0,07\ MJ\ MJ^{-1}$ , und fällt im Verlaufe von 20 Jahren um rund 10 %. Diese Veränderung wird im Wesentlichen durch den Anstieg der Milchleistung seit 1990 und die damit verbundenen Änderungen in der Futterzusammensetzung verursacht.

#### 4.3.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$CH_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculate using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestability of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 4.17. The mean digestibility of organic matter (national mean) for 2010 is  $0.74\ MJ\ MJ^{-1}$ , the mean ash content (related to dry matter) amounts to  $0.088\ kg\ kg^{-1}$  (values for 2010).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

Die  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.17. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0,74\ MJ\ MJ^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0,088\ kg\ kg^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Zu maximaler Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktor (MCF) für die einzelnen Lagerungssysteme siehe Table 4.2 in Kapitel 4.2.1.

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

#### 4.3.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions is described in EMEP(2013). For methodology, emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet. Zu Methodik, Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.3.8 N balance and N emissions / N-Bilanz und N-Emissionen

##### 4.3.8.1 N intake / N-Aufnahme

The N intake is calculated as follows:

Die N-Aufnahme wird wie folgt berechnet:

$$m_{\text{feed}} = x_N \cdot \sum_{i=1}^i DM_i \cdot x_{N, XP, i} \quad (4.51)$$

$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen in feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_N$	nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25$ kg kg <sup>-1</sup> )
$DM_i$	amount of dry matter intake with feed constituent i (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see below
$x_{N, XP, i}$	crude protein content of feed constituent i (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below

The dry matter intake rate is calculated in the model (see Chapter 4.3.3). For the protein contents of the diet constituents see Chapter 4.3.4.

The N intake during grazing is assessed using the following relation and data:

Die Trockenmasse-Aufnahme wird modelliert, siehe 4.3.3. Für die Protein-Gehalte der Futterbestandteile wird auf Kapitel 4.3.4 verwiesen.

Die N-Aufnahme beim Weidegang wird mit der folgenden Beziehung beschrieben:

$$m_{\text{graz}} = DM_{\text{rough, graz}} \cdot x_{XP, \text{rough, graz}} \cdot x_N \quad (4.52)$$

$m_{\text{graz}}$	mean nitrogen intake during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$DM_{\text{rough, graz}}$	dry matter intake during grazing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{XP, \text{rough, graz}}$	mean nitrogen content of crude protein XP in feed (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_N$	nitrogen content in XP ( $x_N = 1/6.25$ kg kg <sup>-1</sup> )

##### 4.3.8.2 Overall nitrogen excretion / Gesamtausscheidung von Stickstoff

In the dairy cow model, the overall amount of nitrogen imported into manure management and the pasture includes the organic N shed with hair and dandruff (GrE, 2001). The total amount of N excreted ( $m_{\text{excr}}$ ) is calculated as follows:

Die in das Wirtschaftsdünger-Managementsystem bzw. die Weideflächen eingebrachte N-Menge umfasst beim Milchkuhmodell auch die organische N-Menge aus abgefallenen Hautschuppen und Haaren (GrE, 2001). Die Gesamt-N-Ausscheidung berechnet sich wie folgt:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{faeces}} + m_{\text{urine}} + m_s = m_{\text{feed}} - (m_g + m_l + m_p) \quad (4.53)$$

$m_{\text{excr}}$	amount of N excreted with faeces and urine, including N from losses of hair and skin (in kg cow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted with urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{feed}}$	amount of N taken in with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_g$	amount of N retained in weight gained (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_l$	amount of N exported with milk (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_p$	amount of N excreted in conception products (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_s$	amount of N lost by skin particles and hair (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The calculation of the N balance components is described in DÄMMGEN et al. (2009b). Deviating from this publication the birthweight of a calf is assumed to be 41 kg (arithmetic mean of 40 and 42 kg in KTBL, 2010, pg. 554) and the specific N content of cows and calves is assumed to be 0.0272 kg kg<sup>-1</sup> (LFL, 2006a).

Milk protein (crude protein) contents needed for the calculation of  $m_l$  are listed in Table 4.12. The determination of milk crude protein contents follows the German enactment on milk quality (Milchgüte-Verordnung, BMELF, 1981) where the Kjeldahl method is listed as official reference method in BVL (2012) according to the German Food and Feed Law (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch – LFGB, BMELV, 2011). The Kjeldahl method determines N; measured N contents are multiplied by 6.38 kg kg<sup>-1</sup> to obtain crude protein contents. (In practice, the Kjeldahl method covers the total N content of milk (including the non-protein fraction). Hence the N contents of milk that are back-calculated from the crude protein statistics are unambiguous numbers.)

Zur Berechnung der einzelnen Glieder der N-Bilanz wird auf DÄMMGEN et al. (2009b) verwiesen. Abweichend davon werden das Geburtsgewicht eines Kalbes mit 41 kg (Mittelwert aus 40 und 42 kg in KTBL, 2010, S. 554) und der spezifische N-Gehalt von Kuh und Kalb mit 0,0272 kg kg<sup>-1</sup> (LFL, 2006a) angesetzt.

Die für  $m_l$  benötigten Milcheiweiß-Gehalte (Roheiweiß-Gehalte) sind Table 4.12 zu entnehmen. Die Bestimmung des Roheiweiß-Gehaltes erfolgt gemäß der Milch-Güteverordnung (BMELF, 1981) mithilfe eines in der amtlichen Sammlung von Untersuchungsmethoden (BVL, 2012) zum Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch (LFGB) (BMELV, 2011) vorgeschriebenen Referenzverfahrens zur Bestimmung des Stickstoff-Gehaltes (Kjeldahl-Verfahren). Der so ermittelte N-Gehalt ist mit 6,38 kg kg<sup>-1</sup> zu multiplizieren, um den Roheiweiß-Gehalt zu erhalten. (Das Kjeldahl-Verfahren erfasst praktisch den gesamten Stickstoff der Milch, d.h. auch die Nicht-Eiweiß-Fraktion. Aus den angegebenen Roheiweiß-Gehalten ist deshalb der eindeutige Rückschluss auf die N-Gehalte der Milch möglich.)

#### 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

It would be advantageous to model renal N excretion ( $m_{\text{urine}}$ ) directly to use it as TAN excretion in the inventory (see Chapter 3.3.3.2). However, no simple modelling procedure is available. Renal N excretion cannot satisfactorily be related to the N intake with feed (e.g. KEBREAB et al., 2001, 2002; GEHMAN et al., 2008), because the actual XP digestibility of the feed decreases as the amount of feed increases. In addition, it is not possible to apply the approach developed by Spek et al. (2013) to use data on the milk urea content that is surveyed routinely in milk yield recordings. The reason is that there is no direct link between this differentiated data on milk urea content found in practice and the calculations of feed rations and feed intake with the GAS-EM dairy cow model. Complex models such as Molly require input information that is not normally available (e.g. JOHNSON and BALDWIN, 2008).

Hence the faecal N excretion is calculated first. It is then subtracted from the total N excretion to obtain the renal N excretion, i. e. the TAN excretion. In this context also the N amounts lost by hair and skin (dandruff) are to be subtracted as they previously are added to the total N excretions, see Chapter 4.3.8.2.

Vorteilhaft wäre eine direkte Modellierung des renal ausgeschiedenen N ( $m_{\text{urine}}$ ), das im Inventar mit der TAN-Ausscheidung gleichgesetzt wird (siehe Kapitel 3.3.3.2). Ein einfaches Modell hierfür ist jedoch nicht verfügbar. 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), weil die tatsächliche XP-Verdaulichkeit des Futters mit zunehmender Futtermenge abnimmt. Die Nutzung der in routinemäßigen Milchleistungsprüfungen erhobenen Daten zum Milchlarnstoffgehalt (z. B. mit dem Ansatz von Spek et al., 2013) scheidet aus, da zwischen diesen differenzierten Praxisdaten und den Futterberechnungen des GAS-EM-Milchkuhmodells keine direkte Verbindung hergestellt werden kann. Für komplexe Modelle wie Molly (JOHNSON und BALDWIN, 2008) können die Daten nicht bereit gestellt werden.

Daher wird zunächst die fäkale N-Ausscheidung berechnet, die von der Gesamt-N-Ausscheidung abgezogen wird, um die renale N-Ausscheidung und damit TAN zu erhalten; dabei ist auch die organische N-Menge aus Hautschuppen und Haaren abzuziehen, die zuvor den N-Ausscheidungen zugerechnet worden war, siehe Kapitel 4.3.8.2):

$$m_{\text{urine}} = m_{\text{excr}} - m_{\text{faeces}} - m_s \quad (4.54)$$

$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted in urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excr}}$	amount of N excreted with faeces and urine, including N from losses of hair and skin (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )



$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_s$	amount of N lost by hair and skin (dandruff) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

Faecal N excretion is dominated by microbial XP synthesis in the rumen. The calculation procedure used in the inventory takes into account that a rising feed level leads to a decrease of the effective digestibility of crude protein. The procedure is based on Danish experimental results and is in "good harmony" with similar equations reported in the literature (POULSEN and KRISTENSEN, 1998, pg. 117):

Die fäkale N-Ausscheidung wird von der mikrobiellen XP-Synthese im Pansen bestimmt. Das im Inventar verwendete Berechnungsverfahren berücksichtigt, dass die effektive Rohprotein-Verdaulichkeit mit zunehmender Futtermenge abnimmt. Das Verfahren beruht auf dänischen experimentellen Daten und steht in gutem Einklang mit ähnlichen Verfahren, die in der Literatur berichtet wurden (POULSEN and KRISTENSEN, 1998, S. 117):

$$m_{\text{faeces}} = \alpha \cdot \beta \cdot \left\{ a \cdot \frac{m_{\text{feed}}}{\alpha} + x_N \cdot \left[ b \cdot \frac{DM}{\alpha} + c \cdot \left( \frac{DM}{\alpha} \right)^2 \right] \right\} \quad (4.55)$$

$m_{\text{faeces}}$	N excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 0.001 \text{ kg g}^{-1}$ )
$a$	constant ( $a = 40 \text{ g kg}^{-1}$ )
$m_{\text{feed}}$	N intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_N$	nitrogen content of crude protein ( $x_N = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$b$	constant ( $b = 20 \text{ g kg}^{-1}$ )
$DM$	DM intake (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$c$	constant ( $c = 1.8 \text{ g d pl kg}^{-2}$ )

The amounts of organic N ( $m_{\text{excr, org}}$ ) and TAN ( $m_{\text{excr, TAN}}$ ) are (cf. Chapter 3.3.3.2):

Dabei betragen, vgl. Kapitel 3.3.3.2, die Mengen an organischem N, ( $m_{\text{excr, org}}$ ) und TAN ( $m_{\text{excr, TAN}}$ ):

$$m_{\text{excr, org}} = m_{\text{faeces}} + m_s \quad (4.56)$$

$$m_{\text{excr, TAN}} = m_{\text{urine}} \quad (4.57)$$

$m_{\text{excr, org}}$	total amount of organic N treated as organic N excretions (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_s$	amount of N lost by skin particles and hair (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excr, TAN}}$	amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted with urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The share of TAN of the nitrogen imported into the manure management system from dairy cows amounts to

Der relative TAN-Gehalt der durch die Milchkühe dem Wirtschaftsdünger-Management zugeführten Stickstoffmenge ergibt sich wie folgt:

$$x_{\text{TAN}} = \frac{m_{\text{excr, TAN}}}{m_{\text{excr, TAN}} + m_{\text{excr, org}}} = \frac{m_{\text{urine}}}{m_{\text{urine}} + m_{\text{faeces}} + m_s} \quad (4.58)$$

$x_{\text{TAN}}$	relative content of TAN excreted (in kg kg <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excr, TAN}}$	amount of TAN excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excr, org}}$	total amount of organic N treated as organic N excretions (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{urine}}$	amount of N excreted with urine (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{faeces}}$	amount of N excreted with faeces (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_s$	amount of N lost by skin particles and hair (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

#### 4.3.8.4 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 and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

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 und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

**Table 4.19: Dairy cows, N inputs with straw in solid-manure systems**

Housing type	Haltungssystem	Straw input kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	Dry matter (DM) <sup>c</sup> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N input (in DM) <sup>c</sup> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	TAN <sup>c</sup> kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
tied systems	Anbindehaltung	5.0 <sup>a</sup>	4.3	24.9·10 <sup>-3</sup>	12.5·10 <sup>-3</sup>
loose housing	Laufstall	5.0 <sup>b</sup>	4.3	24.9·10 <sup>-3</sup>	12.5·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 221

<sup>b</sup> Assumption: same value as for “loose housing, sloped floor” (KTBL (2006a), pg. 269); KTBL expert judgement, Brigitte Eurich-Menden

<sup>c</sup> Calculation of DM, N input und TAN according to Chapter 3.3.4.3.2

#### 4.3.8.5 Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide

##### 4.3.8.5.1 N excreted in the house, the milking area and during grazing / N-Ausscheidungen im Stall, im Melkbereich und auf der Weide

Housing, milking area and pasture have different NH<sub>3</sub> emission factors (see Chapter 4.3.8.5.3). Hence, N excretions have to be split into fractions dropped in the respective areas (see also the N low scheme in Chapter 3.3.4.3.1.). The splitting procedure is based on the relative N excretion shares for the house ( $f_{\text{house}}$ ), the milking area ( $f_{\text{milk}}$ ) and grazing ( $f_{\text{graz}}$ ) as derived in the following:

$$f_{\text{graz}} = \frac{\tau_{\text{graz, year}} \cdot [x_{\text{graz, d}} \cdot (\delta - \tau_{\text{milk}}) + x_{\text{graz, h}} \cdot \tau_{\text{graz, h}}]}{\alpha \cdot \delta} \quad (4.59)$$

$$f_{\text{milk}} = \frac{\tau_{\text{milk}}}{\delta} \quad (4.60)$$

$$f_{\text{house}} = 1 - f_{\text{graz}} - f_{\text{milk}} \quad (4.61)$$

$f_{\text{graz}}$	fraction of N excreted on pasture (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{graz, year}}$	annual duration of the grazing period (in d a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{graz, d}}$	fraction of the dairy cow population kept outdoors all day (an an <sup>-1</sup> )
$\delta$	time units conversion factor ( $\delta = 24 \text{ h d}^{-1}$ )
$\tau_{\text{milk}}$	daily duration of milking (in h d <sup>-1</sup> )
$x_{\text{graz, h}}$	fraction of the dairy cow population kept outdoors part of day (an an <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{graz, h}}$	daily duration of grazing (in h d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$f_{\text{milk}}$	fraction of N excreted during milking (in kg kg <sup>-1</sup> )
$f_{\text{house}}$	fraction of N excreted in the house (in kg kg <sup>-1</sup> )

The daily duration of milking is assumed to be  $\tau_{\text{milk}} = 3.5 \text{ h d}^{-1}$ . For the parameters describing grazing see Chapter 3.4.3.2.7.

No specific emission factors are available for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> from manure management in the dairy parlour. Therefore the calculation of these emissions is treated in the same way as for NH<sub>3</sub> emissions, where N excretion rates in both the dairy parlour and animal house are combined.

The emissions of N<sub>2</sub>O from agricultural soils resulting from N inputs of grazing animals are calculated separately in Chapter 11.5.

Stall, Melkbereich und Weide weisen unterschiedliche NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren auf (siehe Kapitel 4.3.8.5.3). Daher ist eine Aufteilung der N-Ausscheidungen auf diese drei Bereiche erforderlich (siehe auch das N-Fluss-Schema, Kapitel 3.3.4.3.1). Diese Aufteilung erfolgt mithilfe der nachstehenden relativen Ausscheidungsanteile für Stall ( $f_{\text{house}}$ ), Melkbereich ( $f_{\text{milk}}$ ) und Weide ( $f_{\text{graz}}$ ):

Für die Melkdauer wird  $\tau_{\text{milk}} = 3,5 \text{ h d}^{-1}$  angenommen. Bzgl. der Daten zur Weidehaltung siehe Kapitel 3.4.3.2.7.

Für Emissionen von N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management gibt es keinen spezifischen Melkbereich-Emissionsfaktor. Daher wird für die Berechnung dieser Emissionen wie bei den NH<sub>3</sub>-Emissionen die N-Ausscheidung in Stall und Melkbereich zusammengefasst.

Die Emissionen von N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlichen Böden infolge von tierischen N-Ausscheidungen auf der Weide erfolgt separat in Kapitel 11.5.

#### 4.3.8.5.2 *Housing types and duration of grazing / Stalltypen und Dauer des Weidegangs*

Information on the frequency distribution of the various housing systems and the duration of grazing is obtained from RAUMIS and the respective data supplied by the official statistics (see Chapter 3.4.3).

Die Angaben zur Verteilung der verschiedenen Stallformen und zur Dauer der Weidehaltung werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus der Agrarstatistik entnommen (siehe Kapitel 3.4.3).

#### 4.3.8.5.3 *Partial emission factors "housing and grazing" / Partielle Emissionsfaktoren „Stall und Weide“*

Partial  $\text{NH}_3\text{-N}$  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 Stallssysteme angesetzten partiellen  $\text{NH}_3\text{-N}$ -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  $\text{NH}_3\text{-N}$  from housing (related to TAN)**

Housing type		Haltungssystem		$EF_{\text{house}}$ (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
tied systems	slurry based	Anbindehaltung	güllebasiert	0.066
	straw based		strohbasier	0.066
loose housing	slurry based	Laufstall	güllebasiert	0.197
	straw based		strohbasier	0.197

Source: see text

The  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for dairy parlour is assumed to equal that of loose housing ( $EF_{\text{milk}} = 0.197 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN).

The  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for grazing is  $0.10 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ , related to TAN excreted (EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7).

$\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.5. For further details see Chapters 3.3.4.3.5 and 4.3.8.5.1.

Der  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor für den Melkbereich wird dem für Laufställe gleichgesetzt ( $EF_{\text{milk}} = 0,197 \text{ kg kg}^{-1}$ , bezogen auf TAN).

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor  $0,10 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  (EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  werden nach Kapitel 11.5 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.3.4.3.5 und 4.3.8.5.1.

#### 4.3.8.6 *Emissions during storage / Emissionen aus dem Lager*

Storage of slurry distinguishes storage underneath the slatted floor from storage in a separate slurry tank within the house as well as from several different outdoor storage systems. Emissions from separate slurry tanks within houses are dealt with in the same way as outdoor tanks with solid covers.

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

The emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from storage are given in Chapter 4.2.2.1 (Table 4.4 and Table 4.5).

$\text{NO}$  emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Bei der Gülle-Lagerung wird zwischen Lagerung im Stall unter dem Spaltenboden, der Lagerung im separaten Güllekeller unter dem Stall und zwischen mehreren Formen des Außenlagers unterschieden. Separate Güllekeller werden wie Außenlager mit fester Abdeckung behandelt.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus dem Lager wird auf Kapitel 4.2.2.1 (Table 4.4 und Table 4.5) verwiesen.

$\text{NO}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.3.8.7 *Indirect $\text{N}_2\text{O}$ from manure management / Indirektes $\text{N}_2\text{O}$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 4.3.8.8 Emissions during spreading / Emissionen bei der Ausbringung

The emission factors of  $\text{NH}_3$  for the different spreading techniques and times before incorporation are given in Chapter Kapitel 4.2.2.3.

The frequency distribution of spreading techniques and times before incorporation is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

Für die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

Die Häufigkeitsverteilungen der Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

#### 4.3.8.9 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

The  $\text{NH}_3$  emissions from animal husbandry are reported in three different source categories:

- Emissions from housing and storage as emissions from manure management (separately for each animal category),
- emissions from manure spreading (as a total for all animals), and
- emissions from grazing (as a total for all animals which are grazed).

The uncertainties (half the 95 % confidence interval) of the emission factors area needed separately for each of these three source categories in order to enable the calculation of the total uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission-inventory. As no national data are available for these uncertainties, they need to be estimated as described in the following.

The uncertainty of the emission factor for “manure management” (housing plus storage) is assumed to be 36 % (half the 95 % confidence interval, normal distribution), see Chapter 14.5.

EMEP (2016)-3B-35 quotes an investigation made in the UK that estimates the uncertainty of the emission factor for spreading of slurry to be  $\pm 14$  %. EMEP (2007)-B1090-19 gave an uncertainty of 30 % for Tier 1 emission factors. In a conservative way it is assumed in the inventory that the uncertainty provided by EMEP is adopted i. e. 30 % for half the 95 % confidence interval of the  $\text{NH}_3$  emission factor for spreading. A normal distribution is assumed.

For the uncertainty of  $\text{NH}_3$  emissions originating from grazing, the British study mentioned above obtained an uncertainty of  $\pm 136$  % for “beef cattle grazing” (see EMEP (2016)-3B-35). based on this the German inventory assumes an uncertainty of factor 2.5 for the  $\text{NH}_3$  emission factors for all grazing animals. This is equivalent to -60 % and +150 % as limits of the 95 % confidence interval. The unreasonable information “-136 %” is ignored. A lognormal distribution is assumed. In accordance with the guidance for greenhouse gases in IPCC (2006)-3.29, the total uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emissions in the German inventory is quantified in Chapter 14.7 using the larger of the two intervals [2,5 % percentile; mean] und [mean; 97,5 % percentile], i. e. 150 %.

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 14.4.1.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Tierhaltung werden in drei getrennten Quellkategorien berichtet:

- Emissionen aus Stall und Lager unter „Wirtschaftsdünger-Management“ getrennt nach Tierkategorien,
- Emissionen aus der Ausbringung für alle Tier zusammengefasst, und
- Emissionen aus dem Weidegang für alle weidenden Tiere zusammengefasst.

Die Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) der Emissionsfaktoren wird getrennt für jede dieser drei Quellkategorien benötigt, um in Kapitel 14.7 die Gesamt-unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Inventars ermitteln zu können. Da nationale Daten für diese Unsicherheiten nicht verfügbar sind, müssen sie geschätzt werden, wie im Folgenden beschrieben wird.

Die Unsicherheit des Emissionsfaktors für „Wirtschaftsdünger-Management“ (Stall und Lager zusammen) wird mit 36 % angesetzt (halbes 95 %-Konfidenzintervall, Normalverteilung), siehe Kapitel 14.5.

EMEP (2016)-3B-35 zitiert eine britische Untersuchung, in der die Unsicherheit des Emissionsfaktors für die Ausbringung von Gülle bei  $\pm 14$  % liegt. EMEP (2007)-B1090-19 gab für Stufe-1-Emissionsfaktoren eine Unsicherheit von 30 % an. In konservativer Weise wird im Inventar für den  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor der Ausbringung die EMEP-Unsicherheit von 30 % angenommen (halbes 95 %-Konfidenzintervall, Normalverteilung).

Zur Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für Weidegang gibt die oben erwähnte britische Studie laut EMEP (2016)-3B-35 eine Unsicherheit von  $\pm 136$  % für „beef cattle grazing“ an. Davon ausgehend nimmt das deutsche Inventar für alle weidenden Tiere einen  $\text{NH}_3$ -EF-Unsicherheitsfaktor von 2,5 an, d.h. -60 % und +150 % als Grenzen für das 95 %-Konfidenzintervall. Dabei wird die unsinnige Angabe „-136 %“ ignoriert. Es wird eine lognormale Verteilung angenommen. Entsprechend der Vorgabe für Treibhausgase in IPCC (2006)-3.29, wird für die Gesamtunsicherheitsberechnung des deutschen landwirtschaftlichen  $\text{NH}_3$ -Inventars in Kapitel 14.7 von den beiden Intervallen [2,5 %-Perzentil; Mittelwert] und [Mittelwert; 97,5 %-Perzentil] das größere, d. h. 150 % verwendet.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 14.4.1 verwiesen.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

For the uncertainty of the indirect N<sub>2</sub>O emission factors see Chapter 12.1.

The uncertainty of the activity data (amounts of N) is derived from the standard error of 10 % given in DÄMMGEN et al. (2009b). This leads to half a 95 % confidence interval of 20 %. Normal distribution is assumed.

4.3.9 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 4.21. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors des depositionsbedingten indirekten N<sub>2</sub>O siehe Kapitel 12.1.

Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten (N-Mengen) wird in Anlehnung an DÄMMGEN et al. (2009b) mit einem Standardfehler von 10 % angesetzt, d. h. 20 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 4.21 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Table 4.21: Dairy cows, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.94	0.43	0.28
slurry based	güllebasierend	1.81	0.83	0.54

Source: EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6 (with TSP = ID [inhalable dust])

Information on the frequency distribution of the various housing systems and the duration of grazing is obtained from RAUMIS and the respective data supplied by the official statistics (see Chapter 3.4.3).

Die Angaben zur Verteilung der verschiedenen Stallformen und zur Dauer der Weidehaltung werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus der Agrarstatistik entnommen (siehe Kapitel 3.4.3).

4.3.10 International comparison / Internationaler Vergleich

As an element of quality assurance it would be necessary to validate the German emission inventory with the help of independent data (measurements, calculations). Due to the lack of such independent data a comparison is made between German input data and emission results on the one hand and, on the other hand, default values (IPCC, 2006; EMEP, 2013, 2016) and respective data of European countries that are neighbored or whose agricultural practice can be compared with German conditions.

At the time the German emissions reporting 2018 was being prepared, the results of the other countries' emission reporting 2018 were not yet available. Consequently, the other countries' data have been taken from their 2017 submissions, and the international comparison is performed for 2015.

Als Element der Qualitätssicherung wäre es sinnvoll, das deutsche Emissionsinventar mit Daten zu validieren, die unabhängig von den Eingangsdaten und Ergebnissen des Inventars erhoben wurden. Mangels solcher unabhängigen Daten erfolgt ein Vergleich von deutschen Eingangsgrößen und Emissionsergebnissen mit IPCC (2006)- und EMEP (2013, 2016)-Standardwerten (Defaults) sowie entsprechenden Daten europäischer Staaten, die benachbart sind oder deren landwirtschaftliche Praxis mit der deutschen vergleichbar ist.

Bei Erstellung der deutschen Emissionsberichterstattung 2018 waren die Ergebnisse der Emissionsberichterstattung 2018 der anderen Länder noch nicht bekannt. Daher wurde für diese Länder auf Daten der Berichterstattung 2017 zurückgegriffen. Der internationale Vergleich wird daher für 2015 durchgeführt.

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 governing parameters. Mean daily milk yield of German dairy cows is calculated by dividing the annual milk yield by 365.

Table 4.22 zeigt die Vergleichsdaten für die Emissionen aus der Verdauung mit wichtigen Einflussgrößen. Die durchschnittliche deutsche Tagesmilchleistung ergibt sich dabei aus der Jahresleistung dividiert durch 365.

**Table 4.22: Dairy cows, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors of CH<sub>4</sub> from enteric fermentation**

	IEF <sub>CH<sub>4</sub></sub> enteric ferment.	GE intake	milk yield	animal weight	digestibility of energy	methane con- version rate
	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	kg an <sup>-1</sup>	%	MJ MJ <sup>-1</sup>
Austria	130.47	306.03	18.02	700	70.69	0.0650
Belgium	143.27	358.08	21.41	600	75.14	0.0610
Czech Republic	142.90	335.18	21.92	590	67.00	0.0650
Denmark <sup>a</sup>	154.35	392.22	25.74	580	71.00	0.0600
France	123.13	306.19	19.35	678	NE	0.0613
<b>Germany</b>	<b>135.90</b>	<b>327.89</b>	<b>20.90</b>	<b>650</b>	<b>71.48</b>	<b>0.0632</b>
Netherlands	129.07	286.72	NA	NE	NA	0.0579
Poland	122.23	286.72	15.22	500	63.30	0.0650
Switzerland	137.39	303.57	23.10	650	72.19	0.0690
United Kingdom	130.04	299.83	21.11	608	74.52	0.0650
IPCC(2006)-10.15 to 10.21, 10.29, 10.72	117	Equations 10.3-10.16	16.44 <sup>b</sup>	600	70	0.065

Source: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables  
 NE, NA: No data available for different reasons  
<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island  
<sup>b</sup> IPCC milk yield: calculated from 6000 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>

Of the ten countries compared Denmark has the highest and Poland the lowest IEF. The German IEF is located in the middle range. This holds for GE intake and milk yield as well.

With regard to methane conversion factors, four countries (Austria, the Czech Republic, Poland and the United Kingdom) used the default IPCC of 6.5 %. The Swiss value is significantly higher than the IPCC default value. For Belgium, Denmark, France, Germany and the Netherlands, the energy conversion factor is lower than the IPCC default value, with the German value closest to the IPCC default value.

The Austrian dairy cow weight of 700 kg marks the maximum animal weight, while the lowest animal weight is reported by Poland with 500 kg. The German weight is, along with France and Switzerland, in the upper range.

As to the digestibility the German value is on the level of the median.

For the methane conversion factor a number of countries used the IPCC default value of 6.5 %. Among the other countries the values provided by Belgium, Denmark, France, The Netherlands and Germany are lower than the IPCC default where, however, the German value is nearest to the IPCC default. The Swiss value is significantly higher than the IPCC default.

The IPCC default values for IEF and milk yield are obviously too low when compared to the mean values formed from the respective data reported by the countries considered for 2015.

Von den zehn Vergleichsländern hat Dänemark den höchsten und Polen den niedrigsten IEF. Deutschland liegt mit seinem IEF im mittleren Bereich. Dies gilt auch für GE-Aufnahme und Milchleistung.

Im Hinblick auf die Methanumwandlungsfaktoren ist festzustellen, dass vier Länder (Österreich, Tschechien, Polen und das Vereinigte Königreich) den IPCC-Defaultwert von 6,5 % verwendet haben. Der Schweizer Wert ist deutlich höher als der IPCC-Defaultwert. Bei Belgien, Dänemark, Frankreich, Deutschland und den Niederlanden liegt der Methanumwandlungsfaktor unter dem IPCC-Defaultwert, wobei der deutsche Wert dem IPCC-Defaultwert noch am nächsten kommt.

Österreich liegt mit einem Tiergewicht von 700 kg am oberen Ende der Skala, während das untere Ende durch Polen mit 500 kg markiert wird. Deutschland liegt mit Frankreich und der Schweiz im oberen Bereich.

Bei der Verdaulichkeit liegt Deutschland auf dem Niveau des Medians.

Beim Methanumwandlungsfaktor verwenden einige Länder den IPCC-Defaultwert von 6,5 %. Bei den übrigen Ländern liegen die Werte von Belgien, Dänemark, Frankreich, Niederlande und Deutschland unter dem IPCC-Defaultwert, wobei der deutsche Wert dem IPCC-Defaultwert noch am nächsten kommt. Der Schweizer Wert liegt dagegen deutlich höher als der IPCC-Defaultwert.

Es wird deutlich, dass die IPCC-Defaultwerte für IEF und Milchleistung im Vergleich mit dem mittleren Niveau der betrachteten Länder von 2015 zu niedrig sind.

#### 4.3.10.2 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

Table 4.23 summarizes CH<sub>4</sub> emissions (IEF) from manure management and some governing parameters. According to the CRF Tables the percentages of liquid systems and the pertinent MCF values relate only to liquid systems that do not encompass the option for anaerobic digestion of slurry.

Table 4.23 zeigt den IEF für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management sowie wichtige Einflussgrößen. Entsprechend der CRF-Vorgabe beziehen sich die prozentualen Anteile von Flüssigmistsystemen und die entsprechenden MCF-Werte nur auf Flüssigmistsysteme, deren Gülle nicht in einer Biogasanlage vergoren wird.



The German IEF is in the order of magnitude of the span of default values provided by IPCC. It therefore is in the middle range of all countries compared even if the calculated daily VS excretion per animal place in Germany is the lowest one of the values listed. This apparent discrepancy is mainly due to the fact that the German MCF of liquid systems is significantly higher than the mean value of all countries. Only Belgium, The Netherlands and Poland have higher MCF values than Germany by using the IPCC default value.

Deutschland liegt mit dem IEF in der Größenordnung der IPCC-Defaultwertspanne und damit auch im mittleren Bereich der verglichenen Länder, obwohl die berechnete tägliche VS-Ausscheidung pro Tierplatz das untere Ende der Skala markiert. Ein wesentlicher Grund für diese scheinbare Diskrepanz ist, dass der deutsche MCF von Flüssigsystemen deutlich über dem Mittelwert der verglichenen Länder liegt. Nur Belgien, Niederlande und Polen weisen - durch die Verwendung von IPCC-Defaultwerten - noch höhere MCF-Werte auf.

**Table 4.23: Dairy cows, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors of CH<sub>4</sub> from manure management**

	IEF <sub>CH<sub>4</sub></sub> manure management kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	VS excreted kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	Liquid systems (without anaerobic digestion)	
			frequency	MCF
			%	%
Austria	11.87	4.92	32.20	8.72
Belgium	29.13	5.13	n/a	57.00
Czech Republic	21.76	6.18	27.00	17.00
Denmark <sup>a</sup>	23.96	6.71	77.20	4.82
France	22.65	4.18	40.85	20.68
<b>Germany</b>	<b>20.75</b>	<b>4.05</b>	<b>52.73</b>	<b>15.31</b>
Netherlands	42.22	4.70	84.88	17.00
Poland	11.87	5.82	10.53	17.00
Switzerland	28.35	4.82	69.81	13.71
United Kingdom	17.39	4.41	37.02	11.40
IPCC(2006)-10.38, 10.77, Western Europe, cool region, 10°C/11°C	11.87	4.92	32.20	8.72

Source: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables

n/a: not available

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

#### 4.3.10.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

Table 4.24 shows the N excretions (total N excretion including amounts of N excreted on pasture, in the milking parlour etc.) as well as the IEF for NH<sub>3</sub> from manure management.

The IPCC default value for N excretion seems to be too low for most countries in Central Europe.

The NH<sub>3</sub> IEF is based on the current EMEP Guidebook (EMEP, 2016); hence it comprises the emissions from housing plus storage but not from spreading. As this IEF is not directly reported it had to be calculated for all other countries than Germany from reported NH<sub>3</sub> emissions and animal numbers. The German NH<sub>3</sub> IEF is in the middle range of all countries. The French and Polish IEFs are comparatively high; maybe those two countries still followed the former Guidebook (EMEP, 2013) and included NH<sub>3</sub> emissions during spreading. For sake of better comparability, Table 4.24 provides the default IEFs both from EMEP (2013) and EMEP (2016).

As to the IEF values for direct N<sub>2</sub>O from manure management, the extremely high value reported by the Czech Republic is probably due to a calculation or transcription error. The two very low IEF values (France and Switzerland) cannot be explained with the data available. The IEF values of the other countries are in the range of 0.516 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (United Kingdom) to 1.013 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Denmark). The German IEF is located in the middle range of these countries, about comparable to the IEF of Belgium.

Table 4.24 zeigt die Gesamt-N-Ausscheidungen (ohne Abzug für Weidegang, Melkstall o. ä.) sowie den IEF für NH<sub>3</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der IPCC-Defaultwert für die N-Ausscheidung liegt für die meisten Länder in Mitteleuropa zu niedrig.

Der NH<sub>3</sub>-IEF umfasst nach dem aktuellen EMEP Guidebook (EMEP, 2016) die Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management *ohne* Ausbringung. Da der IEF nicht direkt berichtet wird, musste er für alle Länder außer Deutschland aus berichteten NH<sub>3</sub>-Emissionen und Tierzahlen berechnet werden. Der deutsche NH<sub>3</sub>-IEF liegt im mittleren Bereich des Vergleichsspektrums. Die IEFs von Frankreich und Polen sind vergleichsweise hoch; möglicherweise folgten diese Länder noch dem früheren Guidebook (EMEP (2013) und bezogen die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Ausbringung in den IEF mit ein. Zur besseren Vergleichbarkeit zeigt Table 4.24 die IEFs aus EMEP (2013) und EMEP (2016).

Bei den IEFs für direktes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management stellt der extrem hohe tschechische Wert mit großer Wahrscheinlichkeit einen Berechnungs- oder Übertragungsfehler dar. Auch die beiden sehr niedrigen Werte (Frankreich und Schweiz) lassen sich mit vorliegenden Daten nicht erklären. Die übrigen Länder liegen im Bereich von 0,516 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Vereinigtes Königreich) bis 1,013 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Dänemark). Deutschland liegt dabei im Mittelfeld, etwa gleichauf mit Belgien.



**Table 4.24: Dairy cows, 2015, international comparison of total N excretions and implied emission factors of NH<sub>3</sub> from manure management (housing and storage, without spreading)**

	N excreted (incl. grazing)	number of animals	NH <sub>3</sub> emission	IEF <sub>NH<sub>3</sub></sub>	IEF <sub>N<sub>2</sub>O, direct</sub>
	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	1000 pl	(manure management without spreading) Gg a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	101.7	537.7	7.25	13.48	0.701
Belgium	357.0	603.4	3.91	6.49	0.772
Czech Republic	132.5	580.0	12.66	21.83	2.964
Denmark <sup>a</sup>	143.4	561.0	7.24	12.91	1.013
France	113.7	3657.5	116.01	31.72	0.150
<b>Germany</b>	<b>120.3</b>	<b>4284.6</b>	<b>65.89</b>	<b>15.38</b>	<b>0.779</b>
Netherlands	76.8	1621.8	18.91	11.66	IE
Poland	n/a	2444.5	71.21	29.13	0.585
Switzerland	115.35	583.3	11.54	19.79	0.135
United Kingdom <sup>b</sup>	127.6	3353.4	43.72	13.04	0.516
IPCC(2006)-10.59 <sup>c</sup>	105.1				
EMEP(2013)-3B-27 & 14	105			28.7 to 39.3	
EMEP(2016)-3B-29 & 16	105			16.9 to 19.2	

Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables; CEIP (2017) NFR Table

n/a: not available; IE: included elsewhere

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

<sup>b</sup> United Kingdom: N excretion for dairy cows, all other data for dairy cattle, which is dairy cows plus all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)

<sup>c</sup> IPCC N excretion: calculated using the IPCC default animal weight (600 kg)

#### 4.3.10.4 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The IEF differences of TSP and PM illustrate the influence of the shares of straw-based and slurry-based systems which differ from country to country. Differences in grazing times contribute as well, because no TSP and PM emissions are calculated for grazing times.

The German results for TSP and PM are located in the upper range of the data listed, generally 7 to 8 % above the EMEP default values. For NMVOC Germany uses the EMEP default for „with silage feeding“. An international comparison of the NMVOC IEF values is hardly possible as only Germany and three other countries reported results.

In den IEF-Unterschieden für TSP und PM kommen von Land zu Land unterschiedliche Anteile stroh- und güllebasierter Systeme zum Ausdruck. Auch Unterschiede in der Weidegangdauer wirken sich aus, da für Weidegang keine TSP-/PM-Emissionen berechnet werden.

Deutschland liegt bei TSP und PM im oberen Bereich der Vergleichsspektrums, dabei generell um 7 bis 8 % über den EMEP-Defaultwerten. Bei NMVOC verwendet Deutschland den EMEP-Defaultwert „with silage feeding“. Ein internationaler Vergleich der NMVOC-IEF-Werte ist kaum möglich, da nur drei andere Länder außer Deutschland Angaben machen.

**Table 4.25: Dairy cows, 2015, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC**

	IEF <sub>TSP</sub>	IEF <sub>PM10</sub>	IEF <sub>PM2.5</sub>	IEF <sub>NMVOC</sub>
	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	IE	IE	IE	NA
Belgium	1.01	0.46	0.30	8.84
Czech Republic	1.38	0.63	0.41	NE
Denmark <sup>a</sup>	1.64	0.76	0.49	17.45
France	0.93	0.42	0.28	IE
<b>Germany</b>	<b>1.48</b>	<b>0.68</b>	<b>0.44</b>	<b>17.94</b>
Netherlands	0.13	0.13	0.04	NE
Poland	0.89	0.40	0.01	NA
Switzerland	0.39	0.39	0.06	NE
United Kingdom <sup>b</sup>	1.38	0.63	0.41	9.51
EMEP(2013)-3B-17, 16; EMEP(2016)-3B-19, 18	1.38	0.63	0.41	17.94 (feeding with silage)

Source: Germany: Submission 2018; all other countries: CEIP (2017), NFR; IEFs calculated from original data

NA, NE, IE: No data available for different reasons

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

<sup>b</sup> United Kingdom: Data for dairy cattle, which is dairy cows plus all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)

4.3.11 *References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung*

**Table 4.26: Dairy cows, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.01	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.01	
		NM VOC	EM1007.01	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.01	EM1009.03
		N <sub>2</sub> O	EM1009.91	
		NO	EM1009.121	
		TSP	EM1010.01	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.31	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.61	
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	IEF1007.01	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.01	IEF1009.03
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.85	
		NO	IEF1009.113	
		TSP	IEF1010.01	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.29	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.57	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.01	AI1005CAT.35
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.01	EXCR.05

## 4.4 Calves / Kälber

Calves can be brought up for replacement and for fattening. Fattening calves grow faster than calves for replacement. Therefore they show higher emissions per animal and unit of time. Due to lack of data, the relative shares of both subcategories cannot be separated. In the inventory all calves are treated as fattening calves. This is a „worst case“ estimate.

The animal category „calves“ used in the inventory comprises all cattle with weights below 125 kg an<sup>-1</sup> up to an age of 4 months. In the inventory the animal category „calves“ is part of the category „other cattle“, see also Chapter 4.9.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.27.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Kälber können der Aufzucht oder der Mast dienen. Mastkälber wachsen schneller als Kälber zur Aufzucht und weisen damit auch höhere Emissionen pro Tier und Zeiteinheit auf. Mangels Daten können die relativen Anteile beider Gruppen nicht abgegrenzt werden. Im Inventar werden im Sinne einer „worst-case“-Schätzung alle Kälber als Mastkälber angesehen.

Die im Inventar verwendete Tierkategorie „Kälber“ umfasst dabei alle Rinder mit einem Gewicht unter 125 kg an<sup>-1</sup> und jünger als 4 Monate. Sie sind eine Untergruppe der Gruppe der „übrigen Rinder“, siehe auch Kapitel 4.9.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.27 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 4.27: Calves, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 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.

As of 2009 official statistics count calves up to an age of 8 months; before 2009 the threshold was 6 months. In spite of that the inventory has a category „calves“ comprising young cattle up to an age of only 4 months. The numbers of calves in the inventory category „calves“ is derived from the official counts using the forementioned thresholds of age, see below. The remaining calves of the official statistics are attributed to the numbers of heifers and male beef cattle, 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 Officialstatistik erfasst seit 2009 Kälber bis zu einem Alter von 8 Monaten, davor bis zu einem Alter von 6 Monaten. Im Inventar umfasst die Kategorie „Kälber“ aber nur Tiere bis zu einem Alter von 4 Monaten. Deren Anzahl wird unter Verwendung der vorgenannten Altersgrenzen aus den Daten der Officialstatistik abgeleitet, siehe unten. Die damit nicht in die Inventarkategorie „Kälber“ fallenden Kälber der Officialstatistik werden den Färsen und den männlichen Mastrindern zugeschlagen, siehe Kapitel 4.5 und 4.6.

$$n_{ca} = x_{ca} \cdot n_A \quad (4.62)$$

$n_{ca}$	number of calves considered in the inventory category „calves“
$x_{ca}$	fraction ( $x_{ca} = 4/8$ as of 2009; $x_{ca} = 4/6$ before 2009)
$n_A$	number of calves in the German census (see Table 4.1)

For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1.

Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Kapitel 4.1.

#### 4.4.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The birth weight is of the inventory category „calves“ assumed to be 41 kg an<sup>-1</sup>, the final weight is defined by 125 kg an<sup>-1</sup> (DÄMMGEN ET AL., 2013). The mean live weight is estimated by the arithmetic mean (83 kg an<sup>-1</sup>).

Das Anfangsgewicht der Inventarkategorie „Kälber“ wird mit 41 kg an<sup>-1</sup> angesetzt, das Endgewicht mit 125 kg an<sup>-1</sup> (DÄMMGEN ET AL., 2013). Das mittlere Gewicht wird durch arithmetische Mittelung geschätzt: 83 kg an<sup>-1</sup>.

#### 4.4.2 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 N excretion is given as standard value, cf. Chapter 4.4.6.1.

Nevertheless, dry matter intake was calculated for reporting purposes: Amounts of colostrum, milk, concentrates, hay and silage fed as provided in Table 1 in Dämmgen et al. (2013) were multiplied with the pertinent dry matter contents given in Table 3 in Dämmgen et al. (2013). The overall dry matter content of concentrates was calculated using the mean composition of concentrates displayed in Table 2 in Dämmgen et al. (2013). The resulting dry matter intake is 681.5 kg per place and year.

For a lifespan of 18 weeks (126 days), DÄMMGEN ET AL. (2013) calculate a GE intake of 4632 MJ. This value can be transformed into an annual value of 13418 MJ for a continually used animal place.

Die Futteraufnahme wird für die Ermittlung der ausgeschiedenen N-Menge von Bedeutung. Die Berechnung mithilfe von Energiebedarf und Energiegehalt des Futters entfällt hier aber, da für die N-Ausscheidung ein Standardwert eingesetzt wird, siehe Kapitel 4.4.6.1.

Allerdings wurde für Berichtszwecke die Trockenmasseaufnahme berechnet: Die laut Tabelle 1 in Dämmgen et al. (2013) verfütterten Mengen an Kolostrum, Milch, Kraftfutter, Heu und Silage wurden mit den zugehörigen Trockenmassegehalten (aus Tabelle 3 in Dämmgen et al., 2013) multipliziert. Der effektive Trockenmassegehalt des Kraftfutters wurde anhand der in Tabelle 2 in Dämmgen et al. (2013) angegebenen mittleren Kraftfutterzusammensetzung berechnet. Die jährliche Trockenmasseaufnahme ergab sich zu 681,5 kg pro Platz.

DÄMMGEN ET AL. (2013) geben für eine Lebensdauer von 18 Wochen (126 Tage) eine GE-Aufnahme von 4632 MJ an. Auf 365 Tage umgerechnet ergibt sich daraus die GE-Jahresaufnahme pro kontinuierlich besetztem Tierplatz mit 13418 MJ.

#### 4.4.3 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 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter for a lifespan of 18 weeks (126 days)) and the CH<sub>4</sub> conversion factor  $x_{CH_4, GE}$  as input (0.041 MJ MJ<sup>-1</sup> according to DÄMMGEN ET AL. (2013), S. 43).

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.4.2) mithilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet. Dieser beträgt nach DÄMMGEN ET AL. (2013), S. 43, 0,041 MJ MJ<sup>-1</sup>.

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar. IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.4.4 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 3.3.4.1.

For a lifespan of 18 weeks (126 days), DÄMMGEN ET AL. (2013) calculate a VS excretion of 52.1 kg. This value can be transformed into an annual value of 151 kg for a continually used animal place. This annual value differs from the annual value of 144.1 kg given in DÄMMGEN ET AL. (2013), because the latter is based on calculations using an vacancy time of 7 days per round. However, that is not the way the inventory takes account of vacancy times, as vacancy times are considered in an implicit way, see Chapter 3.1.2.2.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the manure storage systems are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1). In earlier years calves were kept in straw based tied systems or in deep litter systems. Since 2003 (ban of tied systems) calves are kept solely in deep litter systems. The frequencies of these systems have been estimated by ex-

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Dämmgen et al. (2013) geben für eine Lebensdauer von 18 Wochen (126 Tage) eine VS-Ausscheidung von insgesamt 52,1 kg an. Daraus ergeben sich jährlich 151 kg auf einem kontinuierlich besetztem Tierplatz. Dieser Wert unterscheidet sich von dem in Dämmgen et al. (2013) angegebenen Jahreswert (144,1 kg), der unter Berücksichtigung einer Leerstandszeit von 7 Tage je Durchgang berechnet wurde. Leerstandszeiten werden im Inventar aber auf andere Weise, d. h. implizit, berücksichtigt, siehe Kapitel 3.1.2.2.

Die maximale Methan-Freisetzungs Kapazität  $B_0$  sowie die Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) der Lager-systeme sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen. Kälber wurden in früheren Jahren in strohbasierter Anbindehaltung oder auf Tiefstreu gehalten. Seit 2003 erfolgt die Haltung aufgrund des Verbots der Anbindehaltung ausschließlich auf Tiefstreu. Die Häufigkeitsver-

pert judgment, see Chapter 3.4.3.2.1. In the inventory it is assumed that calves do not graze.

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

#### 4.4.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions is described in EMEP(2013). For methodology, emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

teilung dieser Systeme wurde durch ein Expertenurteil abgeschätzt, siehe Kapitel 3.4.3.2.1. Weidegang ist im Inventar nicht vorgesehen.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet. Zu Methodik, Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.4.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of N<sub>org</sub> and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N<sub>org</sub> und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.4.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

For a lifespan of 18 weeks (126 days), DÄMMGEN ET AL. (2013) calculate an excretion of N of 7.0 kg. This excretion can be transformed by multiplying with 365/126 into an annual value of 20.3 kg for a continually used animal place. This annual value differs from the annual value of 19.3 kg given in DÄMMGEN ET AL. (2013), because the latter is based on calculations using an vacancy time of 7 days per round. However, vacancy times are taken into account differently by the inventory, i. e. in an implicit way, see Chapter 3.1.2.2.

The relative TAN content of the N excretions is assumed to be 0.64 kg kg<sup>-1</sup> (as calculated by DÄMMGEN ET AL. (2013)).

Dämmgen et al. (2013) berechnen für eine Lebensdauer von 18 Wochen (126 Tage) eine N-Ausscheidung von 7,0 kg. Auf 365 Tage umgerechnet ergibt sich die N-Jahresausscheidung pro kontinuierlich besetztem Tierplatz mit 20,3 kg. Dieser Wert unterscheidet sich von dem in Dämmgen et al. (2013) angegebenen Jahreswert (19,3 kg), der unter Berücksichtigung einer Leerstandszeit von 7 Tage je Durchgang berechnet wurde. Leerstandszeiten werden im Inventar aber auf andere Weise, d. h. implizit, berücksichtigt, siehe Kapitel 3.1.2.2.

Der relative Anteil von TAN an der N-Ausscheidung wird mit 0,64 kg kg<sup>-1</sup> aus DÄMMGEN ET AL. (2013) übernommen.

##### 4.4.6.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

N inputs with straw are taken into account. The properties of straw are given in Chapter 3.3.4.3.2. All straw N is considered to be organic N, of which 50 % may mineralize to TAN during storage.

The amount of bedding material is 2.5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> fresh matter is (KTBL, 2006b, pg. 425, mean of the two data sets for "Tiefstreustall" [deep litter]) or 12.5 · 10<sup>-3</sup> kg N (pl · d)<sup>-1</sup> or 6.2 · 10<sup>-3</sup> kg TAN (pl · d)<sup>-1</sup>.

Der N-Eintrag mit Einstreu (Stroh) wird berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2. Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

Die Frischmasse der Einstreu beträgt 2,5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (KTBL, 2006b, S. 425, Mittelwert aus „Tiefstreustall, Zweiflächenbucht“ und „Tiefstreustall, Einflächbucht“) bzw. 12,5 · 10<sup>-3</sup> kg N (pl · d)<sup>-1</sup>, entsprechend 6,2 · 10<sup>-3</sup> kg TAN (pl · d)<sup>-1</sup>.

#### 4.4.6.3 Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide

For calves, straw-based tied systems and deep litter systems have to be considered, see Chapter 4.4.4. For these systems the TAN related emission factors are provided in Table 4.3.

Für Kälber ist die strohbasierte Anbindehaltung und die Haltung auf Tiefstreu zu berücksichtigen, siehe Kapitel 4.4.4. Für diese Systeme werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren in Table 4.3 bereitgestellt.

#### 4.4.6.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus 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 Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

The emission factors of  $\text{NH}_3$  for the different spreading techniques and times before incorporation are given in Chapter 4.2.2.3.

$\text{NO}$  emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

$\text{NO}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.4.6.5 Indirect $\text{N}_2\text{O}$ from manure management / Indirektes $\text{N}_2\text{O}$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 4.4.6.6 Uncertainty of emission factors and activity data / Unsicherheit der Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

#### 4.4.7 Emission of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 4.28. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 4.28 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 4.28: Calves, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{10}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$
straw based	strohbasiert	0.35	0.16	0.10

Source: EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6 (with TSP = ID [inhalable dust])

#### 4.4.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

The subsequent table lists the references to information provided in the data collection (see Chapter 2.4).

Die nachfolgende Tabelle enthält Verweise auf die Informationen in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

**Table 4.29: Calves, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.02	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.02	
		NMVOC	EM1007.02	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.04	EM1009.06
		N <sub>2</sub> O	EM1009.92	
		NO	EM1009.122	
		TSP	EM1010.02	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.32	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.62	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.02	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.02	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.02	
		NMVOC	IEF1007.02	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.04	IEF1009.06
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.86	
		NO	IEF1009.114	
		TSP	IEF1010.02	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.30	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.58	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.36	AI1005CAT.66
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.06	EXCR.10



## 4.5 Heifers / Färsen

In the inventory, heifers are female cows that are heavier than 125 kg an<sup>-1</sup> and have not yet given birth to a calf. In addition, the animal category “heifers” also comprises female young cattle for slaughter, see Chapter 4.5.1.1.

In the inventory, the category “heifers” is a subcategory of „other cattle“, see Chapter 4.9.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.30.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Als Färsen werden im Inventar die weiblichen Kühe bezeichnet, die schwerer als 125 kg an<sup>-1</sup> sind und noch nicht gekalbt haben. Zusätzlich umfasst die Tierkategorie „Färsen“ auch junge weibliche Schlachttiere, siehe Kapitel 4.5.1.1.

Im Inventar ist die Kategorie „Färsen“ eine Unterkategorie der „übrigen Rinder“, siehe Kapitel 4.9.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.30 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 4.30: Heifers, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 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 “female young cattle between 8 months and 1 year” (before 2009: “female young cattle between 6 months and 1 year”), “female young cattle from 1 to 2 years for slaughtering”, “female young cattle from 1 to 2 years for replacement”, “female cattle over 2 years for slaughtering”, “female cattle over 2 years for replacement”.

Additionally, the female share of the calves not considered in Chapter 4.4.1.1 is taken into account. Its calculation (see the term in squared brackets in the subsequent equation) is based on the assumption that the gender distribution is equal to that of young cattle.

Im Inventar umfasst die Tierkategorie „Färsen“ die Tierzahlen aus der Statistik für „Weibliches Jungvieh 8 Monate bis 1 Jahr“ (vor 2009: „Weibliches Jungvieh 6 Monate bis 1 Jahr“), „Weibliches Jungvieh 1 bis 2 Jahre zum Schlachten“, „Weibliches Jungvieh 1 bis 2 als Zucht- und Nutztiere“, „Weibliche Rinder über 2 Jahre (Schlachtfärsen)“ sowie „Weibliche Rinder über 2 Jahre (Zucht- und Nutzfärsen)“.

Hinzu kommt der weibliche Anteil der in Kapitel 4.4.1.1 nicht berücksichtigten Kälber, wobei angenommen wird, dass die Geschlechtsverteilung gleich der des Jungviehs ist, siehe eckige Klammer in nachfolgender Gleichung:

$$n_{bf} = n_C + n_E + n_F + n_H + n_I + n_A \cdot \left[ (1 - x_{ca}) \cdot \frac{n_C}{n_B + n_C} \right] \quad (4.63)$$

$n_{bf}$  number of heifers considered  
 $n_A$  etc. animal numbers of type A (etc.) in the German census (see Table 4.1)  
 $x_{ca}$  fraction ( $x_{ca} = 4/8$  as of 2009;  $x_{ca} = 4/6$  before 2009), see Chapter 4.4.1.1

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (STATLA C III 1 – vj 4). For the uncertainties see Chapter 4.1.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (STATLA C III 1 – vj 4). Zu den Unsicherheiten siehe Kapitel 4.1.

#### 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 Endgewichte, Dauer der Haltung und demzufolge auch tägliche Gewichtszunahmen 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 initial weight of heifers is assumed to 125 kg kg an<sup>-1</sup>, which is the final weight of the inventory category “calves”.

The final live weight of heifers is derived from carcass weight (for the definition of carcass weight see Chapter 3.1.2.4). For the calculation of the final live weight it is assumed that the equation used for dairy cows (see DÄMMGEN et al., 2010a) applies to heifers as well:

$$w_{\text{fin,bf}} = a + b \cdot w_{\text{bf,cw}}$$

(4.64)

$w_{\text{fin,bf}}$	final live weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> )
$a$	constant ( $a = 221 \text{ kg an}^{-1}$ )
$b$	coefficient ( $b = 1.46 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$w_{\text{bf,cw}}$	carcass weight of heifers (in kg an <sup>-1</sup> )

For the carcass weights of heifers see Table 4.31. As the table size does not allow to present the complete timeseries, every other year is omitted before 2010.

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 deutschen statistischen Daten unterscheiden zwischen Mastfärsen und Färsen für „Zucht und Nutzung“. Kennzahlen zu den Haltungsv erfahren 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 Kategorie „Färsen“ wird im Inventar mit 125 kg an<sup>-1</sup> abgesetzt, dem Endgewicht der Kategorie „Kälber“.

Das Lebendendgewichts der Färsen wird als Funktion des Schlachtgewichts berechnet (zur Schlachtgewichts-Definition s. Kapitel 3.1.2.4). Dazu wird angenommen, dass folgende, von DÄMMGEN et al. (2010a) für Milchkühe angegebenen Gleichung auch für Färsen verwendbar ist:

Die Schlachtgewichte von Färsen sind in Table 4.31 zusammengestellt. Aus Platzgründen wurde bis 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

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 4.31: Heifers, carcass weights (in kg an<sup>-1</sup>)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	275	271	280	276	282	284	287	280	294	290	294	292	295	296	296	297	299
BY	288	287	297	291	296	303	303	300	308	306	309	309	311	312	311	315	317
BB		243	260	259	262	271	268	263	270	253	235	245	239	252	253	261	262
HE	269	277	277	273	263	274	260	249	270	248	264	286	282	285	282	287	290
MV		235	242	246	247	254	258	256	252	253	255	259	255	255	257	265	264
NI	235	240	231	275	280	286	286	280	285	279	271	278	286	286	284	283	280
NW	268	272	238	280	278	280	278	273	278	270	267	257	242	247	252	257	257
RP	251	257	274	264	261	264	264	260	268	262	264	268	272	272	271	272	274
SL	229	260	262	260	257	257	256	278	287	287	286	287	287	292	289	290	280
SN		240	254	234	248	245	250	241	254	258	250	252	251	253	255	262	263
ST		228	268	251	250	261	271	258	258	258	243	248	250	252	255	258	261
SH	271	273	281	275	279	286	286	281	288	288	290	285	282	281	282	291	292
TH		240	268	253	256	264	258	242	255	257	252	255	253	258	258	265	265

Source: Calculated from data in STATISTISCHES BUNDESAMT, Fachserie 3, Reihe 4.2.1 (Schlachtungen und Fleischerzeugung); STATISTISCHES BUNDESAMT, GENESIS-Online Datenbank

#### 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 125 kg an<sup>-1</sup>, and the age of first calving. For this inventory, it is assumed that the heifers' phase of life begins at the age of four months (see Chapter 4.4.1.1). The age of first calving is available as complete time series, as provided by the breeders'

Die Lebensabschnittsdauer ergibt sich aus dem Zeitpunkt, an dem Kälber das Endgewicht 125 kg an<sup>-1</sup> erreichen, und dem Erstkalbealter. Im Inventar beginnt der Lebensabschnitt „Färs“ nach vier Lebensmonaten (siehe Kapitel 4.4.1.1). Das Erstkalbealter ist als lückenlose Zeitreihe für ganz Deutschland aus Meldungen der Züch-

association, see Table 4.14. According to this data the age of first calving is about 28 months.

No daily weight gain data are provided by the reference cited above. Hence they have to be estimated from weight data of slaughtered heifers: From the final weight of a calf, the final live weight of the heifer (as calculated from carcass weights) and the times mentioned above, the mean weight gain can be assessed as

$$\frac{\Delta w_{bf}}{\Delta t} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{w_{fin, bf} - w_{fin, ca}}{\tau_{calf} - \tau_{fin, ca}} \quad (4.65)$$

$\Delta w_{bf}/\Delta t$	mean daily weight gain of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$w_{fin, bf}$	final live weight of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_{fin, ca}$	final weight at the end of calf lifespan (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{calf}$	age at first calving (in a)
$\tau_{fin, ca}$	end of calf lifespan (in a)

#### 4.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

Table 4.32 gives data on metabolisable energy ME required for maintenance and growth for various weight gains and animal weights between 150 kg an<sup>-1</sup> and 550 kg an<sup>-1</sup>.

terverbände verfügbar (Table 4.14). Danach liegt das Erstkalbealter aktuell bei rund 28 Monaten.

Tägliche Gewichtszunahmen werden durch die erwähnten Quellen nicht bereitgestellt und müssen geschätzt werden. Hierzu wird auf Daten aus dem Schlachtfärsenbereich zurückgegriffen: Aus dem Endgewicht der Kälberhaltung, den errechneten Lebendgewichten vor Schlachtung und den oben beschriebenen Zeitpunkten folgt die mittlere Gewichtszunahme:

Table 4.32 zeigt Daten zum Bedarf an metabolisierbarer Energie ME für Wachstum und Erhaltung bei verschiedenen Zuwachsraten und Tiergewichten zwischen 150 kg an<sup>-1</sup> und 550 kg an<sup>-1</sup>.

**Table 4.32: Heifers, ME requirements as function of animal weights and weight gain (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	102.0	111.6
1000			59.0	68.6	78.5	89.3	100.0	110.0	120.6

Source: GfE (2001), pg. 29, Table 1.5.3

The data in Table 4.32 exhibit linear relationships between energy requirements and weight. These relationships can be extrapolated down to the start weight of 125 kg an<sup>-1</sup> used for heifers in the inventory. From these functions the following equation can be derived (see HAENEL et al., 2010, Chapter 4.5.2), which describes the total energy requirements for maintenance and growth cumulated over the heifer's lifespan:

Die Daten in Table 4.32 zeigen lineare Zusammenhänge zwischen Energiebedarf und Gewicht, die sich bis zu dem im Inventar für die Färsen verwendeten Startgewicht von 125 kg an<sup>-1</sup> extrapolieren lassen. Aus diesen Funktionen lässt sich die folgende Gleichung für den kumulativen, d. h. über die gesamte Haltungsdauer aufsummierten Energiebedarf für Erhaltung und Zuwachs ableiten (s. HAENEL et al., 2010, Kapitel 4.5.2):

$$\Sigma ME_{bf} = (o_1 \cdot \Delta w_{bf} + o_2) \cdot w_{bf}^2 + (p_1 \cdot \Delta w_{bf} + p_2) \cdot w_{bf} + (q_1 \cdot \Delta w_{bf} + q_2) \quad (4.66)$$

$\Sigma ME_{bf}$	cumulative metabolisable energy requirement of a heifer for growth and maintenance (in MJ an <sup>-1</sup> )
$o_1$	constant ( $o_1 = -0.22109$ MJ kg <sup>-3</sup> an <sup>2</sup> d)
$\Delta w_{bf}$	mean daily weight gain of a heifer (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$o_2$	constant ( $o_2 = 0.23129$ MJ kg <sup>-2</sup> an)
$w_{bf}$	animal weight (in kg an <sup>-1</sup> )
$p_1$	constant ( $p_1 = -47.7613$ MJ kg <sup>-2</sup> an d)
$p_2$	constant ( $p_2 = 50.0264$ MJ kg <sup>-1</sup> )
$q_1$	constant ( $q_1 = 6986.99$ MJ kg <sup>-1</sup> d)
$q_2$	constant ( $q_2 = -7290.72$ MJ an <sup>-1</sup> )

On the national scale, cumulative ME requirements for raising a heifer are about 40 GJ an<sup>-1</sup>. This agrees with the 35 to 46 GJ an<sup>-1</sup> reported in KTBL (2006), pg. 441. KTBL relates this energy amount to the time span ending with the first calving. Hence, it is assumed that the energy requirements (and as a result the further data provided in Table 4.32) comprise the energy required for the development of the conception products.

The mean ME requirements for heifers are calculated as follows:

$$ME_{bf} = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{\Sigma ME_{bf}}{\tau_{fin,bf} - \tau_{fin,ca}} \quad (4.67)$$

$ME_{bf}$	mean daily metabolisable energy requirements of a heifer (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\Sigma ME_{bf}$	cumulative metabolisable energy requirement of a heifer for growth and maintenance (in MJ an <sup>-1</sup> ), see above
$\tau_{fin,bf}$	date of first calving (in a), see Chapter 4.5.1.2.2
$\tau_{fin,ca}$	end of calf lifespan (in a), see Chapter 4.5.1.2.2

#### 4.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The data provided in KTBL (2006), pg. 441, allow the derivation of a function quantifying the share of ME that is covered by the (annual) input of concentrates:

Der resultierende kumulative ME-Bedarf liegt auf nationaler Ebene in der Größenordnung von 40 GJ pro aufgezogene Färse. Dies entspricht gut dem ME-Bereich von ca. 35 bis 46 GJ, wie er in KTBL (2006), S. 441, angegeben wird. Da die KTBL-Angaben bis zum Erstkalbealter reichen, wird davon ausgegangen, dass sie und somit auch die Daten in Table 4.32 den Energiebedarf zur Entwicklung des ersten Kalbes enthalten.

Für den über die Lebensphase „Färse“ gemittelte täglichen ME-Bedarf folgt:

$$\Sigma ME_{conc} = \alpha \cdot ME_{bf} \cdot (r - s \cdot \alpha_m \cdot \tau_{fin,bf}) \quad (4.68)$$

$\Sigma ME_{conc}$	share of $\Sigma ME_{bf}$ covered by concentrates (in MJ an <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$ME_{bf}$	mean daily metabolisable energy requirements of a heifer (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.5.2
$r$	constant ( $r = 0.7694 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ), derived from data in KTBL (2006), pg. 441
$s$	constant ( $s = 0.0231 \text{ MJ MJ}^{-1} \text{ month}^{-1}$ ), derived from data in KTBL (2006), pg. 441
$\alpha_m$	time units conversion factor ( $\alpha_m = 12 \text{ month a}^{-1}$ )
$\tau_{fin,bf}$	date of first calving (in a), see Chapter 4.5.1.2.2

Aus den Daten in KTBL (2006, S. 441) lässt sich eine Funktion ableiten, die den Anteil an der pro Jahr aufzunehmenden ME-Menge beschreibt, die durch Kraftfutter gedeckt wird:

The remainder of the energy required is provided by roughage, consisting of pasture grass, grass silage and maize silage.

Der darüber hinaus gehende Energiebedarf wird aus dem Grundfutter bestritten. Er setzt sich zusammen aus Beiträgen aus Weidegras, Grassilage und Maissilage.

$$\Sigma ME_{rough} = \Sigma ME_{bf} - \Sigma ME_{conc} = \Sigma ME_{ma-s} + \Sigma ME_{gr-g} + \Sigma ME_{gr-s} \quad (4.69)$$

$\Sigma ME_{rough}$	annual intake of metabolisable energy with roughage (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{bf}$	mean annual total of intake of metabolisable energy per heifer place, defined by the requirements for growth, maintenance and pregnancy (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 4.5.2
$\Sigma ME_{conc}$	annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{gr-g}$	annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{gr-s}$	annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{ma-s}$	annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The share of ME covered with maize silage input is calculated as follows:

Der Energiebeitrag aus Maissilage wird wie folgt berechnet:

$$\Sigma ME_{ma-s} = (1 - x_{gr}) \cdot \Sigma ME_{rough} \quad (4.70)$$

$\Sigma ME_{ma-s}$	annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{gr}$	share of ME contribution by grass and grass silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see below
$\Sigma ME_{rough}$	annual intake of metabolisable energy with roughage (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The share of ME resulting from the input of pasture grass and grass silage is unknown. As an alternative, the share of the roughage dry matter taken in with pasture grass and grasssilage is used. This value is supplied with RAUMIS (DÖHLER et al., 2002).

The energy input with pasture grass is given by:

$$\Sigma ME_{gr-g} = ME_{gr} \cdot \tau_{gr} \quad (4.71)$$

$\Sigma ME_{gr-g}$  annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{gr}$  duration of grazing (in d a<sup>-1</sup>), see above

with

$$ME_{gr} = u + v \cdot \alpha_m \cdot \tau_{fin, bf} \quad (4.72)$$

$ME_{gr}$  daily intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)  
 $u$  constant ( $u = 43.65$  MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), derived from data in KTBL (2006), pg. 441  
 $v$  constant ( $v = 0.4573$  MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> month<sup>-1</sup>), derived from data in KTBL (2006), pg. 441  
 $\alpha_m$  time units conversion factor ( $\alpha_m = 12$  month a<sup>-1</sup>)  
 $\tau_{fin, bf}$  date of first calving (in a), see Chapter 4.5.1.2.2

Accordingly, the share of ME supplied with grass silage is

Der ME-Beitrag aus Grassilage ergibt sich als Restglied:

$$\Sigma ME_{gr-s} = \Sigma ME_{rough} - \Sigma ME_{ma-s} - \Sigma ME_{gr-g} \quad (4.73)$$

$\Sigma ME_{gr-s}$  annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\Sigma ME_{rough}$  annual intake of metabolisable energy with roughage (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\Sigma ME_{ma-s}$  annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\Sigma ME_{gr-g}$  annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)

The respective amounts of concentrates, maize silage, grass silage and pasture grass taken in to meet the ME requirements can be obtained from the specific ME contents of the various diet constituents. Concentrates serve as a example for the calculation procedure:

Die Mengen an Kraftfutter, Maissilage, Grassilage und Weidegras, die zur Deckung des ME-Bedarfs benötigt werden, ergeben sich mithilfe des spezifischen ME-Gehalts der jeweiligen Futterkomponente, wie nachfolgend beispielhaft für das Kraftfutter gezeigt wird:

$$\Sigma m_{F, DM} = \frac{\Sigma ME_{conc}}{\eta_{ME, conc}} \quad (4.74)$$

$\Sigma m_{F, DM}$  annual intake of dry matter with concentrates (in kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\Sigma ME_{conc}$  annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>)  
 $\eta_{ME, conc}$  content of metabolisable energy in concentrates, related to dry matter (in MJ kg<sup>-1</sup>), see Table 4.33

The feed constituent properties required for the inventory (ME content, digestibility, metabolizability, crude protein content) are compiled in Table 4.33. The data for pasture grass, grass silage and maize silage equal those used for dairy cows (see Table 4.17. The properties of concentrates are the same as for male beef cattle (see Table 4.42).

The data for raw protein contents are converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(2006)-10.58).

Table 4.33 zeigt für die im Inventar verwendeten Futterkomponenten ME-Gehalt, Verdaulichkeit, Umsetzbarkeit und Rohproteingehalt. Die Angaben für Weidegras, Gras- und Maissilage entsprechenden den Daten für Milchkühe in Table 4.17. Die Daten für Kraftfutter entsprechen den Daten von männlichen Mastrindern, siehe Table 4.42.

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6,25 in N-Gehalte umgerechnet (IPCC(2006)-10.58).

**Table 4.33: Heifers, diet constituent properties used in the inventory**

( $\eta_{ME}$ : content of metabolizable energy, related to dry matter;  $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolizability of energy;  $x_{XP}$ : raw protein content of feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

	$\eta_{ME}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$X_{DE}$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$x_{XP}$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash, feed}$ kg kg <sup>-1</sup>
grass (pasture)	10.0	0.689	0.558	0.180	0.72	0.125
grass silage	10.0	0.672	0.541	0.162	0.72	0.099
maize silage	10.2	0.693	0.571	0.080	0.73	0.082
concentrates	12.3	0.778	0.645	0.250	0.80	0.055

Source: see text.

In summary, the mean dry matter intake with feed amounts to

Die mittlere tägliche Trockenmasse-Aufnahme über die Nahrung ergibt sich zu:

$$m_{F, DM} = \frac{1}{\alpha} \cdot \left( \frac{\Sigma ME_{conc}}{\eta_{ME, conc}} + \frac{\Sigma ME_{ma-s}}{\eta_{ME, ma-s}} + \frac{\Sigma ME_{gr-g}}{\eta_{ME, gr-g}} + \frac{\Sigma ME_{gr-s}}{\eta_{ME, gr-s}} \right) \quad (4.75)$$

$m_{F, DM}$	daily dry matter intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{conc}$	annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, conc}$	metabolisable energy content of concentrates, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.33
$\Sigma ME_{ma-s}$	annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, ma-s}$	metabolisable energy content of maize silage, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.33
$\Sigma ME_{gr-g}$	annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, gr-g}$	metabolisable energy content of grass (grazing), related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.33
$\Sigma ME_{gr-s}$	annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, gr-s}$	metabolisable energy content of grass silage, related to dry matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 4.33

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 4.33.

Die mit dem Futter aufgenommene Stickstoff-Menge erhält man, indem jeder Term in der vorstehenden Gleichung mit dem entsprechenden  $x_N$ -Wert nach Table 4.33 multipliziert wird.

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).

$$GE_{bf} = \frac{1}{\alpha} \cdot \left( \frac{\Sigma ME_{conc}}{X_{ME, conc}} + \frac{\Sigma ME_{ma-s}}{X_{ME, ma-s}} + \frac{\Sigma ME_{gr-g}}{X_{ME, gr-g}} + \frac{\Sigma ME_{gr-s}}{X_{ME, gr-s}} \right) \quad (4.76)$$

$GE_{bf}$	daily gross energy intake for heifers (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_{conc}$	annual intake of metabolisable energy with concentrates (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$X_{ME, conc}$	mean metabolizability of concentrates (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.33
$\Sigma ME_{ma-s}$	annual intake of metabolisable energy with maize silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$X_{ME, ma-s}$	mean metabolizability of maize silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.33
$\Sigma ME_{gr-g}$	annual intake of metabolisable energy with grass during grazing (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$X_{ME, gr-g}$	mean metabolizability of grass (grazing) (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.33
$\Sigma ME_{gr-s}$	annual intake of metabolisable energy with grass silage (in MJ an <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$X_{ME, gr-s}$	mean metabolizability of grass silage (in MJ MJ <sup>-1</sup> ), see Table 4.33

The mean feed digestibility is obtained by averaging the digestibilities of the various feed components (see Table 4.33) weighted with the respective intakes of these feed components.

Die mittlere Verdaulichkeit des Futters ergibt sich aus der mit den einzelnen Futtermengen gewichteten Mittelung der Verdaulichkeiten der einzelnen Futterkomponenten, die in Table 4.33 aufgeführt sind.

#### 4.5.4 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 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.5.3) 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:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0.065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for  $\text{CH}_4$  from enteric fermentation do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.5.3) mithilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wird IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für  $\text{CH}_4$  aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar. IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 4.33. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is  $0.729 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content for 2010 amounts to  $0.098 \text{ kg kg}^{-1}$  (related to dry matter of feed).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

German data on the uncertainty of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.33. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0,729 \text{ kg kg}^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0,098 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.5.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.



#### 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 incorporation times.

Die Berechnung beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.5.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretion data are obtained from the N mass balance using the amounts of N intake, N retention due to growth and N retained in the first calf.

The N intake rate is assessed from the dry matter intake rate of the various diet constituents and their specific N contents (see Chapter 4.5.3).

The N retention is based on an N content of the animals body of 0.0272 kg kg<sup>-1</sup> (LFL, 2006a, Table 8).

The birthweight of a calf is assumed to be 41 kg (arithmetic mean of 40 and 42 kg in KTBL, 2010, pg. 554) and the specific N content of cows and calves is assumed to be 0.0272 kg kg<sup>-1</sup> (LFL, 2006a).

The TAN content is calculated according to Chapter 3.3.3.2. It is variable.

Die N-Ausscheidungen werden aus der Bilanz aus aufgenommenem, retiniertem und im ersten Kalb gespeichertem N berechnet.

Die N-Aufnahme ergibt sich aus der Trockenmassenaufnahme der einzelnen Rationskomponenten und deren spezifischen N-Gehalten (siehe Kapitel 4.5.3).

Der N-Retention liegt ein N-Gehalt des Tierkörpers von 0,0272 kg kg<sup>-1</sup> zugrunde (LFL, 2006a, Tabelle 8).

Das Geburtsgewicht eines Kalbes wird mit 41 kg (Mittelwert aus 40 und 42 kg in KTBL, 2010, S. 554) und der spezifische N-Gehalt von Kuh und Kalb mit 0,0272 kg kg<sup>-1</sup> (LFL, 2006a) angesetzt.

Der TAN-Gehalt wird nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet und ist variabel.

##### 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 amounts of N are given in Table 4.34. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt, siehe dazu Table 4.34. Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

**Table 4.34: Heifers, N inputs with straw in solid-manure systems**

Housing type	Haltungssystem	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	Anbindehaltung	2.0 <sup>a</sup>	1.7	10.0·10 <sup>-3</sup>	5.0·10 <sup>-3</sup>
loose housing	Laufstall	3.0 <sup>b</sup>	2.6	15.0·10 <sup>-3</sup>	7.5·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: Expert judgement (EURICH-MENDEN B, KTBL)

<sup>b</sup> Source: Expert judgement (EURICH-MENDEN B, WULF S, KTBL)

##### 4.5.7.3 Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und Weide

The TAN related emission factors for cattle are used (see Table 4.3Table 4.20).

The NH<sub>3</sub>-N emission factor for grazing is 0.06 kg kg<sup>-1</sup>, related to TAN excreted (EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7).

N<sub>2</sub>O and NO emissions due to pasturing are calculated according to Chapter 11.5. (For more details see Chapters 3.3.4.3.5 and 4.3.8.5.1).

Es werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren für Rinder verwendet (vgl. Table 4.20).

Der auf TAN bezogene NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor für Weidegang ist 0,06 kg kg<sup>-1</sup> (EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N<sub>2</sub>O und NO werden nach Kapitel 11.5 berechnet. (Weitere Details: Siehe Kapitel 3.3.4.3.5 und 4.3.8.5.1.)

##### 4.5.7.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus 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 Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

The emission factors of NH<sub>3</sub> for the different spreading techniques and times before incorporation are given in Chapter 4.2.2.3

NO emissions from manure management are report-

Für die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird

ed (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.5.7.5 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 4.5.7.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

#### 4.5.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 4.35. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Information on the frequency distribution of the various housing systems and the duration of grazing is obtained from RAUMIS and the respective data supplied by the official statistics (see Chapter 3.4.3).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 4.35 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Angaben zur Verteilung der verschiedenen Stallformen und zur Dauer der Weidehaltung werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus der Agrarstatistik entnommen (siehe Kapitel 3.4.3).

**Table 4.35: Heifers, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.52	0.24	0.16
slurry based	güllebasierend	0.69	0.32	0.21

Source: EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6 (with TSP = ID [inhalable dust])

#### 4.5.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 4.36: Heifers, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.03	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.03	
		NM VOC	EM1007.03	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.07	EM1009.09
		N <sub>2</sub> O	EM1009.93	
		NO	EM1009.123	
		TSP	EM1010.03	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.33	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.63	
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	IEF1007.03	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.07	IEF1009.09
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.87	
		NO	IEF1009.115	
		TSP	IEF1010.03	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.31	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.59	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.67	AI1005CAT.97
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.11	EXCR.15

## 4.6 Male beef cattle / Männliche Mastrinder

In the inventory, male cattle above 125 kg and below 2 years are considered to be beef cattle. (Mature males > 2 years are counted separately, see Chapter 4.8.)

In the inventory, the category “male beef cattle” is a subcategory of „other cattle“, see Chapter 4.9.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.37.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Als männliche Mastrinder werden im Inventar männliche Tiere ab 125 kg bezeichnet und einem Alter bis zu 2 Jahren gezählt. (Männliche Rinder > 2 Jahre werden gesondert gezählt, siehe Kapitel 4.8.)

Im Inventar ist die Kategorie „Männliche Mastrinder“ eine Unterkategorie der „übrigen Rinder“ (Kapitel 4.9).

Die Emissionen werden nach den in Table 4.37 zusammengestellten Methoden berechnet.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 4.37: Male beef cattle, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 4.6.1 Activity and performance data / Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 4.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The subcategory “heifers” in this inventory includes the census subcategories “male young cattle between 8 months and 1 year” (before 2009: “male young cattle between 6 months and 1 year”) and “male young cattle from 1 to 2 years”.

Additionally, the female share of the calves not considered in Chapter 4.4.1.1 is taken into account. Its calculation (see the term in squared brackets in the subsequent equation) is based on the assumption that the gender distribution is equal to that of young cattle.

Im Inventar umfasst die Tierkategorie „Männliche Mastrinder“ die Tierzahlen aus der Statistik für „Männliches Jungvieh 8 Monate bis 1 Jahr“ (vor 2009: „Männliches Jungvieh 6 Monate bis 1 Jahr“) und „Männliches Jungvieh 1 bis 2 Jahre“.

Hinzu kommt der männliche Anteil der in Kapitel 4.4.1.1 nicht berücksichtigten Kälber, wobei angenommen wird, dass die Geschlechtsverteilung gleich der des Jungviehs ist, siehe eckige Klammer in nachfolgender Gleichung:

$$n_{bm} = n_B + n_D + n_A \cdot \left[ (1 - x_{ca}) \cdot \frac{n_B}{n_B + n_C} \right] \quad (4.77)$$

$n_{bm}$	number of male beef cattle considered
$n_B$ etc.	animal numbers of type B (etc.) in the German census (see Table 4.1)
$x_{ca}$	fraction ( $x_{ca} = 4/8$ as of 2009; $x_{ca} = 4/6$ before 2009), see Chapter 4.4.1.1

Animal numbers are provided by the statistical offices of the Länder (STATLA C III 1 – vj 4).

For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (STATLA C III 1 – vj 4).

Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Kapitel 4.1.

#### 4.6.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The emission calculations require 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.

The initial weight of male beef cattle is assumed to 125 kg kg an<sup>-1</sup>, which is the final weight of the inventory category “calves”.

Die Emissionsberechnung benötigt Tiergewichte, Gewichtszunahmen sowie die Futterzusammensetzung. Die deutschen Statistiken liefern in keinem Fall vollständige und örtlich aufgelöste Zeitreihen.

Das Anfangsgewicht der Kategorie „Mastbullen“ wird im Inventar mit 125 kg an<sup>-1</sup> abgesetzt, dem Endgewicht der Kategorie „Kälber“.

*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

Die *Schlachtstatistiken* erfassen die in einem Bundesland in Schlachthöfen geschlachteten Tiere und deren Schlachtgewichte. Daraus wurden unter Verwen-

weight at the time of slaughtering was calculated (for the method see Chapter 3.1.2.4) using a factor  $c_{w, mb} = \text{const} = 0.56 \text{ kg kg}^{-1}$  (Statistisches Bundesamt).

The HIT system (*Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere*, StMELF, 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 4.38. As the table size does not allow to present the complete timeseries, every other year is omitted before 2010. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

derung 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 3.1.2.4).

Das *Herkunftssicherungs- und Informationssystem für Tiere (HIT)* (StMELF, o.J.), das gemäß den Vorgaben der Europäischen Gemeinschaft (1997) eingerichtet wurde, liefert Schlachtalter und Schlachtgewicht für männliche Rinder aufgeschlüsselt nach Landkreisen und Jahren für den Zeitraum ab 1999 einschließlich. Diese Erfassung ist vollständig.

Das Inventar verwendet bis einschließlich 1998 die aus den Schlachtstatistiken abgeleiteten Schlachtgewichte und ab 1999 die Schlachtgewichte aus der HIT-Datenbank. Zu den verfügbaren Schlachtgewichten siehe Table 4.38. Aus Platzgründen wurde bis 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein verwendet, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

**Table 4.38: Male beef cattle, carcass weight (in kg an<sup>-1</sup>)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	352	345	357	353	356	346	340	341	352	348	352	353	358	363	364	363	364
BY	369	364	370	365	370	380	380	379	390	391	394	396	400	404	404	404	402
BB		324	341	334	342	335	334	333	347	342	352	357	359	360	361	364	365
HE	353	346	359	350	351	344	337	338	349	343	355	353	357	361	361	358	364
MV		313	324	321	315	333	319	322	334	335	353	360	360	367	367	371	375
NI	352	348	355	348	351	359	358	357	370	369	377	377	380	386	387	389	396
NW	354	350	358	355	354	375	375	376	389	388	396	397	401	404	405	405	411
RP	341	335	354	343	335	338	331	336	346	342	353	354	358	358	360	365	371
SL	356	346	361	366	363	328	321	331	342	340	356	359	358	350	360	367	367
SN		319	344	335	338	338	336	336	348	346	349	349	354	354	354	359	360
ST		312	335	330	335	342	331	333	347	345	353	351	352	361	361	365	367
SH	344	339	347	339	333	339	339	337	355	352	363	357	353	358	360	364	368
TH		321	352	345	342	342	339	339	349	346	352	352	356	358	356	359	354

Source 1990 - 1998: Calculated from data in STATISTISCHES BUNDESAMT. Fachserie 3: Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung  
Source from 1999 onwards: HIT, communicated data set

In their annual reports, the *German association of cattle breeders (ADR)* publish data on beef cattle production including details regarding live weight before slaughtering, age at slaughtering and weight gains for a random sample of about 6000 to 7000 animals (ADR, 1993 et seq.).

The three data sets (calculation, HIT, ADR) are incompatible. Consequently, a method to achieve a data gap closure had to be developed. It is described in the following:

#### *Weight before slaughtering*

A comparison of the data calculated from official slaughter statistics with those provided by HIT shows that they do not differ much. Baden-Württemberg and Saarland are exceptions, where the number of animals slaughtered differs considerably from the number of animals produced.

#### *Weight gains*

From 1999 onwards, the data provided in the HIT data base allow for the derivation of mean weight gains in

Die *Arbeitsgemeinschaft der Rinderzüchter Deutschlands (ADR)* beschreibt in ihren jährlichen Berichten Ergebnisse der Fleischleistungsprüfung mit Angaben zu Lebendgewicht bei Schlachtung, Schlachtalter und täglichen Zunahmen für eine Stichprobe von 6000 bis 7000 Tieren (ADR, 1993 ff).

Die drei Datensätze (Berechnung, HIT, ADR) sind nicht ineinander überführbar. Folglich musste eine Methode zur Schließung der Datenlücken entwickelt werden. Sie ist im Folgenden beschrieben:

#### *Lebendendgewichte*

Die aus der Schlachtstatistik berechneten Lebendendgewichte und die HIT-Datensätze weichen nicht wesentlich voneinander ab. Ausnahmen sind Baden-Württemberg und Saarland. Dort weichen die Zahlen der im Land produzierten und der im Land geschlachteten Tiere stark voneinander ab.

#### *Gewichtszunahmen*

Die Datensatz der HIT-Datenbank erlauben die Ableitung von Gewichtszunahmen auf Bundeslandebene ab

single federal states (see Table 4.39). For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg. No differentiation was made with respect to races.

1999, wie Table 4.39 zeigt. Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein verwendet, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg. Eine Differenzierung nach Rassen wurde nicht vorgenommen.

**Table 4.39: Male beef cattle, mean weight gains  $\Delta w_{bm, HIT}$  derived from HIT data (in  $g\ an^{-1}\ d^{-1}$ )**

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	1060	1058	1029	1014	1019	1029	1066	1076	1095	1069	1065	1075	1093	1110	1110	1106	1108	1105
BY	1223	1230	1221	1202	1199	1200	1234	1236	1255	1254	1256	1267	1283	1297	1305	1316	1327	1310
BB	1032	978	990	970	972	985	1005	1030	1032	1012	1032	1045	1069	1076	1058	1066	1099	1103
HE	1023	1023	1001	974	970	981	1018	1035	1051	1008	1017	1042	1054	1072	1061	1049	1049	1063
MV	1039	1027	1041	985	982	1014	1048	1064	1082	1056	1082	1109	1145	1131	1146	1134	1143	1159
NI	1094	1098	1090	1069	1071	1071	1101	1096	1113	1108	1118	1132	1151	1164	1159	1160	1179	1187
NW	1159	1169	1159	1130	1126	1140	1181	1184	1205	1196	1203	1223	1244	1257	1246	1250	1257	1267
RP	1012	1019	969	956	966	986	1020	1037	1059	1016	1023	1052	1074	1088	1058	1060	1079	1105
SL	943	956	924	917	949	960	990	1019	1036	998	1019	1054	1066	1079	1024	1032	1058	1074
SN	1063	1042	1029	1003	1006	1017	1032	1056	1079	1063	1066	1060	1074	1102	1099	1079	1090	1093
ST	1049	1066	1050	998	963	990	999	1046	1068	1028	1025	1041	1065	1074	1082	1084	1101	1098
SH	971	1006	994	981	985	985	1013	1017	1031	1023	1028	1042	1046	1032	1020	1022	1053	1050
TH	1072	1070	1059	1045	1041	1045	1068	1076	1103	1080	1093	1102	1106	1143	1131	1113	1120	1107
Germany	1119	1127	1113	1091	1090	1095	1130	1131	1149	1138	1145	1159	1178	1190	1187	1189	1203	1206

Source: HIT, communicated data set

DÄMMGEN et al. (2009a) developed an approximation to complete the time series shown in Table 4.39 for the years before 1999. The data in the respective time series were aggregated to form national means. These were compared to weight gains deduced from ADR reports (see Table 4.40). The ADR data set comprises the results of sample surveys for all races.

DÄMMGEN et al. (2009a) entwickelten ein Näherungsverfahren, um die in Table 4.39 gezeigten Zeitreihen für die Jahre vor 1999 zu ergänzen. Dazu wurden die aus diesen Zeitreihen aggregierten nationalen Werte mit Gewichtszunahmen verglichen, die aus den ADR-Berichten abgeleitet wurden, siehe Table 4.40. Die ADR-Daten beruhen auf Stichproben über alle Rassen.

**Table 4.40: Male beef cattle, mean weight gains  $\Delta w_{bm, ADR}$  ( $g\ an^{-1}\ d^{-1}$ )**

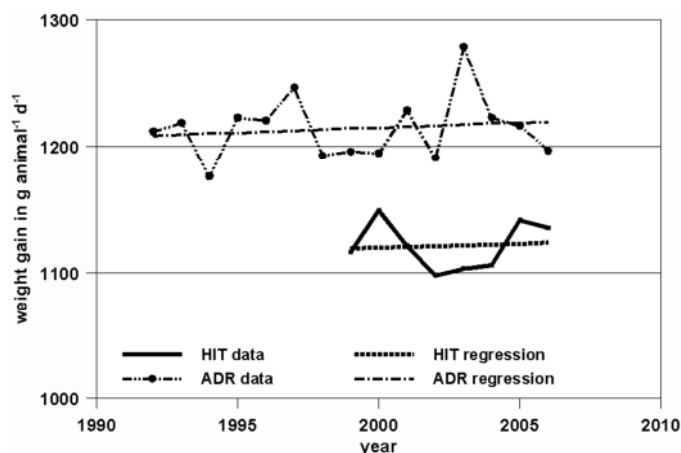
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Germany			1212	1219	1176	1223	1221	1247	1193	1196	1195	1229	1191	1279	1223	1217	1197

calculated from ADR data (ADR, 1993 et seq.)

As demonstrated by Figure 4.4, the ADR data for 1999 to 2006 exceed the means deduced from HIT data by about  $100\ g\ an^{-1}\ d^{-1}$ .

Wie Figure 4.4 zeigt, liegen die ADR-Daten in den Jahren 1999 bis 2006 im Mittel um  $100\ g\ an^{-1}\ d^{-1}$  höher als die aus den HIT-Daten abgeleiteten Mittelwerte.

**Figure 4.4: Male beef cattle, comparison of weight gain data (ADR and HIT data sets on the national level)**



The HIT data set is based on a complete registration of all cattle, whereas the ADR data set is based on sample surveys. Hence it was decided to use the HIT data as

Die HIT-Daten beruhen auf einer vollständigen Erfassung aller Rinder, während die aus den ADR-Berichten abgeleiteten Daten auf Stichproben basieren. Daher

target data for the gap closing procedure. The ADR data in Table 4.40 were corrected, and the weight gain reduced by  $100 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ . In addition, a factor  $f_j$  was introduced to specifically address and complete the data sets for each single federal state shown in Table 4.39 for the years prior to 1999.

wurde entschieden, die HIT-Daten als Zielgröße für das Lückenschlussverfahren zu verwenden und hierfür die ADR Daten aus Table 4.40 um  $100 \text{ g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$  nach unten zu korrigieren, wobei das Ergebnis noch mit einem für jedes Bundesland spezifischen Faktor  $f_j$  zu multiplizieren ist, um die in Table 4.39 gezeigten Zeitreihen auf Bundeslandebene vor 1999 zu ergänzen:

$$\Delta w_{\text{bm}, i, j} = (\Delta w_{\text{bm}, \text{ADR}, i} - a) \cdot f_j \quad (4.78)$$

$\Delta w_{\text{bm}, i, j}$	weight gain of male beef cattle in federal state j for the years i before 1999 in Table 4.39 (in $\text{g an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )
$\Delta w_{\text{bm}, \text{ADR}, i}$	weight gain of male beef cattle in year i as derived from ADR data on national level (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 below)

The correction factor was derived from the data shown in Table 4.39 for the years from 1999 to 2006 as ratio between the weight gains achieved in a federal state and the national mean weight gain. These ratios are collated in Table 4.41. They proved to be almost constant for each federal state. So, a mean of these annual ratios was formed (the very right column in Table 4.41) and used as correction factor  $f_j$ .

The still remaining gaps, i.e. the weight gains in the years 1990 and 1991 were closed by using the respective data for 1992.

Zur Ableitung des Korrekturfaktors  $f_j$  wurden die Daten in Table 4.39 für die Jahre 1999 bis 2006 bzgl. des Verhältnisses von bundeslandspezifischem Wert zu nationalem Mittelwert ausgewertet. Diese Verhältnisse, die in Table 4.41 gezeigt werden, erwiesen sich für die einzelnen Bundesländer über die Jahre als relativ konstant. Daher wurde der bundeslandspezifische zeitliche Mittelwert (ganz rechte Spalte in Table 4.41) als Korrekturfaktor  $f_j$  verwendet.

Für die damit in Table 4.39 noch verbliebenen Datenlücken in den Jahren 1990 und 1991 wurden die Daten von 1992 übernommen.

**Table 4.41: Male beef cattle, correction factor  $f_j$**

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	mean ( $f_j$ )
BW	0.95	0.94	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.95	0.94
BY	1.09	1.09	1.10	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.10
BB	0.92	0.87	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.91	0.89
HE	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89	0.90	0.90	0.92	0.90
MV	0.93	0.91	0.93	0.90	0.90	0.93	0.93	0.94	0.92
NI	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.98
NW	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.04	1.05	1.05	1.04
RP	0.90	0.90	0.87	0.88	0.89	0.90	0.90	0.92	0.90
SL	0.84	0.85	0.83	0.84	0.87	0.88	0.88	0.90	0.86
SN	0.95	0.92	0.92	0.92	0.92	0.93	0.91	0.93	0.93
ST	0.94	0.95	0.94	0.91	0.88	0.90	0.88	0.92	0.92
SH	0.87	0.89	0.89	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89
TH	0.96	0.95	0.95	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.95
StSt	0.87	0.91	0.91	0.91	0.94	0.91	0.94	0.95	0.92

#### 4.6.2 Energy requirements / Energiebedarf

The description of energy requirements is given in KTBL (2008), pp. 560 et seq.

DÄMMGEN et al. (2005) developed a relation to derive the cumulative metabolizable energy  $\Sigma ME_2$  as a function of the final weight of the animals:

Die Beschreibung des Bedarfs an umsetzbarer Energie ME beruht auf KTBL (2008), S. 560 ff.

DÄMMGEN et al. (2005) entwickelten eine Formel zur Berechnung der kumulativen metabolisierbaren Energie  $\Sigma ME_2$  in Abhängigkeit vom Endgewicht:

$$\Sigma ME_2 = a \cdot w_{\text{fin}} - (b \cdot w_{\text{fin}} - c) \cdot \ln \left( \frac{\Delta w_{\text{mb}}}{\Delta w_{\text{unit, g}}} \right) - d \quad (4.79)$$

$\Sigma ME$	cumulative metabolisable energy for fattening period 2 (in $\text{MJ an}^{-1}$ )
$a$	constant ( $a = 444.6 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$w_{\text{fin}}$	final live weight (in $\text{kg an}^{-1}$ ), see Chapter 4.6.1.2
$b$	constant ( $b = 48.936 \text{ MJ kg}^{-1}$ )
$c$	constant ( $c = 9020 \text{ MJ an}^{-1}$ )

$\Delta w_{mb}$	mean live weight gain per day (in $\text{g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), see Chapter 4.6.1.2
$\Delta w_{\text{unit, g}}$	unit weight gain ( $\Delta w_{\text{unit, g}} = 1 \text{ g an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$d$	constant ( $d = 91765 \text{ MJ an}^{-1}$ )

#### 4.6.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The overall ME requirements are covered by concentrates and roughage. The relative share of concentrates is described with the following relation, using a regression approach and the two variants of maize silage /concentrates provided in KTBL (2008), pg. 562 ( $R^2 = 0.9998$ ).

$$x_{F, \text{ME, conc}} = a - b \cdot w_{\text{fin}} \quad (4.80)$$

$x_{F, \text{ME, conc}}$	share of total feed ME contributed by concentrates (in $\text{MJ MJ}^{-1}$ )
$a$	constant ( $a = 0.353 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )
$b$	constant ( $b = 7.798 \cdot 10^{-5} \text{ MJ MJ}^{-1} \text{ an kg}^{-1}$ )
$w_{\text{fin}}$	final live weight (in $\text{kg an}^{-1}$ ), see Chapter 4.6.1.2

Beef bulls are rarely grazed. However this topic has to be taken into account according to the results of the 2010 agricultural census (LZ2010). The calculation of ME requirements assumes that the ME input with roughage is proportional to the share of time during which the animals are grazed. ME is then taken in with pasture grass, whereas maize silage is the ME source for the remaining time.

These assumptions combined with the knowledge of ME and N contents of all diet constituents (including concentrates) allow for a quantification of the dry matter and nitrogen intake (see Chapter 4.5.3 for a detailed description of the general approach).

The properties of the diet constituents are listed in Table 4.42.

Der Gesamtbedarf an ME wird durch Rindermastfutter sowie Raufutter gedeckt. Der relative Beitrag des Kraftfutters wird mit der nachstehenden Formel beschrieben, die mittels Regression aus Angaben in KTBL (2008), S. 562, zu zwei verschiedenen Rindermastfutter/Maissilage-Varianten abgeleitet wurde ( $R^2 = 0,9998$ ).

Weidegang von männlichen Mastrindern ist selten, muss aber nach den Ergebnissen der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ 2010) berücksichtigt werden. Dies erfolgt bei der ME-Bedarfsberechnung, indem der mit Raufutter aufzunehmende ME-Betrag proportional zur Weidedauer durch Weidegras gedeckt wird, während der Rest des Raufutter-ME aus Maissilage aufgenommen wird.

Damit sowie mit dem ME-Gehalt und dem N-Gehalt von Maissilage und Rindermastfutter lassen sich die mit dem Futter aufgenommenen Mengen von Trockenmasse und Stickstoff berechnen. (Zur prinzipiellen Vorgehensweise siehe Kapitel 4.5.3).

Die im Inventar verwendeten Futterkennwerte sind Table 4.42 zu entnehmen.

**Table 4.42: Male beef cattle, diet characteristics used in the inventory**

( $\eta_{\text{ME}}$ : content of metabolizable energy, related to dry matter;  $X_{\text{DE}}$ : digestibility of energy;  $X_{\text{ME}}$ : metabolizability of energy;  $x_{\text{XP}}$ : raw protein content of feed, related to dry matter;  $X_{\text{DOM}}$ : digestibility of organic matter;  $x_{\text{ash}}$ : ash content of feed, related to dry matter)

	$\eta_{\text{ME}}$ $\text{MJ kg}^{-1}$	$X_{\text{DE}}$ $\text{MJ MJ}^{-1}$	$X_{\text{ME}}$ $\text{MJ MJ}^{-1}$	$x_{\text{XP}}$ $\text{kg kg}^{-1}$	$X_{\text{DOM}}$ $\text{kg kg}^{-1}$	$x_{\text{ash, feed}}$ $\text{kg kg}^{-1}$
grass (pasture)	10.0 <sup>a</sup>	0.689 <sup>a</sup>	0.558 <sup>a</sup>	0.180 <sup>a</sup>	0.72 <sup>a</sup>	0.125 <sup>a</sup>
maize silage	10.2 <sup>a</sup>	0.693 <sup>a</sup>	0.571 <sup>a</sup>	0.080 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	0.082 <sup>a</sup>
concentrates	12.3 <sup>b</sup>	0.778 <sup>c</sup>	0.645 <sup>c</sup>	0.250 <sup>b</sup>	0.80 <sup>c</sup>	0.055 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Source: Table 4.17

<sup>b</sup> Source: derived from "Rindermastfutter" in DLG (2005), pg. 13.

<sup>c</sup> Source: based on BEYER et al. (2004) with (in dry matter) 30 % barley (BEYER No. 6135), 30 % wheat (BEYER No. 6113) and 40 % rape groats (BEYER No. 7431), percentages obtained by optimizing the feed composition to obtain the ME content of  $12.3 \text{ MJ kg}^{-1}$  in dry matter as well as the XP content in dry matter of  $0.25 \text{ kg kg}^{-1}$  as implied by the data for "Rindermastfutter" in DLG (2005), pg. 13.

The data in Table 4.42 concerning pasture grass and maize silage equals those provided in Table 4.17.

The data for raw protein contents are converted into data on N contents by multiplying the raw protein contents by 1/6.25 (IPCC(2006)-10.58).

The GE intake during the entire fattening period is calculated by analogy to the procedure described for heifers (see Chapter 4.5.3).

The mean feed digestibility is obtained by averaging the digestibilities of the various feed components (see

Die Angaben für Weidegras und Maissilage in Table 4.42 entsprechen den Daten in Table 4.1.

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6,25 in N-Gehalte umgerechnet werden (IPCC(2006)-10.58).

Die Berechnung der über die gesamte Mastdauer gemittelten täglichen GE-Aufnahme erfolgt analog zur Vorgehensweise bei den Färsen, siehe Kapitel 4.5.3.

Die mittlere Verdaulichkeit des Futters ergibt sich aus der mit den einzelnen Futtermengen gewichteten



Table 4.33) weighted with the respective intakes of these feed components.

Mittelung der Verdaulichkeiten der einzelnen Futterkomponenten, die in Table 4.33 aufgeführt sind.

#### 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 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:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for  $\text{CH}_4$  from enteric fermentation do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.6.3) mithilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wurde IPCC(2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen.

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für  $\text{CH}_4$  aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar. IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.6.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 4.42. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is  $0.75 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content (related to dry matter) for 2010 amounts to  $0.076 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

German data on the uncertainty of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.42. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0,75 \text{ kg kg}^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0,076 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.6.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.6.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions, 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, der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.6.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as difference between the amounts of N taken in and N retained.

The N intake rate is assessed from the dry matter intake rate of the various diet constituents and their specific N contents (see Chapter 4.5.3).

The amount of N retained is calculated assuming an N content of the animal body of  $0.0272 \text{ kg kg}^{-1}$  (LfL, 2006a, Table 8).

The overall N excretion rates entering storage are obtained from the overall N excretion rates reduced by a share dropped during grazing that is proportional to the duration of grazing (see Chapter 11.5).

The TAN content is calculated according to Chapter 3.3.3.2. It is variable.

Die N-Ausscheidungen werden aus der Bilanz aus aufgenommenem und retiniertem N berechnet.

Die N-Aufnahme ergibt sich aus der Trockenmasseaufnahme der einzelnen Rationskomponenten und deren spezifischen N-Gehalte (siehe Kapitel 4.5.3).

Der retinierten N-Menge liegt ein N-Gehalt des Tierkörpers von  $0,0272 \text{ kg kg}^{-1}$  zugrunde (LfL, 2006a, Tabelle 8).

Von der Gesamt-N-Ausscheidung wird ein zur Weidedauer proportionaler Anteil subtrahiert und der Berechnung der Emissionen aus Weidegang zugrundegelegt (siehe Kapitel 11.5).

Der TAN-Gehalt wird nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet und ist variabel.

##### 4.6.7.2 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 4.43. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

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 und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

**Table 4.43: Male beef cattle, N inputs with straw in solid-manure systems**

Housing type	Haltungssystem	straw input $\text{kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$	dry matter (DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$	N input (in DM) $\text{kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$	TAN $\text{kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$
tied systems	Anbindehaltung	2.0 <sup>a</sup>	1.7	$10.0 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$
loose housing, sloped floor	Laufstall, Tretmist	2.5 <sup>b</sup>	2.2	$12.5 \cdot 10^{-3}$	$6.2 \cdot 10^{-3}$

<sup>a</sup> Assumption: same value as for heifers, tied systems (cf. Table 4.34)

<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 365

##### 4.6.7.3 Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und von der Weide

The TAN related emission factors for cattle are used (see Table 4.20).

The  $\text{NH}_3$ -N emission factor for grazing is  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN excreted (EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7).

$\text{N}_2\text{O}$  and NO emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.5. For further details see Chapters 3.3.4.3.5 and 4.3.8.5.1.

Es werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren für Rinder verwendet (vgl. Table 4.3).

Der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktor für Weidegang beträgt  $0,06 \text{ kg kg}^{-1}$  (EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$  und NO werden nach Kapitel 11.5 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.3.4.3.5 und 4.3.8.5.1.

##### 4.6.7.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung

For the emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage see Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

The emission factors of  $\text{NH}_3$  for the different spreading techniques and times before incorporation are given in Chapter 4.2.2.3.

$\text{NO}$  emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

$\text{NO}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.6.7.5 Indirect $\text{N}_2\text{O}$ from manure management / Indirektes $\text{N}_2\text{O}$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 4.6.7.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

#### 4.6.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 4.44. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Information on the frequency distribution of the various housing systems and the duration of grazing is obtained from RAUMIS and the respective data supplied by the official statistics (see Chapter 3.4.3).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 4.44 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Angaben zur Verteilung der verschiedenen Stallformen und zur Dauer der Weidehaltung werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus der Agrarstatistik entnommen (siehe Kapitel 3.4.3).

**Table 4.44: Male beef cattle, emission factors for particle emissions from housing (first estimates)**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{10}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$
straw based	strohbasierend	0.52	0.24	0.16
slurry based	güllebasierend	0.69	0.32	0.21

Source: EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6 (with TSP = ID [inhalable dust])

#### 4.6.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

The subsequent table lists the references to information provided in the data collection (see Chapter 2.4).

Die nachfolgende Tabelle enthält Verweise auf die Informationen in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

**Table 4.45: Male beef cattle, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.04	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.04	
		NM VOC	EM1007.04	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.10	EM1009.12
		N <sub>2</sub> O	EM1009.94	
		NO	EM1009.124	
		TSP	EM1010.04	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.34	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.64	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.04	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.04	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.04	
		NM VOC	IEF1007.04	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.10	EF1009.12
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.88	
		NO	IEF1009.116	
		TSP	IEF1010.04	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.32	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.60	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.98	AI1005CAT.128
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.16	EXCR.20

## 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.

In the inventory, the animal category „suckler cows“ comprises not only the suckler cows (survey category K in Table 4.1), but also cows for fattening and slaughtering (survey category L in Table 4.1). This approach represents the practice used as of 2008 by the Federal Statistical Office, i. e. counting both types of cows together as “other cows”.

As of Submission 2015 the animal category „suckler cows“ also comprises, for the years 1990 – 2012, buffalo that constituted a separate animal category in former submissions. For details see Chapter 3.4.2.

In the inventory, the category “suckler cows” is a subcategory of „other cattle“, see Chapter 4.9.

The emissions of the animal category “Suckler cows” are calculated according to the methods listed in Table 4.46.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Mutterkuh-Herden dienen der Produktion von absetzbaren Kälbern. Mutterkühe werden im Stall als auch ganzjährig auf der Weide gehalten.

Die Tierkategorie „Mutterkühe“ im Inventar umfasst neben den Mutterkühen (Erhebungskategorie K in Table 4.1) auch die Schlacht- und Mastkühe (Erhebungskategorie L in Table 4.1). Diese Vorgehensweise ist eine Anpassung an die seit 2008 geübte Praxis des Statistischen Bundesamtes, diese beiden Kategorien undifferenziert zusammen als „andere Kühe“ zu erfassen.

Ab Submission 2015 werden der Kategorie „Mutterkühe“ für die Zeitreihenjahre 1990 – 2012 zusätzlich noch die Büffel zugeschlagen, die bis zu Submission 2014 eine eigenständige Tierkategorie bildeten (siehe Kapitel 3.4.2).

Im Inventar ist die Kategorie „Mutterkühe“ eine Unterkategorie der „übrigen Rinder“, siehe Kapitel 4.9.

Die Emissionen der Tierkategorie „Mutterkühe“ werden nach den in Table 4.46 zusammengestellten Methoden berechnet.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 4.46: Suckler cows, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 4.7.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 4.7.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

In the inventory, the subcategory “suckler cows” comprises “Ammen- und Mutterkühe” (suckler cows) and “Schlacht- und Mastkühe” (cows for slaughtering and fattening), and for 1990 – 2012 also buffalo.

Animal numbers as provided by the statistical offices of the federal states (STATLA C III 1 – vj 4), i.e. the sum of  $n_K$  and  $n_L$  in Table 4.1. For buffalo numbers see Chapter 4.1.2.

Hence the total animal number of the animal category “suckler cows” is calculated as follows:

$$n_{sc} = n_K + n_L + n_{bu} \quad (4.81)$$

$n_{sc}$	number of suckler cows considered
$n_K$	animal numbers of type K in the German census (see Table 4.1)
$n_L$	animal numbers of type L in the German census (see Table 4.1)
$n_{bu}$	numbers of buffalo: $n_{bu} = 0$ as of 2013; for 1990 – 2012 see Chapter 4.1.2

For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1. These uncertainties are inevitably used also for buffalo numbers  $n_{bu}$ .

Die Tierzahl der Tierkategorie „Mutterkühe“ im Inventar umfasst die Tierzahlen aus der Statistik für „Ammen und Mutterkühe“ und „Schlacht- und Mastkühe“, sowie bis zum Zeitreihenjahr 2012 die Büffel (s.o.).

Die Daten für „Ammen und Mutterkühe“, und „Schlacht- und Mastkühe“ entstammen den Publikationen der Statistischen Landesämtern (STATLA C III 1 – vj 4). Zu den Büffeln siehe Kapitel 4.1.2.

Die Tierplatzzahl der Tierkategorie „Mutterkühe“ wird demnach wie folgt gebildet:

Zu den Unsicherheiten der Rinderzahlen siehe Kapitel 4.1. Diese Unsicherheiten werden zwangsläufig auf die Büffelanteile in Gleichung (4.81) übertragen.

#### 4.7.1.2 Animal weight / Tiergewicht

According to KTBL (2008), pg. 584, live weights range between 600 and 800 kg an<sup>-1</sup>, depending on the race. However, the lighter races are more frequent than the heavier ones. The inventory assumes for the animal category “suckler cows” a mean weight of 650 kg an<sup>-1</sup>.

Nach KTBL (2008), S. 584, liegt das Gewicht einer Mutterkuh je nach Rasse zwischen 600 und 800 kg an<sup>-1</sup>, wobei die leichteren Rassen bevorzugt werden. Das Inventar geht für die Tierkategorie „Mutterkühe“ von einem mittleren Gewicht von 650 kg an<sup>-1</sup> aus.

#### 4.7.2 Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme

According to KTBL (2006b), p. 485, the annual requirements of a suckler cow are assumed to be  $3.6 \cdot 10^4$  MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> and that a share of 1620 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is taken in with concentrates. The rest of 34,380 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is taken with pasture grass and grass silage. For the inventory the ME intake with pasture grass is calculated by multiplying 34,380 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> with the fraction of one year's time that is spent on pasture by the suckler cow. The rest of 34,380 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> is considered ME intake with grass silage.

ME contents, digestibilities and metabolizabilities of these feed components are provided in Table 4.33 in Chapter 4.5.3. With these parameters the daily intake of dry matter and gross energy (GE) is calculated by analogy to the procedures described for heifers, see Chapter 4.5.3, equations (4.75) and (4.76). In spite of varying percentages of the year spent on pasture (1990: 42,7 %; 2015: 51,5 %) the results differ only slightly: The overall digestibility of complete diet is 0.683 MJ MJ<sup>-1</sup> for 1990 and 0.684 MJ MJ<sup>-1</sup> for 2015; the metabolizability is 0.552 MJ MJ<sup>-1</sup> (1990) and 0.553 MJ MJ<sup>-1</sup> (2015); the GE content is 18.27 MJ kg<sup>-1</sup> (1990) and 18.23 MJ kg<sup>-1</sup> (2015).

Nach KTBL (2006b), S. 485, wird die von einer Mutterkuh jährlich benötigte metabolisierbare Energie (ME) mit 36.000 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> angesetzt, wovon 1.620 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> durch Kraftfutter gedeckt werden. Die übrigen 34.380 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> werden durch Weidegras und Grassilage aufgenommen. Für das Inventar wird die ME-Aufnahme über Weidegras durch Multiplikation von 34.380 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> mit dem relativen Anteil eines Jahres, der auf der Weide verbracht wird, berechnet. Der ME-Beitrag aus Grassilage ergibt sich als Restglied.

Zu ME-Gehalt, Verdaulichkeit und Umsetzbarkeit dieser Futterrationenkomponenten siehe Table 4.33 in Kapitel 4.5.3. Mit diesen Kennwerten erfolgt die Berechnung der täglichen Aufnahme von Trockenmasse und Gesamtenergie (GE) analog zur Vorgehensweise bei den Färsen, siehe Kapitel 4.5.3, Gleichungen (4.75) und (4.76). Trotz veränderlicher Weidezeitanteile (1990: 42,7 %; 2015: 51,5 %) variieren die Ergebnisse nur geringfügig: Die Verdaulichkeit der Ration liegt bei 0,683 MJ MJ<sup>-1</sup> für 1990 und 0,684 MJ MJ<sup>-1</sup> für 2015, die Umsetzbarkeit bei 0,552 MJ MJ<sup>-1</sup> (1990) und 0,553 MJ MJ<sup>-1</sup> (2015) und der GE-Gehalt bei 18,27 MJ kg<sup>-1</sup> (1990) bzw. 18,23 MJ kg<sup>-1</sup> (2015).

#### 4.7.3 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 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 4.7.2) and the methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  as input.

The methane conversion rate was used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0.065$  MJ MJ<sup>-1</sup>.

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.7.2) mithilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wurde IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065$  MJ MJ<sup>-1</sup>.

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar. IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.7.4 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 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are ob-

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Stufe-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter

tained as weighted means from the properties of feed constituents, see Chapter 4.7.2. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is  $0.723 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content for 2010 amounts to  $0.109 \text{ kg kg}^{-1}$  (related to dry matter of feed).

For the diet-related input data needed for the IPCC approach see Chapter 4.7.2. In accordance with IPCC(2006)-10.42, the ash content is assumed to be  $0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

German data on the uncertainty of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

#### 4.7.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten, siehe Kapitel 4.7.2. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0,723 \text{ kg kg}^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0,109 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Die für den IPCC-Ansatz benötigten futterbezogenen Daten sind in Kapitel 4.7.2 angegeben. Für den Aschegehalt wird nach IPCC(2006)-10.42  $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$  angenommen.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme ( $MCF$ ) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.7.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

##### 4.7.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

Considering the different types of animals in the animal category "suckler cows" it is not tried to establish a N balance which would be the basis for the calculation of nitrogen excretions. Hence, in accordance with KTBL (2006b), pg. 490, the annual nitrogen excretion is assumed to amount to  $82 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . According to EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9) the N excretions' TAN content is 60 % for suckler cows and cows for slaughtering, and 50 % for buffalo. The inventory conservatively uses 60 %.

Aufgrund der gemischten Zusammensetzung der Kategorie „Mutterkühe“ (siehe Kapitel 4.7.1.1) wird darauf verzichtet, eine tierische N-Bilanz zu erstellen. Daher wird nach KTBL (2006b), S. 490, eine jährlich N-Ausscheidung von  $82 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  angesetzt. Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen beträgt nach EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9, für Mutterkühe und Schlachtkühe 60 %, für Büffel 50 %. Für das Inventar wird in konservativer Weise der Wert 60 % übernommen.

##### 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 amounts of N are given in Table 4.47. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 4.47 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.



**Table 4.47: Suckler cows, N inputs with straw in solid-manure systems**

Housing type	Haltungssystem	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	Anbindehaltung	5.0 <sup>a</sup>	4.3	24.9·10 <sup>-3</sup>	12.5·10 <sup>-3</sup>
loose housing, deep bedding	Laufstall, Tiefstreu	8.0 <sup>b</sup>	6.9	39.9·10 <sup>-3</sup>	20.0·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 221  
<sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 385

#### 4.7.6.3 Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und von der Weide

For housing, the TAN related emission factors for cattle are used (see Table 4.3).

The NH<sub>3</sub>-N emission factor for grazing is 0.06 kg kg<sup>-1</sup>, related to TAN excreted (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

Für den Stall werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren für Rinder verwendet (vgl. Table 4.3).

Der auf TAN bezogene NH<sub>3</sub>-N-EF für Weidegang beträgt 0,06 kg kg<sup>-1</sup> (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

#### 4.7.6.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus 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 Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

The emission factors of NH<sub>3</sub> for the different spreading techniques and times before incorporation are given in Chapter 4.2.2.3

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren von NH<sub>3</sub> für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.7.6.5 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 4.7.6.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

#### 4.7.7 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 4.48. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 4.48 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 4.48: Suckler cows, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.52	0.24	0.16
slurry based	güllebasierend	0.69	0.32	0.21

Source: EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6 (with TSP = ID [inhalable dust])

Information on the frequency distribution of the various housing systems and the duration of grazing is obtained from RAUMIS and the respective data supplied by the official statistics (see Chapter 3.4.3).

Die Angaben zur Verteilung der verschiedenen Stallformen und zur Dauer der Weidehaltung werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus der Agrarstatistik entnommen (siehe Kapitel 3.4.3).

4.7.8 *References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung*

**Table 4.49: Suckler cows, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.05	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.05	
		NM VOC	EM1007.05	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.13	EM1009.15
		N <sub>2</sub> O	EM1009.95	
		NO	EM1009.125	
		TSP	EM1010.05	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.35	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.65	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.05	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.05	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.05	
		NM VOC	IEF1007.05	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.13	IEF1009.15
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.89	
		NO	IEF1009.117	
		TSP	IEF1010.05	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.33	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.61	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.129	AI1005CAT.158
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.21	EXCR.25

## 4.8 Mature males > 2 years / Männliche Rinder > 2 Jahre

In the inventory, the category “Mature males > 2 years” is a subcategory of „other cattle“, see Chapter 4.9.

The emissions are calculated according to the methods listed in Table 4.50.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Im Inventar ist die Kategorie „Männliche Rinder > 2 Jahre“ eine Unterkategorie der „übrigen Rinder“, siehe Kapitel 4.9.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.50 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 4.50: Mature males > 2 years, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	Enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	Manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	Manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	Manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 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.

$$n_{mm} = n_G$$

(4.82)

$n_{mm}$	number of mature males > 2 years considered
$n_G$	animal numbers of type G in the German census (see Table 4.1)

For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1

Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Kapitel 4.1.

#### 4.8.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The weight of mature males > 2 years is assumed to be 1000 kg per animal as given in KTBL (2004), pg. 350, for stud bulles.

The weight gain of the mature males > 2 years is considered negligible.

Für das Gewicht von männlichen Rindern > 2 Jahre wird das in KTBL (2004), S. 350, für Zuchtbullen angegebene Gewicht angesetzt: 1000 kg.

Das Wachstum der männlichen Rinder > 2 Jahre wird als vernachlässigbar angesehen.

### 4.8.2 Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme

As the weight gain of the mature males > 2 years is considered negligible, only the requirements of metabolizable energy for maintainance have to be taken into account. It is assumed that these requirements can be represented by the requirements of a stud bull which, according to KIRCHGESSNER et al. (2008), pg. 460, are 110 MJ  $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$  for an animal weight of 1000 kg  $\text{an}^{-1}$ .

For the inventory calculations data on digestibility and metabolizability of the feed is needed:

There is no IPCC default value for the metabolizability. KIRCHGESSNER et al. (2008), pg. 461, present two examples of feed compositions which mostly consist of grass and maize silage (examples No. I and No. II). Using typical feed component properties (see e. g. Table 4.33), an order of magnitude of 55 % can be estimated for the metabolizability. This value is used in the inventory.

Da das Wachstum der männlichen Rinder > 2 Jahre als vernachlässigbar angesehen wird, ist lediglich der Bedarf an metabolisierbarer Energie (ME) für Erhaltung von Bedeutung. Hierfür wird der Erhaltungsbedarf eines Zuchtbullen zugrunde gelegt, der nach KIRCHGESSNER et al. (2008), S. 460, für ein Tiergewicht von 1000 kg  $\text{an}^{-1}$  mit 110 MJ  $\text{pl}^{-1} \text{d}^{-1}$  angesetzt wird.

Für die Inventarberechnungen werden die Verdaulichkeit und die Umsetzbarkeit des Futters benötigt:

Für die Umsetzbarkeit existiert kein IPCC-Standardwert. Die von Gras- und Maisilage dominierten Rationsbeispiele I und II in KIRCHGESSNER et al. (2008), S. 461, lassen unter Berücksichtigung von typischen Futterkennwerten (siehe u. a. Table 4.33) auf eine Umsetzbarkeit in der Größenordnung von 55 % schließen. Mit diesem Wert wird im Inventar gerechnet.

The digestibility of the feed is taken to be 60 % according to IPCC (2006)-10.73.

Then, assuming a feed intake according to the requirements, the ME requirements given in Chapter 4.8.2 lead to a daily gross energy intake of  $GE_{mm} = 200 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

This leads, using the IPCC default for the GE content of the dry matter intake ( $18.45 \text{ kg MJ kg}^{-1}$ , IPCC (2006)-10.21), to an annual intake of dry matter of  $200 \cdot 365 / 18.45 = 3956.6 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

As a default N excretion rate is used (see Chapter 4.8.6.1), there is no need to calculate feed intake.

#### 4.8.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $\text{CH}_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. It requires gross energy intake (see Chapter 4.8.2) and methane conversion factor  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$ .

The methane conversion rate is used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for  $\text{CH}_4$  from enteric fermentation do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

#### 4.8.4 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, see Chapter 3.3.4.1.

The amounts of "volatile solids" (VS) excreted are principally calculated according to the approach of DÄMMGEN et al. (2011a). However, missing input data on dry matter intake and ash content have to be approximated by using data given in IPCC (2006), see Chapter 3.3.3.1. In accordance with IPCC(2006)-10.42 the inventory assumes an ash content of  $0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ .

For the treatment of digestibility see Chapter 4.8.2.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 4.2 (see Chapter 4.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

German data on the uncertainty of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die Verdaulichkeit des Futters wird nach IPCC (2006)-10.73 mit 60 % angesetzt.

Damit folgt aus dem täglichen ME-Bedarf nach Kapitel 4.8.2 bei der vorausgesetzten bedarfsgerechter Fütterung eine tägliche Gesamtenergie-Aufnahme von  $GE_{mm} = 200 \text{ MJ an}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

Daraus wird mithilfe des IPCC-Defaultwertes zum GE-Gehalt der aufgenommenen Trockenmasse ( $18,45 \text{ kg MJ kg}^{-1}$ , IPCC (2006)-10.21) auf die jährlich aufgenommene Trockenmasse zurückgerechnet:  $200 \cdot 365 / 18,45 = 3956,6 \text{ kg an}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Da mit einem Standardwert für die N-Ausscheidung gerechnet wird (siehe Kapitel 4.8.6.1), erübrigt sich die Berechnung der aufgenommen Futtermenge.

Die  $\text{CH}_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.8.2) mithilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der Methan-Umwandlungsfaktor wird IPCC(2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen:  $x_{\text{CH}_4, \text{bf}} = 0,065 \text{ MJ MJ}^{-1}$ .

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für  $\text{CH}_4$  aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar. IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die Berechnung der VS-Ausscheidung erfolgt zwar prinzipiell nach dem aktualisierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a), muss aber fehlende Daten zu Trockenmasseaufnahme und Aschegehalt nach IPCC (2006) approximieren, siehe dazu Kapitel 3.3.3.1). Nach IPCC(2006)-10.42 wird für den Aschegehalt  $0,08 \text{ kg kg}^{-1}$  angenommen.

Zur Verdaulichkeit siehe Kapitel 4.8.2.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (MCF) sind Table 4.2 in Kapitel 4.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 4.8.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.8.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 4.8.6.1 N excretion / N-Ausscheidung

In accordance with KTBL (2006b), pg. 412, the nitrogen excretion is assumed to amount to  $84 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ , 60 % of which is assumed to be TAN (according to (EMEP, 2016-3B-29, Table 3.9, other cattle).

Nach KTBL (2006b), S. 412, werden N-Ausscheidungen von  $84 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  angenommen. Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird mit 60 % angesetzt (EMEP, 2016-3B-29, Table 3.9, andere Rinder).

##### 4.8.6.2 N input with straw / N-Eintrag mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

The amount of straw fresh matter is  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  or  $24.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl} \cdot \text{d)}^{-1}$  ( $12.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl} \cdot \text{d)}^{-1}$ , respectively).

As no bedding is required during the grazing period, the amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Die Menge der Einstreu wird für alle Haltungssysteme gleich mit  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Strohfrischmasse angesetzt bzw.  $24.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl} \cdot \text{d)}^{-1}$ , entsprechend  $12.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl} \cdot \text{d)}^{-1}$ .

Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

##### 4.8.6.3 Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und von der Weide

For housing, the TAN related emission factors for cattle are used (see Table 4.3).

As  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for grazing  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN excreted, is assumed ((EMEP, 2016-3B-29, Table 3.9, other cattle).

Für den Stall werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren für Rinder verwendet (vgl. Table 4.3).

Für Weidegang wird der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor mit  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$  angenommen ((EMEP, 2016-3B-29, Table 3.9, andere Rinder).

##### 4.8.6.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung

For the emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  from storage see Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

The emission factors of  $\text{NH}_3$  for the different spreading techniques and times before incorporation are given in Chapter 4.2.2.3.

NO emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren für  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren von  $\text{NH}_3$  für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 4.8.6.5 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 4.8.6.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

#### 4.8.7 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 4.51. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Information on the frequency distribution of the various housing systems and the duration of grazing is obtained from RAUMIS and the respective data supplied by the official statistics (see Chapter 3.4.3).

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 4.51 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die Angaben zur Verteilung der verschiedenen Stallformen und zur Dauer der Weidehaltung werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus der Agrarstatistik entnommen (siehe Kapitel 3.4.3).

**Table 4.51: Mature males > 2 years, emission factors for particle emissions from housing (first estimates)**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.52	0.24	0.16
slurry based	güllebasierend	0.69	0.32	0.21

Source: EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6 (with TSP = ID [inhalable dust])

#### 4.8.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 4.52: Mature males > 2 years, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.06	EM1009.18
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.06	
		NMVOC	EM1007.06	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.16	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.96	
		NO	EM1009.126	
		TSP	EM1010.06	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.36	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.66	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.06	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.06	IEF1009.18
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.06	
		NMVOC	IEF1007.06	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.16	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.90	
		NO	IEF1009.118	
		TSP	IEF1010.06	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.34	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.62	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.159	AI1005CAT.188
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.26	EXCR.30

#### 4.9 Aggregated data for cattle except dairy cows (other cattle) / Zusammenfassung: Rinder ohne Milchkühe (übrige Rinder)

In the following subchapters, the data for the animal categories Calves (Chapter 4.4), heifers (Chapter 4.5), male beef cattle (Chapter 4.6), suckler cows (Chapter 4.7) and mature males > 2 years (Chapter 4.8) are summarised as “other cattle” for reporting purposes. As the guidance documents available do not provide explicit methods to derive mean properties, the aggregation equations used in the German inventory are shown in the subsequent sub-chapters.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.53.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Daten der Tierkategorien Kälber (Kapitel 4.4), Färsen (Kapitel 4.5), männliche Mastrinder (Kapitel 4.6), Mutterkühe (Kapitel 4.7) und männliche Rinder > 2 Jahre (Kapitel 4.8) für die Berichterstattung als „übrige Rinder“ zusammengefasst. Da die verfügbaren Regelwerke keine expliziten Verfahren für die Berechnung mittlerer Eigenschaften aufweisen, werden nachfolgend auch die verwendeten Aggregationsgleichungen aufgeführt.

Die Emissionen werden nach den in Table 4.53 zusammengestellten Methoden berechnet.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 4.53: Other cattle, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2/3	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

##### 4.9.1 Animal numbers / Tierzahlen

In some subcategories animal numbers differ from those of the official statistics. The overall number of other cattle is given by

Die Tierzahlen der Unterkategorien weichen teilweise von denen der amtlichen Statistik ab. Ihre Summe ist gegeben durch

$$\begin{aligned}
 n_{oc} &= n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm} \\
 &= n_A + n_B + n_C + n_D + n_E + n_F + n_G + n_H + n_I + n_J + n_K + n_L
 \end{aligned}
 \tag{4.83}$$

$n_{oc}$	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 male beef cattle places, 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 mature males > 2 years places, 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)

The quantity  $n_{oc}$  is equivalent to the total number of cattle places minus the number of dairy cow places.

For the uncertainties of the numbers of animal places see Chapter 4.1

Die Größe  $n_{oc}$  entspricht der Summe aller Rinder-Plätze abzüglich der Anzahl der Milchkühe-Plätze.

Zu den Unsicherheiten der Tierplatzzahlen siehe Kapitel 4.1.

##### 4.9.2 Aggregation of IEF and animal characteristics / Aggregation von IEF und Tiercharakteristika

For the aggregation of the animal category “other cattle” the mean values of the following quantities are calculated:

Für die Aggregation der Kategorie „Übrigen Rinder“ wird jeweils der Mittelwert der folgenden Größen berechnet:

- emission factors (IEF)
- animal weight
- intake of feed dry matter (DM)
- intake of gross energy (GE)
- VS excretions
- N excretions
- relative content of TAN in N excretions
- Emissionsfaktoren (IEF)
- Tiergewicht
- Aufnahme von Futter-Trockenmasse (DM)
- Aufnahme von Futter-Gesamtenergie (GE)
- VS-Ausscheidung
- N-Ausscheidung
- Relativer TAN-Gehalt der N-Ausscheidung



- Methane conversion factor, enteric fermentation ( $x_{CH_4, GE}$ )
- digestibility of organic matter ( $X_{DOM}$ )
- digestibility of energy ( $X_{DE}$ )
- ash content of feed ( $x_{ash}$ )
- shares of manure management systems
- methane conversion factor, manure management ( $MCF$ )
- pregnancy
- Methan-Umwandlungsfaktor, Verdauung ( $x_{CH_4, GE}$ )
- Verdaulichkeit organischer Substanz ( $X_{DOM}$ )
- Verdaulichkeit von Energie ( $X_{DE}$ )
- Aschegehalt des Futters ( $x_{ash}$ )
- relative Wirtschaftsdüngersysteme-Anteile
- Methan-Umwandlungsfaktor, Wirtschaftsdünger-Management ( $MCF$ )
- Trächtigkeit

These data can be grouped into two categories: On the one hand the quantities that are related to the animal or the animal place (IEF, animal weight, intake of DM and GE, excretions of VS and N); on the other hand the relative quantities (often given as percentages). For the first category the averaging is performed by weighting with the animal place numbers (see Chapter 4.9.2.1), while the quantities of the second category require a more specific consideration as will be addressed in Chapter 4.9.2.2.

Relative shares of manure management systems represent a special case as they have the units  $pl\ pl^{-1}$  (or % of the animal population) and should a priori be treated like animal-place related quantities as described in Chapter 4.9.2.1. However, for emission reporting, relative shares of manure management systems have to be calculated as percentages of the amounts of VS or N excreted, see Chapter 4.9.2.2.

The mean value of the quantity “pregnancy” is dealt with in Chapter 4.9.2.3.

Diese Daten bilden zwei Kategorien: Zum Einen handelt es sich um tier- bzw. tierplatzbezogenen Größen (IEF, Tiergewicht, Aufnahme von DM und GE, Ausscheidungen von VS und N); zum Anderen sind es relative Größen (oftmals mit der Einheit %). Die Mittelbildung für die erstgenannte Kategorie erfolgt durch Wichtung mit den Tierplatzzahlen (siehe Kapitel 4.9.2.1), während die Kategorie der relativen Größen eine differenziertere Betrachtung erfordert, auf die Kapitel 4.9.2.2 näher eingeht.

Relative Anteile von Wirtschaftsdünger-Managementsystemen stellen insofern einen Sonderfall dar, als sie die Einheit  $pl\ pl^{-1}$  (bzw. % der Tierpopulation) haben und daher a priori tierplatzbezogene Größen sind, die nach Kapitel 4.9.2.1 zu mitteln sind. Für die Emissionsberichterstattung werden allerdings auch relative Anteile von Wirtschaftsdünger-Managementsystemen in Prozent der ausgeschiedenen Mengen von VS und N benötigt. Siehe dazu Kapitel 4.9.2.2.

Zur mittleren Trächtigkeit siehe Kapitel 4.9.2.3.

#### 4.9.2.1 Animal place-related quantities / Tierplatzbezogene Größen

The general rule for the averaging of quantities that are related to the animal or the animal place like IEF, animal weight, intake of DE and GE as well as excretions of VS and N is given by:

$$\varphi_{oc} = \frac{\sum_j (n_j \cdot \varphi_j)}{\sum_j n_j} \quad (4.84)$$

$\varphi_{oc}$	mean of the quantity $\varphi$ for other cattle
$n_j$	number of animal places in subcategory j of other cattle
$\varphi_j$	quantity $\varphi$ for subcategory j other cattle

The numbers of animal places used for weighting are those derived from the official statistics, as described in the respective chapters dealing with the cattle subcategories (see the respective subchapters in the animal description chapters).

Equation (4.84) is also used for the calculation of the mean excretions of TAN. This is needed in order to enable the calculation of the relative content of TAN in the N excretions, see Chapter 4.9.2.2.

Relative shares of manure management systems with the units  $pl\ pl^{-1}$  (or % of the animal population) are related to the animal or the animal place and have to be averaged according to equation (4.84).

Die allgemeine Vorschrift zur Mittelung von tier- bzw. tierplatzbezogenen Größen wie IEF, Tiergewicht, DE- und GE-Aufnahme sowie VS- und N- Ausscheidungen lautet:

Die zur Wichtung verwendeten Tierplatzzahlen entsprechen den im Inventar verwendeten Tierplatzzahlen, die aus den Tierzahlen der Officialstatistik abgeleitet wurden (siehe entsprechende Unterkapitel in den Tierkapiteln).

Gleichung (4.84) wird auch zur Berechnung der mittleren TAN-Ausscheidung verwendet. Dies ist erforderlich, um den relativen TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen in Kapitel 4.9.2.2 zu berechnen.

Relative Anteile von Wirtschaftsdünger-Managementsystemen in der Einheit  $pl\ pl^{-1}$  (bzw. % der Tierpopulation) sind tierplatzbezogene Größen und daher ebenfalls nach Gleichung (4.84) zu mitteln.

In the following the application of equation (4.84) is demonstrated for the animal weight:

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 mature males > 2 years. For this purpose the mean weights of calves (83 kg an<sup>-1</sup>), mature males older than 2 years (1000 kg an<sup>-1</sup>) and suckler cows (650 kg an<sup>-1</sup>) are assumed to be constant, whereas the mean weight of male beef cattle is the arithmetic mean of the final weight of calves (125 kg an<sup>-1</sup>) and the respective (variable) slaughter weight.

$$w_{oc} = \frac{n_{ca} \cdot \frac{w_{start,ca} + w_{fin,ca}}{2} + n_{bf} \cdot \frac{w_{fin,ca} + w_{fin,bf}}{2} + n_{bm} \cdot \frac{w_{fin,ca} + w_{fin,bm}}{2} + n_{sc} \cdot w_{sc} + n_{mm} \cdot w_{mm}}{n_{ca} + n_{bf} + n_{bm} + n_{sc} + n_{mm}} \quad (4.85)$$

$w_{oc}$	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> )

The weighting by animal numbers results in a mean weight for other cattle that represents the mean weight at a reference date. As the the number of animal places is assumed to be constant throughout the year, the mean animal weight is also constant within a year.

#### 4.9.2.2 Relative quantities / Relative Größen

A relative quantity represents the ratio of two absolute quantities A and B. As an example, the mean relative TAN content is the ratio of mean TAN excretion to mean N excretion. Both N excretion and TAN excretion have to be averaged separately using equation (4.84) before both quantities can be combined by division to obtain the relative TAN content.

The same principle applies to the calculation of the methane conversion factor for enteric fermentation ( $x_{CH_4, GE}$ ). The calculation can be based on equation (3.13) in Chapter 3.3.2 by rearranging this equation to yield  $x_{CH_4, GE}$  and using mean quantities of EF and GE obtained by averaging with equation (4.84).

The mean digestibility of organic matter is the ratio of the total of digested organic matter to the total of organic matter available (i.e. the total intake of organic matter). Note that the undigestible fraction of ash in the dry matter intake must be subtracted. The averaging rule for the animal category-specific digestibilities represents a weighted mean of the animal category-specific digestibilities:

$$X_{DOM, oc} = \frac{\sum_j [X_{DOM, j} \cdot n_j \cdot m_{F, dm, j} \cdot (1 - x_{ash, feed, j})]}{\sum_j [n_j \cdot m_{F, dm, j} \cdot (1 - x_{ash, feed, j})]} \quad (4.86)$$

Die Anwendung von Gleichung (4.84) wird im Folgenden für das Tiergewicht verdeutlicht.

Das mittlere Gewicht aller übrigen Rinder zusammen ist das tierplatzzahlgewichtete Mittel der mittleren Gewichte von Kälbern, Färsen, männlichen Mastrindern, Mutterkühen und männlichen Rindern über 2 Jahre. Dazu werden die mittleren Gewichte von Kälbern (83 kg an<sup>-1</sup>), männlichen Rindern über 2 Jahre (1000 kg an<sup>-1</sup>) und Mutterkühen (650 kg an<sup>-1</sup>) als konstant angesehen. Bei Färsen und männlichen Mastrindern wird das arithmetische Mittel zwischen Endgewicht der Kälber (125 kg an<sup>-1</sup>) und variablem Schlachtgewicht angesetzt.

Durch die Tierzahlwichtung stellt das mittlere Gewicht aller übrigen Rinder einen auf einen Stichtag bezogenen Wert dar. Dieses mittlere Gewicht wird wie die Tierplatzzahlen als zeitlich konstant während eines Jahres angesehen.

Relative Größen stellen den Quotient zweier absoluter Größen A und B dar. So ist der mittlere relative TAN-Gehalt das Verhältnis von mittlerer TAN-Ausscheidung zu mittlerer N-Ausscheidung. Sowohl TAN- als auch N-Ausscheidung müssen erst mit Gleichung (4.84) gemittelt werden, ehe aus diesen beiden Teilergebnissen durch Division der mittlere relative TAN-Gehalt berechnet werden kann.

Analog geschieht dies bei der Berechnung des Methan-Umwandlungsfaktor bei der Verdauung ( $x_{CH_4, GE}$ ). Zur Berechnung kann Gleichung (3.13) in Kapitel 3.3.2 verwendet werden, indem diese nach  $x_{CH_4, GE}$  aufgelöst wird und für EF und GE die zuvor nach Gleichung (4.84) berechneten mittleren Werte eingesetzt werden.

Die mittlere Verdaulichkeit der organischen Substanz stellt das Verhältnis von insgesamt verdauter organischer Substanz zu insgesamt verfügbarer (d. h. aufgenommener) organischer Substanz dar. Dabei muss der nicht verdauliche Ascheanteil der Trockenmasse subtrahiert werden. Die Mittelungsvorschrift, die letztlich eine gewichtete Mittelung der tierkategorie-spezifischen Verdaulichkeiten darstellt, lautet damit:

$X_{DOM, oc}$	mean digestibility of organic matter for other cattle (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$X_{DOM, j}$	digestibility of organic matter for cattle category j (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$n_j$	number of animal places in subcategory j of other cattle
$m_{F, dm, j}$	feed intake rate per place (dry matter) for cattle category j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{ash, feed, j}$	ash content of feed for cattle category j (in kg kg <sup>-1</sup> )

The mean digestibility of energy is the ratio of the total intake of digestible energy DE to the total intake of gross energy GE:

$$X_{DE, oc} = \frac{\sum_j [X_{DE, j} \cdot n_j \cdot GE_j]}{\sum_j [n_j \cdot GE_j]} \quad (4.87)$$

$X_{DE, oc}$	mean digestibility of energy for other cattle (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$X_{DE, j}$	digestibility of energy for cattle category j (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$n_j$	number of animal places in subcategory j of other cattle
$GE_j$	gross energy intake per place for cattle category j (in MJ pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The mean ash content of the dry matter taken in with feed is the ratio of the total of feed ash taken in to the total of dry matter intake.

$$x_{ash, feed, oc} = \frac{\sum_j (x_{ash, feed, j} \cdot n_j \cdot m_{F, dm, j})}{\sum_j (n_j \cdot m_{F, dm, j})} \quad (4.88)$$

$x_{ash, feed, oc}$	mean ash content of feed (dry matter) for other cattle (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{ash, feed, j}$	ash content of feed for cattle category j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$n_j$	number of animal places in subcategory j of other cattle
$m_{F, dm, j}$	feed intake rate (dry matter) for cattle category j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

For emission reporting, relative shares of manure management systems are required not only in units of pl pl<sup>-1</sup> (or % of animal population) but also in terms of “% of VS excreted” oder “% of N excreted”. For the latter, the calculation procedure will be presented in the following for the example of VS excretions. The averaging procedure represents the ratio of VS excreted in a given manure management system to the total of VS excreted:

$$\omega_{i, oc} = \frac{\sum_j (\omega_{i, j} \cdot n_j \cdot VS_j)}{\sum_j (n_j \cdot VS_j)} \quad (4.89)$$

$\omega_{i, oc}$	mean of the relative share of manure management system i for other cattle (as fraction of VS excreted)
$\omega_{i, j}$	relative share of manure management system i for subcategory j of other cattle (as fraction of VS excreted)
$n_j$	number of animal places in subcategory j of other-cattle
$VS_j$	VS excretions per place and year in subcategory j of other cattle

Averaging the equation of methane emissions from manure management (equation (3.29) in Chapter 3.3.4.1) and taking into account that the national value of the maximum methane production capacity  $B_o$  is

Die mittlere Verdaulichkeit von Energie ist der Quotient von Gesamtaufnahme an verdaulicher Energie DE zu Gesamtaufnahme an Bruttoenergie GE:

Der mittlere Aschegehalt der Futter-Trockenmasse ergibt sich als Verhältnis von Gesamt-Aschemenge zu Gesamt-Trockenmasseaufnahme:

Für die Emissionsberichterstattung werden relative Anteile von Wirtschaftsdünger-Managementsystemen nicht nur in der Einheit pl pl<sup>-1</sup> (bzw. % der Tierpopulation) benötigt, sondern auch in der Einheit „% des ausgeschiedenen VS“ oder „% des ausgeschiedenen N“. Die Berechnung sei exemplarisch am VS-Beispiel dargestellt. Die Mittelungsvorschrift ergibt sich aus dem Verhältnis der Summe der in einem bestimmten Managementsystem ausgeschiedenen VS-Menge zur insgesamt ausgeschiedenen VS-Menge:

Aus der Mittelung der Methan-Emissionsgleichung für die Wirtschaftsdüngerlagerung (Gleichung (3.29) in Kapitel 3.3.4.1) und dem für alle Rinder einheitlichen Wert der maximalen Methanbildungskapazität  $B_o$  (Kapi-

identical for all cattle categories provides a rule for averaging the methane conversion factor of liquid manure systems over all cattle categories and liquid manure systems available:

$$MCF_{\text{liquid, mean}} = \frac{\sum_{i,j} (MCF_{\text{liquid, i, j}} \cdot MS_{\text{liquid, i, j}} \cdot VS_{\text{liquid, i, j}} \cdot n_j)}{\sum_{i,j} (MS_{\text{liquid, i, j}} \cdot VS_{\text{liquid, i, j}} \cdot n_j)} \quad (4.90)$$

$MCF_{\text{liquid, mean}}$	mean methane conversion factor for liquid systems (in kg kg <sup>-1</sup> )
$MCF_{\text{liquid, i, j}}$	methane conversion factor for a liquid system i and an animal subcategory j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$MS_{\text{liquid, i, j}}$	frequency of a liquid system i and an animal subcategory j (in pl pl <sup>-1</sup> )
$VS_{\text{liquid, i, j}}$	share of VS excreted in a liquid system i for an animal subcategory j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_j$	number of animal places in a subcategory j (in pl)

The overall methane conversion factor of solid manure systems can be calculated by analogy.

Die Berechnung des effektiven Methan-Umwandlungsfaktors von Festmistsystemen erfolgt sinngemäß.

#### 4.9.2.3 Pregnancy / Trächtigkeit

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-ING). City States were not considered for the calculation of the mean. The resulting pregnancy data was provided for emission reporting on an informative basis; it was not used for emission calculations.

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-ING). Die Stadtstaaten wurden bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt. Diese Trächtigkeitsergebnisse werden informationshalber für die Berichterstattung bereitgestellt, sie werden aber nicht für die Emissionsberechnung benötigt.

#### 4.9.3 International comparison / Internationaler Vergleich

Within the framework of quality assurance a comparison of input data and inventory results was made on European level. (For details of the procedure of the comparison see Chapter 4.3.10.)

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleuropäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.10.)

##### 4.9.3.1 Mean IEF for methane from enteric fermentation and mean performance data / Mittlere IEF für Methan aus der Verdauung und mittlere Leistungsdaten

Table 4.54 allows for a comparison of implied emission factors for enteric fermentation and relevant governing entities.

The Netherlands have the lowest and the United Kingdom the highest IEF. The German IEF is located in the lower range. As to the methane conversion rates, Germany is on the same level like the other countries. Hence the lower German IEF is due to the GE intake that marks the lower end of the values reported by the ten countries. It is worth mentioning that the calculation of the German GE intake is based on feeding with typical feed components and feed properties provided by German agricultural specialist literature.

The French animal weight of 434 kg marks the upper end of the animal weights reported, while Denmark represents the lower end with 320 kg. The German animal weight is located somewhat below the arithmetic mean of the values of all countries compared.

As to the digestibility, Germany is located somewhat above the arithmetic mean.

Table 4.54 zeigt die Vergleichsdaten für die Emissionen aus der Verdauung mit wichtigen Einflussgrößen.

Von den zehn Vergleichsländern haben die Niederlande den niedrigsten und das Vereinigte Königreich den höchsten IEF. Deutschland liegt mit seinem IEF im unteren Bereich. Dies ist, da die Methanumwandlungsrate auf etwa dem gleichen Niveau wie bei den anderen Ländern liegt, direkt auf die GE-Aufnahme zurückzuführen, die das untere Ende der Skala der Vergleichsländer markiert. Hierzu ist festzustellen, dass die Berechnung der deutschen GE-Aufnahme auf einer Fütterung mit typischen Futtermitteln und Futtermittelkennwerten aus der deutschen Fachliteratur beruht.

Frankreich markiert mit einem Tiergewicht von rund 434 kg das obere Ende der Skala, während Dänemark mit 320 kg am unteren Ende liegt. Das deutsche Gewicht liegt etwas unterhalb des Mittelwertes aller Länder.

Die deutsche Verdaulichkeit liegt etwas höher als der Mittelwert.

**Table 4.54: Other cattle, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation**

	IEF <sub>CH<sub>4</sub>, ent</sub>	GE intake	mean animal weight	digestibility	Methane conversion rate
	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	kg an <sup>-1</sup>	%	MJ MJ <sup>-1</sup>
Austria	59.90	140.51	418.68	73.14	0.065
Belgium	50.52	131.08	406.44	75.00	0.061
Czech Republic	55.44	130.03	387.66	65.00	0.065
Denmark <sup>a</sup>	41.59	130.24	320.00	71.00	0.065
France	50.74	119.81	433.83	NE	0.064
<b>Germany</b>	<b>43.32</b>	<b>103.76</b>	<b>369.64</b>	<b>69.42</b>	<b>0.064</b>
Netherlands <sup>b</sup>	37.74	94.44	n/c	NE	0.061
Poland	49.65	116.45	316.80	68.54	0.065
Switzerland <sup>b</sup>	47.19	115.09	n/c	60.65	0.063
United Kingdom <sup>c</sup>	65.04	NE	NE	NE	NE
IPCC(2006)-10.15-10.21, 10.29, 10.73, 10.78, Western Europe	57	Equations 10.3-10.16	420	60 to 65	0.065

Source: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables

n/c: no calculation possible due to missing input data; NE: not estimated by the respective country

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island<sup>b</sup> Netherlands and Switzerland: N excretions and animal numbers calculated from CRF data<sup>c</sup> United Kingdom: cattle without dairy cows and all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)

#### 4.9.3.2 Mean IEF for methane from manure management and emission explaining variables / Mittlere IEF für Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management und emissionserklärende Variablen

Table 4.55 shows that the values of the ten countries for IEF for CH<sub>4</sub> from manure management vary largely between 2.15 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Poland) and 12.82 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Denmark). The German IEF is approximately located on the level of the arithmetic mean of all countries, which in turn agrees quite well with the higher one of the IPCC default values (7 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>).

That large span of the IEF values can be attributed to different VS excretions and MCF values, but is mainly due to different frequencies of the use of liquid systems in the various countries. For example, Poland has only 5 % of its animals in liquid systems, which is the lowest percentage of all countries compared, while the Netherlands have the highest percentage with 66 %. Germany is located in the middle range.

Aus Table 4.55 geht hervor, dass die IEF-Werte der zehn Vergleichsländer für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management einen großen Schwankungsbereich zwischen 2,15 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Polen) und 12,82 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Dänemark) aufweisen. Der deutsche IEF liegt nahe am Mittelwert aller Länder, der ziemlich gut dem oberen IPCC-Default von 7 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> entspricht.

Die große Schwankungsbreite der IEF-Werte kann, außer auf unterschiedliche VS-Ausscheidungen und MCF-Werte, vor allem darauf zurück geführt werden, dass es eine sehr unterschiedlich Verbreitung von Flüssigmist-Systemen gibt. So liegt Polen auch hier mit rund 5 % am unteren Ende, während die Niederlande mit über 66 % am oberen Ende liegen. Deutschland liegt auch hier in der Mitte.

**Table 4.55: Other cattle, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for CH<sub>4</sub> from manure management**

	IEF <sub>CH<sub>4</sub></sub> manure management	VS excreted	liquid systems (without anaerobic digestion)	
			frequency	MCF
	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	%	%
Austria	4.99	2.17	24.88	8.48
Belgium	2.92	1.62	18.45	19.00
Czech Republic	9.04	2.81	42.00	17.00
Denmark <sup>a</sup>	12.82	3.26	31.60	4.82
France	4.92	1.91	22.13	20.93
<b>Germany</b>	<b>6.93</b>	<b>1.37</b>	<b>31.61</b>	<b>15.37</b>
Netherlands <sup>b</sup>	8.73	1.29	66.44	15.91
Poland	2.15	1.88	5.06	17.00
Switzerland	8.45	2.49	47.39	13.71
United Kingdom <sup>c</sup>	8.91	2.97	9.86	11.40
IPCC(2006)- 10.78, Western Europe, cool region, 10°C/11°C	6 to 7	2.6	25.2	17 to 19

Source: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island<sup>b</sup> calculated from original CRF data<sup>c</sup> United Kingdom: cattle without dairy cows and all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)

The German VS excretions mark, along with those of the Netherlands, the lower end of the range.

Die deutsche VS-Ausscheidung markiert mit der der Niederlande das untere Ende der Skala.

#### 4.9.3.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

Table 4.56 shows the N excretions (total N excretion including amounts of N excreted on pasture) as well as the IEF for NH<sub>3</sub> from manure management.

The extremely high Belgian N excretion is unplausible. The German value is in the midfield.

The NH<sub>3</sub> IEF is based on the current EMEP Guidebook (EMEP (2016); hence it comprises the emissions from housing plus storage *but not* from spreading. As this IEF is not directly reported it had to be calculated for all other countries than Germany from reported NH<sub>3</sub> emissions and animal numbers. The German NH<sub>3</sub> IEF is in the middle range of all countries. The Czech and the Polish IEFs are comparatively high; maybe those two countries still followed the former Guidebook (EMEP, 2013) and included NH<sub>3</sub> emissions during spreading. For sake of better comparability, Table 4.56 provides the default IEFs both from EMEP (2013) and EMEP (2016).

For the IEFs for direct N<sub>2</sub>O from manure management, the very high Czech value could most likely be due to a calculation or transmission error. The two very low values (France and Switzerland) can not be explained with available data. The remaining countries range from 0.240 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Poland) to 0.565 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Belgium). Germany is about 10% above the mean.

Table 4.56 zeigt die Gesamt-N-Ausscheidungen (ohne Abzug für Weidegang) sowie den IEF für NH<sub>3</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Die extrem hohe belgische N-Ausscheidung ist unplausibel. Der deutsche Wert liegt im Mittelfeld.

Der NH<sub>3</sub>-IEF umfasst nach dem aktuellen EMEP Guidebook (EMEP, 2016) die Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management *ohne* Ausbringung. Da der IEF nicht direkt berichtet wird, musste er für alle Länder außer Deutschland aus berichteten NH<sub>3</sub>-Emissionen und Tierzahlen berechnet werden. Der deutsche NH<sub>3</sub>-IEF liegt im mittleren Bereich des Vergleichsspektrums. Die IEFs von Tschechischer Republik und Polen sind vergleichsweise hoch; möglicherweise folgten diese Länder noch dem früheren Guidebook (EMEP (2013) und bezogen die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Ausbringung in den IEF mit ein. Zur besseren Vergleichbarkeit zeigt Table 4.56 die IEFs aus EMEP (2013) und EMEP (2016).

Beim direkten N<sub>2</sub>O aus Wirtschaftsdünger-Management könnte der sehr hohe tschechische IEF auf einen Berechnungs- oder Übertragungsfehler zurückgehen. Auch die beiden sehr niedrigen Werte (Frankreich und Schweiz) lassen sich mit vorliegenden Daten nicht erklären. Die übrigen Länder liegen im Bereich von 0,240 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Polen) bis 0,565 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Belgien). Deutschland liegt dabei etwa 10 % oberhalb des Mittelwertes.

**Table 4.56: Other cattle, 2015, international comparison of N excretion rates and implied emission factors of NH<sub>3</sub> from manure management (housing and storage, without spreading)**

	N excreted (incl. grazing) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	number of animals 1000 pl	NH <sub>3</sub> emission IEF <sub>NH3</sub> IEF <sub>N2O, direct</sub> (manure management without spreading) Gg a <sup>-1</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>		
Austria	45.99	1423.46	9.5	6.69	0.362
Belgium	162.51	1935.66	5.4	2.77	0.565
Czech Republic	66.55	827.00	17.1	20.62	0.867
Denmark <sup>a</sup>	43.09	990.94	3.4	3.45	0.369
France	59.31	15622.94	167.6	10.73	0.088
<b>Germany</b>	<b>42.45</b>	<b>8350.81</b>	<b>68.7</b>	<b>8.22</b>	<b>0.402</b>
Netherlands <sup>b</sup>	41.46	2512.09	10.4	4.15	n/c
Poland	n/a	3516.21	44.9	12.77	0.240
Switzerland <sup>b</sup>	39.15	971.04	7.8	8.06	0.089
United Kingdom <sup>c</sup>	53.47	6565.21	29.9	4.55	0.260
IPCC(2006)-10.59 <sup>d</sup>	50.6				
EMEP(2013)-3B-27, 14	41			9.2 to 13.4	
EMEP(2016)-3B-29, 16	41			6.2 to 6.9	

Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables; CEIP (2017), NFR Table

n/a: not available; n/c: no calculation possible due to missing input data

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

<sup>b</sup> calculated from original CRF data

<sup>c</sup> United Kingdom: cattle without dairy cows and all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)

<sup>d</sup> IPCC N excretion: calculated using the IPCC default animal weight (420 kg)

#### 4.9.3.4 Mean IEF for particulate matter / Mittlere IEF für Partikel

Table 4.57 presents the IEFs for TSP, PM and NMVOC. Austria didn't report any of these values. Most of the other countries did not report an IEF for NMVOC.

Table 4.57 zeigt die IEFs für TSP, PM und NMVOC. Österreich berichtet keinen dieser Werte. Die anderen Länder machen zumeist keine Angaben zu NMVOC.

The Dutch values for TSP, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> are strikingly low. Possibly these values are wrong due to transcription errors. This might also be the reason for the Polish value for PM<sub>2.5</sub> that is quite low, or for the very high Polish values for TSP and PM<sub>10</sub>. Switzerland also has comparatively low IEF values for TSP, PM<sub>10</sub> und especially PM<sub>2.5</sub>. The German IEF values are consistent with the values reported by the Czech Republic, Denmark and United Kingdom.

Bei TSP, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> fallen die sehr niedrigen niederländischen Werte auf. Möglicherweise handelt es sich um fehlerhaft berichtete Werte, wie dies auch bei dem sehr niedrigen polnischen Wert für PM<sub>2.5</sub> und den sehr hohen polnischen Werten für TSP und PM<sub>10</sub> der Fall sein könnte. Die Schweiz weist relativ niedrige Werte für TSP, PM<sub>10</sub> und insbesondere PM<sub>2.5</sub> auf. Die deutschen Werte sind konsistent mit den Werten von Tschechien, Dänemark und Vereinigtem Königreich.

**Table 4.57: Other cattle, 2015, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC**

	IEF <sub>TSP</sub> kg pJ <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF <sub>PM10</sub> kg pJ <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF <sub>PM2.5</sub> kg pJ <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF <sub>NMVOC</sub> kg pJ <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	IE	IE	IE	NA
Belgium	0.58	0.27	0.18	6.806
Czech Republic	0.46	0.21	0.14	NE
Denmark <sup>a</sup>	0.49	0.23	0.15	7.587
France	0.26	0.12	0.08	IE
<b>Germany</b>	<b>0.48</b>	<b>0.22</b>	<b>0.15</b>	<b>8.902</b>
Netherlands	0.05	0.05	0.01	NE
Poland	0.89	0.40	0.01	NA
Switzerland	0.13	0.13	0.02	NE
United Kingdom <sup>b</sup>	0.50	0.23	0.15	7.373
EMEP (2013)-3B-17, 16; EMEP (2016)-3B-19, 18	0.59 (calves: 0.34)	0.27 (calves: 0.16)	0.18 (calves: 0.10)	8.902 <sup>c</sup>

Source: Germany: Submission 2018; all other countries: CEIP (2017), IEFs calculated from original NFR data  
 IE, NA, NE: No data available for different reasons  
<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island  
<sup>b</sup> United Kingdom: cattle without dairy cows and all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)  
<sup>c</sup> NMVOC default value for feeding with silage

Due to the few data reported on NMVOC there is paractically no way for a meaningful comparison on Central European level. Among the countries that reported on NMVOC Belgium is located at the lower end; at the top end Germany is to be found that used the EMEP default (given for feeding with silage).

Aufgrund der wenigen Angaben zu NMVOC ist ein sinnvoller mitteleuropäischer Vergleich kaum möglich. Von den Ländern, die NMVOC berichtet haben, liegt Belgien am unteren und Deutschland am oberen Ende der Skala, wobei Deutschland den EMEP-Defaultwert (für Fütterung mit Silage) verwendet hat.

#### 4.9.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 4.58: Other cattle, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.07	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.07	
		NMVOC	EM1007.07	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.19	EM1009.21
		N <sub>2</sub> O	EM1009.97	
		NO	EM1009.127	
		TSP	EM1010.07	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.37	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.67	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.07	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.07	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.07	
		NMVOC	IEF1007.07	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.19	IEF1009.21
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.91	
		NO	IEF1009.119	
		TSP	IEF1010.07	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.35	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.63	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.189	AI1005CAT.221
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.31	EXCR.35



## 5 Pigs / Schweine

### 5.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien

In CRF/NFR emissions are reported for pigs altogether. Differences in housing and feeding of the subcategories result in considerable differences in the respective emission generating processes. Therefore, emissions are calculated separately for each subcategory. The results obtained are finally aggregated (see Chapter 5.7).

Table 5.1 shows the pig subcategories used in the German census as well as their aggregation and disaggregation for the emission inventory. Sucking pigs do not constitute a distinct animal category in the inventory; they are accounted for together with the sows. For details see the subsequent chapters dealing with the different pig categories used in the inventory.

In CRF/NFR werden die Emissionen für Schweine insgesamt berichtet. Aufgrund unterschiedlicher Haltung und Fütterung weisen die Unterkategorien der Schweine ein unterschiedliches Emissionsverhalten auf. Daher erfolgt die Emissionsberechnung zunächst getrennt nach Unterkategorien. Die Ergebnisse werden anschließend aggregiert, siehe Kapitel 5.7.

Die Untergliederung der Schweine in der deutschen Tierzählung sowie ihre Aufteilung und Aggregation zum Zwecke der Emissionsberechnung gehen aus Table 5.1 hervor. Saugferkel bilden keine separate Tierkategorie im Inventar, sondern werden bei den Sauen mit berücksichtigt. Zu Details wird auf die nachfolgenden Kapitel zu den Schweine-Unterkategorien verwiesen.

**Table 5.1: Pigs, categorisation and characterisation**

animal subcategory according to German census			animal subcategories used in this inventory			
type	descriptor		type	category	weight 1	weight 2
M	Ferkel unter 20 kg	piglets	*)	suckling-pigs	1.5 kg an <sup>-1</sup>	8 kg an <sup>-1</sup>
			we	weaners	8 kg an <sup>-1</sup>	$w_{fin, we}$
N	Jungschweine bis unter 50 kg Lebendgewicht	young pigs lighter than 50 kg live weight	fp	fattening pigs	$w_{fin, we}$	$w_{fin, fp}$
O	Mastschweine 50 bis 80 kg	fattening pigs 50 to 80 kg				
P	Mastschweine 80 bis 110 kg	fattening pigs 80 to 110 kg				
Q	Mastschweine 110 kg und mehr	fattening pigs heavier than 110 kg	so	sows	220 kg an <sup>-1</sup>	
R	Jungsauen trächtig	young sows gestating				
S	Andere Sauen trächtig	other sows gestating				
T	Jungsauen nicht trächtig	young sows not gestating				
U	Andere Sauen nicht trächtig	other sows not gestating	bo	boars	200 kg an <sup>-1</sup>	
V	Eber zur Zucht	boars				

weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period;  $w_{fin}$ : variable final weight  
 \*) Suckling-pigs do not constitute a separate animal category. They are accounted for within the calculations of energy and feed requirements of the sows.

### 5.2 Emission factors for all pigs / Emissionsfaktoren für alle Schweine

#### 5.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

In the emission inventory, the formation of methane from manure storage is characterized by two parameters (see Chapter 3.3.4.1): the animal-specific maximum methane formation capacity  $B_0$  and the storage-specific methane conversion factor  $MCF$ .  $MCF$  gives the fraction of  $B_0$  that is typically produced in the various storage systems.

For pigs, a national value for  $B_0$  is used (DÄMMGEN et al., 2012a), siehe Table 4.2.

Table 5.2 also shows the  $MCF$  values derived for the storage systems most frequent for pigs in Germany. The  $MCF$  values assumed according to DÄMMGEN et al. (2012a) are given in bold figures.

Die Entstehung von Methan aus der Wirtschaftsdüngerlagerung wird im Emissionsinventar durch zwei Parameter charakterisiert (siehe Kapitel 3.3.4.1): die tier-spezifische maximale Methan-Bildungsrate  $B_0$  und den lagerspezifischen Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$ , der angibt, welcher Anteil von  $B_0$  in den verschiedenen Lagerungssystemen tatsächlich produziert wird.

Für Schweine wird ein nationaler  $B_0$ -Wert verwendet (DÄMMGEN et al., 2012a), siehe Table 4.2.

Table 5.2 zeigt überdies für die in Deutschland bei Schweinen häufigsten Lagerungsverfahren die  $MCF$ -Werte, wobei die nach DÄMMGEN et al. (2012a) angenommenen Werte fettgedruckt sind.

“Slurry with floating cover” (chaff or plastic film) is conservatively treated by adopting the MCF of “slurry without natural crust”. The MCF values for deep bedding and pasture are provided by IPCC (2006)-10.44 et seq. The MCF for deep bedding in cattle husbandry equals the MCF of slurry without crust; hence, the same is assumed to hold for pigs. As free range husbandry of pigs (“pasture”) is of insignificant relevance in Germany, it is not considered in the inventory.

Table 5.2 does not provide MCF values for anaerobic digestion of manure including storage of digestate. These MCF have to be calculated and are not constant (see Chapter 3.3.4.4.1).

Uncertainty estimates are provided in the subsequent animal chapters, see subchapters on calculation CH<sub>4</sub> emissions from manure management.

Für „Gülle mit fester Abdeckung“ und „Gülle mit schwimmender Abdeckung“ (Strohhäcksel oder Folie) wurde konservativ der MCF von „Gülle ohne natürliche Schwimmdecke“ übernommen. Da bei den Rindern der MCF für „Tiefstreu“ gleich dem für Flüssigmist ohne Schwimmdecke ist, wurde dies auch für die Schweine angenommen. Freilandhaltung von Schweinen („Weide“) ist in Deutschland von sehr geringer Bedeutung und wird daher im Inventar nicht berücksichtigt.

Die MCF-Werte für die Wirtschaftsdünger-Vergärung incl. Gärrestelagerung sind in Table 5.2 nicht angegeben, da sie berechnet werden (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) und nicht konstant sind.

Zur Bestimmung der Unsicherheiten wird auf die Unterabschnitte der nachfolgenden Tier-Kapitel verwiesen, in denen die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management beschrieben wird.

**Table 5.2: Pigs, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (MCF)**

Maximum methane producing capacity $B_0$	Maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$	0.30	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> (kg VS) <sup>-1</sup>
<b>Methane conversion factor MCF</b>	<b>Methanumwandlungsfaktor MCF</b>		
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)		
slurry (tank)	Güllelager		
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	<b>0.25</b>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	<b>0.25</b>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
natural crust	natürliche Schwimmdecke	<b>0.15</b>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	<b>0.25</b>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	<b>0.25</b>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	<b>0.25</b>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
solid manure/heap (deep bedding)	Festmist/Misthaufen (Tiefstremist)	<b>0.25</b>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
solid manure/heap (other systems)	Festmist/Misthaufen (übrige Systeme)	<b>0.03</b>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>

Sources: see text

## 5.2.2 Nitrogen emissions / Stickstoffemissionen

### 5.2.2.1 NH<sub>3</sub> emission factors for housing / NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Ställe

Partial NH<sub>3</sub> emission factors were fixed for all relevant housing systems, cf. Table 5.3. They are based on national animal-place related emission factors provided by DÖHLER et al. (2002) and converted into TAN related data by DÄMMGEN et al. (2010b). For the uncertainties of the emission factors see Chapter 5.2.2.4.

Die für die relevanten Stallsysteme angesetzten partiellen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren beruhen auf nationalen tierplatzbezogenen Emissionsfaktoren von DÖHLER et al. (2002), die von DÄMMGEN et al. (2010b) auf TAN-Bezug umgerechnet wurden, siehe Table 5.3. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 5.2.2.4.

**Table 5.3: pigs, partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N from housing (related to TAN)**

		Sows and suckling-pigs	Fattening pigs and weaners
Housing type	Haltungssystem	$EF_{\text{house}} \text{ (kg kg}^{-1}\text{)}$	$EF_{\text{house}} \text{ (kg kg}^{-1}\text{)}$
slurry based	güllebasiert	0.34	
closed insulated stable <sup>a</sup>	wärmegeädämmter Stall <sup>a</sup>		
fully slatted floor	Vollspaltenboden		0.3
partly slatted floor	Teilspaltenboden		0.3
free ventilated	Außenklimastall		
kennel house	Kistenstall		0.2
straw based	strohbasier	0.34	
closed insulated stable <sup>a</sup>	wärmegeädämmter Stall <sup>a</sup>		
deep bedding	Tiefstreu		0.4
plane floor with bedding	planbefestigt mit Einstreu		0.4
free ventilated	Außenklimastall		
kennel house	Kistenstall		0.2
deep bedding	Tiefstreu		0.35

<sup>a</sup> synonymous with "housing with forced ventilation "

Source: Dämmgen et al. (2010b)

The emission factors for solid manure systems are higher than those of the other systems. Döhler et al. (2002), pg. 55, justify this by saying that the initial emission-reducing effect of the litter is overcompensated by the following effects: (1) A high number of animals leads to a large displacement of the straw, combined with a substantially enlarged surface of the straw-faeces-urine mixture. (2) Microbial degradation of the readily degradable C fraction leads to an again narrowing C / N ratio.

The frequency distributions of housing types are supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 5.2.2.4.

The mitigation of NH<sub>3</sub> emissions by air scrubbers is taken into account, see Chapter 3.4.5.2.

Die Emissionsfaktoren für Einstreusysteme sind höher sind als die der anderen Systeme. Döhler et al. (2002), S. 55, begründen dies damit, dass die zunächst emissionsmindernde Wirkung der Einstreu durch folgende Effekte überkompensiert wird: (1) Eine hohe Tierbelegung führt zu einer starken Unsetzung des Strohs, verbunden mit einer wesentlich vergrößerten Oberfläche des Stroh-Kot-Harn-Gemisches. (2) Mikrobieller Abbau der leicht abbaubaren C-Fraktion führt zu einem wieder enger werdenden C/N-Verhältnis.

Die Häufigkeitsverteilungen der Haltungsverfahren werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 5.2.2.4

Die Minderung von NH<sub>3</sub>-Emissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. Kapitel 3.4.5.2.

#### 5.2.2.2 NH<sub>3</sub> and N<sub>2</sub>O emission factors for storage / NH<sub>3</sub>- und N<sub>2</sub>O -Emissionsfaktoren für die Lagerung

Except for the storage of residues from anaerobic digestion of slurry, the partial NH<sub>3</sub>-N emission factors for the storage systems used in Germany are based on data of DÖHLER et. al. (2002, pg. 62 et seq.). They are valid for all pig subcategories. DÄMMGEN et al. (2010b) recalculated the emission factors and related them to TAN. By DÖHLER et al. (2002), the reference value of 0.15 kg kg<sup>-1</sup> for the NH<sub>3</sub>-N emission factor in Table 5.4 was related to total N. However, according to EAGER expert judgement it has to be related to TAN (cf. REIDY et al., 2008, Table 6).

According to IPCC (2006), the anaerobic digestion of manure represents a separate type of manure storage. This storage type, however, in the German methodology, consists of three compartments: pre-storage, digester, storage of digestate. The effective emission factor of this combination is not a constant and must be calculated (see Chapter 3.3.4.4).

Mit Ausnahme der Lagerung von Gärresten aus der anaeroben Güllevergärung beruhen die partiellen NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren für die in Deutschland üblichen Lagerverfahren auf Daten von DÖHLER et. al (2002, S. 62f). Sie gelten für alle Schweinekatgorien. DÄMMGEN et al. (2010b) berechneten die Emissionsfaktoren neu und bezogen sie auf TAN, siehe Table 5.4. Der Referenzwert von 0,15 kg kg<sup>-1</sup> für den NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor wurde bei DÖHLER et al (2002) auf das gesamte N bezogen. Nach EAGER-Expertenurteil ist dagegen TAN als Bezug zu wählen (vgl. REIDY et al., 2008, Table 6).

Die Vergärung von Wirtschaftsdünger wird nach IPCC (2006) als eigenständiger Lagertyp betrachtet. Er umfasst im deutschen Inventar die drei Komponenten Vorlager, Fermenter und Gärrestelager. Der effektive Emissionsfaktor für diese Kombination ist nicht konstant und muss berechnet werden (siehe Kapitel 3.3.4.4).

**Table 5.4: Pigs, partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N losses from storage (related to TAN)**

Storage type	Lagerungsart	emission factor (kg kg <sup>-1</sup> )
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)	
slurry tank	Güllelager	
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	0.150 <sup>a</sup>
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.015 <sup>b</sup>
natural crust	natürliche Schwimmdecke	0.105 <sup>b</sup>
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksels)	0.030 <sup>b</sup>
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.023 <sup>b</sup>
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	0.105 <sup>a</sup>
leachate, storage with solid cover	Jauche, Lagerung mit fester Abdeckung	0.030 <sup>a</sup>
solid manure/heap (deep bedding)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreumist)	0.600 <sup>a</sup>
solid manure/heap (other systems)	Festmist/Misthaufen (übrige Systeme)	0.600 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> estimated according to DÄMMGEN et al. (2010b)

<sup>b</sup> calculated according to DÖHLER et al. (2002), Table 3.14

According to IPCC (2006) there are two different categories of N<sub>2</sub>O emissions from animal husbandry: Direct emissions from the compartments housing and storage, and indirect emissions. The German inventory considers only the indirect emissions due to deposition of reactive nitrogen that is a consequence of emissions of NH<sub>3</sub> and NO from the compartments housing and storage, see Chapter 3.3.4.3.6.

The emission factors for direct N<sub>2</sub>O from housing/storage were, as far as available, taken from IPCC (2006). For floating cover consisting of chaff the emission factor of natural crust (0.005 N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>) is used (worst-case assumption). This assumption has little impact on total N<sub>2</sub>O emissions, as floating covers consisting of chaff are seldom.

Germany differentiates solid-manure systems according to whether they include solid-manure storage or use deep bedding. For solid manure an emission factor is used that was developed by VANDRÉ et al. (2012, 2013) and that was accepted, on 27 June 2012, by the KTBL working group "emission factors for animal husbandry" ("Emissionsfaktoren Tierhaltung") as an emission factor receiving national consensus: 0.013 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>. As in Germany deep bedding systems are used without active mixing (expert judgment, Brigitte Eurich-Menden, KTBL, 22 September 2016), the lower default emission factor of IPCC (2006) is adopted: 0.01 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>.

Like for NH<sub>3</sub>, the effective N<sub>2</sub>O emission factor of anaerobic digestion of manure has to be calculated, see Chapter 3.3.4.4. It is not a constant.

Table 5.5 shows the emission factors used in the inventory for direct N<sub>2</sub>O. They are related to the sum of N excreted and N input with bedding material.

Like for NH<sub>3</sub> (see above), the effective N<sub>2</sub>O emission factor of anaerobic digestion of manure has to be calculated, see Chapter 3.3.4.4. It is not a constant.

According to IPCC (2006) the emission factor for indirect N<sub>2</sub>O-N emissions due to deposition of reactive N from housing/storage is 0.01 kg kg<sup>-1</sup>. It is to be applied to the amount of reactive N deposited.

Nach IPCC (2006) werden der Tierhaltung neben direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Bereich Stall/Lager auch indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen zugeordnet. Im deutschen Inventar werden dabei lediglich die indirekten Emissionen aufgrund der Deposition von reaktivem Stickstoff berücksichtigt, die auf die Emissionen von NH<sub>3</sub> und NO aus dem Bereich Stall/Lager zurückgeht. Siehe dazu auch Kapitel 3.3.4.3.6.

Die Emissionsfaktoren für direktes N<sub>2</sub>O aus Stall/Lager stammen, soweit verfügbar, aus IPCC (2006). Für eine schwimmende Abdeckung aus Häckseln wird der Emissionsfaktor im Sinne einer worst-case-Annahme mit dem Emissionsfaktor für die natürliche Schwimmdecke gleichgesetzt (0,005 N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>). Wegen geringer Verbreitung der Abdeckung aus Häckseln ist die Auswirkung auf die Gesamt-N<sub>2</sub>O-Emissionen sehr gering.

Bei Festmistsystemen differenziert Deutschland nach Festmistlagerung und Tiefstreu. Für Festmist wird ein von VANDRÉ et al. (2012, 2013) erarbeiteter und durch die KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ am 27.06.2012 als nationaler Konsens akzeptierter Emissionsfaktor eingesetzt: 0,013 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>. Da Tiefstreusysteme in Deutschland ohne Durchmischung betrieben werden (Expertenurteil, Brigitte Eurich-Menden, KTBL, 22.09.2016), verwendet das Inventar den niedrigeren Default-Emissionsfaktor von IPCC (2006): 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N (kg N)<sup>-1</sup>.

Für die Vergärung von Wirtschaftsdünger wird wie bei NH<sub>3</sub> auch für N<sub>2</sub>O der effektive Emissionsfaktor berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.4. Er ist nicht konstant.

Table 5.5 gibt einen Überblick über die im Inventar verwendeten Emissionsfaktoren für direktes N<sub>2</sub>O. Sie beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Für die Vergärung von Wirtschaftsdünger wird wie bei NH<sub>3</sub> (siehe oben) auch für N<sub>2</sub>O der effektive Emissionsfaktor berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.4. Er ist nicht konstant.

Der Emissionsfaktor für indirekte N<sub>2</sub>O-N-Emissionen aufgrund der Deposition von reaktivem N aus Stall/Lager ist nach IPCC (2006) 0,01 kg kg<sup>-1</sup> (anzuwenden auf die Menge an reaktivem N).

**Table 5.5: Pigs, partial emission factors for N<sub>2</sub>O-N from housing and storage (applied to N<sub>excr</sub> + N<sub>straw</sub>)**

Storage type	Lagerungsart	Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> )
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)	
slurry tank	Güllelager	
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	0.000 <sup>a</sup>
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.005 <sup>b</sup>
natural crust	natürliche Schwimmdecke	0.005 <sup>a</sup>
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.005 <sup>c</sup>
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.000 <sup>d</sup>
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	0.002 <sup>a</sup>
leachate, storage with solid cover	Jauche, Lagerung mit fester Abdeckung	0.005 <sup>e</sup>
solid manure/heap (deep bedding)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreumist)	0.010 <sup>a</sup>
solid manure/heap (other systems)	Festmist/Misthaufen (übrige Systeme)	0.013 <sup>f</sup>

<sup>a</sup> Source: IPCC(2006)-10.62 et seq.; for details see text

<sup>b</sup> A natural crust can develop and enough oxygen is available for N<sub>2</sub>O formation. Hence the EF of natural crust is adopted.

<sup>c</sup> Assumption (worst case) due to missing data: Floating covers produced by chaff act like natural crusts.

<sup>d</sup> Floating covers do not allow for the formation of a natural crust. Hence it is assumed that no N<sub>2</sub>O can develop.

<sup>e</sup> Assumption: comparable to solid-covered storage of slurry

<sup>f</sup> Source: VANDRÉ et al. (2012, 2013)

In accordance with Chapter 3.3.4.3.5, the emission factor for NO-N from housing/storage is assumed to be one tenth of the N<sub>2</sub>O-N emissions factor, the emission factor for N<sub>2</sub> from housing/storage is estimated thrice the factor for N<sub>2</sub>O. Again, the emission factors for NO and N<sub>2</sub> are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 5.2.2.4.

Entsprechend Kapitel 3.3.4.3.5 wird der Emissionsfaktor für NO-N aus Stall/Lager mit einem Zehntel, der Emissionsfaktor für N<sub>2</sub> aus Stall/Lager mit dem Dreifachen des N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktors angesetzt. Die Emissionsfaktoren für NO und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 5.2.2.4

### 5.2.2.3 NH<sub>3</sub> emission factors for spreading / NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für die Ausbringung

Table 5.6 bis Table 5.8 provide the partial NH<sub>3</sub>-N emission factors used in the inventory for the spreading of pig manure. These emission factors are based on data given in DÖHLER et al. (2002).

No NH<sub>3</sub>-N emission factors are available for the application of pig slurry after anaerobic digestion. Hence, according to Chapter 3.3.4.4.3, the emission factors of untreated *cattle slurry* were used (see Table 4.6).

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 5.2.5.

Emission factors for N<sub>2</sub>O emissions due to spreading of manure or digestate are provided in chapters 11 and 12.

Table 5.6 bis Table 5.8 zeigen die im Inventar für Schweine eingesetzten partiellen NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung. Sie beruhen auf Daten von DÖHLER et al. (2002).

Für die Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Schweinegülle sind keine NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren verfügbar. Nach Kapitel 3.3.4.4.3 wurden daher die Emissionsfaktoren für die Ausbringung von unbehandelter *Rindergülle* übernommen, siehe Table 4.6.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 5.2.5.

Zu Emissionsfaktoren für die Berechnung von N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Gärresten siehe Kapitel 11 und 12.

**Table 5.6: Pigs, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of slurry (related to TAN)**

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.25
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.04
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.09
broadcast, incorporation ≤ 6 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 6 h	0.11
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.13 <sup>b</sup>
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.16
broadcast, incorporation ≤ 24 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h	0.21
broadcast, incorporation ≤ 48 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h	0.25
broadcast, vegetation	Breitverteiler, Vegetation	0.25 <sup>b</sup>
broadcast, grassland	Breitverteiler, Grünland	0.30
trailing hose, without incorporation	Schleppschlauch, ohne Einarbeitung	0.175
trailing hose, incorporation ≤ 1 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h	0.02
trailing hose, incorporation ≤ 4 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h	0.06
trailing hose, incorporation ≤ 6 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 6 h	0.08
trailing hose, incorporation ≤ 8 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h	0.0925 <sup>b</sup>
trailing hose, incorporation ≤ 12 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h	0.11
trailing hose, incorporation ≤ 24 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 24 h	0.14
trailing hose, incorporation ≤ 48 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 48 h	0.17
trailing hose, short vegetation	Schleppschlauch, kurze Vegetation	0.25
trailing hose, beneath vegetation	Schleppschlauch, unterhalb der Vegetation	0.125
trailing hose, grassland	Schleppschlauch, Grünland	0.21
trailing shoe	Schleppschuh	0.12
injection techniques	Injektionsverfahren/Schlitzverfahren	0.06
slurry cultivator	Güllegrubber	0.02 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Source: The emission factors are calculated from Table 3.19 and pg. 69 in DÖHLER et al. (2002), except for

<sup>b</sup> broadcast, vegetation (worst case assumption of "no reduction" as no standard emission factor available), broadcast or trailing hose with incorporation within 8 h (emission reduction factors estimated in agreement with KTBL).

<sup>c</sup> Expert judgment (S. Wulf, KTBL, 2016): The EF of the slurry cultivator is assumed to be equal to the EF of trailing hose with incorporation within 1 hour.

**Table 5.7: Pigs, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN)**

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> )
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.20 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.02 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.07 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.116 <sup>b</sup>
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.144 <sup>b</sup>
broadcast, vegetation	Breitverteiler, Vegetation	0.20 <sup>b</sup>
Broadcast, grassland	Breitverteiler, Grünland	0.20 <sup>a</sup>
trailing hose, without incorporation	Schleppschlauch, ohne Einarbeitung	0.18 <sup>b</sup>
trailing hose, incorporation ≤ 1 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h	0.01 <sup>b</sup>
trailing hose, incorporation ≤ 4 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h	0.05 <sup>b</sup>
trailing hose, incorporation ≤ 8 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h	0.09 <sup>b</sup>
trailing hose, incorporation ≤ 12 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h	0.12 <sup>b</sup>
trailing hose, vegetation	Schleppschlauch, Vegetation	0.10 <sup>b</sup>
trailing hose, grassland	Schleppschlauch, Grünland	0.14 <sup>c</sup>
trailing shoe	Schleppschuh	0.08 <sup>c</sup>
injection techniques	Injektionsverfahren/Schlitzverfahren	0.04 <sup>c</sup>
slurry cultivator	Güllegrubber	0.01 <sup>d</sup>

<sup>a</sup> DÖHLER et al. (2002), Table 3.20

<sup>b</sup> Source: emission factors estimated in agreement with KTBL, based on a emission decay curve as function of the duration of incorporation similar to that of pig slurry (see DÖHLER et al., 2002, Table 3.19)

<sup>c</sup> estimated with the respective emission reduction factor for pig slurry (DÖHLER et al., 2002, Table 3.19)

<sup>d</sup> Expert judgment (S. Wulf, KTBL, 2016): The EF of the slurry cultivator is assumed to be equal to the EF of trailing hose with incorporation within 1 hour.

**Table 5.8: Pigs, NH<sub>3</sub>-N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN)**

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> )
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.90 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.09 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.45 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.72 <sup>b</sup>
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.81 <sup>b</sup>
broadcast, incorporation ≤ 24 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h	0.90 <sup>a</sup>
broadcast, incorporation ≤ 48 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h	0.90 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> calculated according to DÖHLER et al. (2002), Table 3.24<sup>b</sup> estimated from data in DÖHLER et al. (2002), Table 3.24, in agreement with KTBL

#### 5.2.2.4 Uncertainties of the nitrogen emission factors / Unsicherheiten der Stickstoff-Emissionsfaktoren

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(With pigs, uncertainties for grazing are not needed as the inventory does not consider the option of pigs being held in free range.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Unsicherheiten für Weidegang bei Schweinen sind nicht erforderlich, da das Inventar keinen Freiland-aufenthalt für Schweine vorsieht.)

### 5.3 Sows and suckling-pigs / Sauen und Saugferkel

The category “sows” covers all subcategories of sows for breeding irrespective of their age and weight. The calculation of energy and feed requirements includes the suckling-pigs as they do not constitute a separate animal category in the inventory.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 5.9.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Kategorie „Sauen“ umfasst alle Unterkategorien von Zuchtsauen unabhängig von ihrem Alter und Gewicht. Bei den Berechnungen zum Energie- und Futterbedarf werden die Saugferkel mit berücksichtigt. (Saugferkel bilden keine separate Tierkategorie im Inventar.)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.9 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 5.9: Sows, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

#### 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:

$$n_{so} = n_R + n_S + n_T + n_U \quad (5.1)$$

$n_{so}$  number of sows considered

$n_R$  etc. animal numbers of type R (etc.) in the German census (see Table 5.1)

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (STATLA C III 1 – vj 4). Für das Inventar berechnet sich die Anzahl der Sauen gemäß:

For the number of the piglets raised per sow see Chapter 5.3.2.

On the national scale, the standard error for the number of animal places of the subcategories “sows”, “weaners” and “fattening pigs” is lower than 2 % according to German official statistics. Larger standard

Zur Anzahl der bei einer Sau zu berücksichtigen Saugferkel siehe Kapitel 5.3.2.

Auf Deutschlandebene wird der Standardfehler für diejenigen Tiere, die in die Inventarkategorien „Sauen“, „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ fallen, durch das Statistische Bundesamt mit „bis unter 2 %“ beziffert. In



errors may exist for single federal states. However, as emission reporting is on the national level, the standard error for subcategory "sows" is fixed to 2 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence interval to 4 %. A normal distribution is assumed.

den einzelnen Bundesländern können auch höhere Standardfehler auftreten. Da die Emissionsberichterstattung auf nationaler Ebene erfolgt, wird für „Sauen“ ein Standardfehler von 2 % angesetzt, d. h. 4 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

### 5.3.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

As mean weight the inventory adopts the value used by HAENEL et al. (2011a) which is based on data discussed in GfE (2006), pg. 74. It is 220 kg sow<sup>-1</sup>. Due to lack of information, the live weight of 220 kg sow<sup>-1</sup> is used for the whole time series from 1990 onwards.

Using a mean live weight disregards the fact that the live weight of sows oscillates. However this cannot be reproduced in the inventory whose time steps are one year and hence exceed that of a reproduction cycle.

For piglets, the inventory is based on a birth weight of 1.5 kg piglet<sup>-1</sup>. This can be derived from feeding recommendations in DLG (2008), Table 4.1, where the piglet weight after the first week with a daily weight gain of 0.2 kg piglet<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> reaches 2.9 kg piglet<sup>-1</sup>.

HAENEL et al. (2011a) also recommended to use a piglet weight of 8.0 kg piglet<sup>-1</sup> at weaning. The age of the piglets at weaning is assumed to coincide with the duration of the lactation period (see Table 5.10 in Chapter 5.3.2).

Das mittlere Gewicht wird nach HAENEL et al. (2011a) auf Grundlage von Gewichtsdaten in GfE (2006), S. 74, auf 220 kg sow<sup>-1</sup> geschätzt. Mangels besserer Kenntnis wird dieser Wert für die zurückliegenden Jahre ab 1990 als konstant angesetzt.

Die in der Praxis zu beobachtenden Gewichtsänderungen können im Inventar nicht berücksichtigt werden, da der Inventar-Zeitschritt von einem Jahr erheblich länger als die Dauer eines Durchgangs ist.

Im Inventar werden als Geburtsgewicht der Ferkel 1,5 kg piglet<sup>-1</sup> angenommen. Dieser Wert ist den Fütterungsempfehlungen in DLG (2008), Tabelle 4.1, entnommen, in denen Ferkel nach einer Woche ein Gewicht von 2,9 kg piglet<sup>-1</sup> bei einer Gewichtszunahme von 0,2 kg piglet<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> aufweisen.

Das Absetzgewicht der Saugferkel wird nach HAENEL et al. (2011a) mit 8,0 kg piglet<sup>-1</sup> angenommen. Für das Absetzalter der Saugferkel wird die Dauer der Laktationsphase angesetzt, siehe Table 5.10 in Kapitel 5.3.2.

### 5.3.2 Energy requirements / Energiebedarf

Energy requirements according to the current state of knowledge are provided in GfE (2006). To a large extent, the literature cited herein dates the period that is covered by the inventory. Hence it is assumed that the details provided in GfE (2006) are representative of the timeseries from 1990 onwards and that the methodology based on GfE (2006) can be applied to all years since 1990.

The data and methods provided in GfE (2006) had been incorporated into the inventory model as described in HAENEL et al. (2010). They were partly revised in HAENEL et al. (2011a). Table 5.10 shows the data used in the inventory.

Daten zum Energiebedarf finden sich in GfE (2006). Die zugrunde liegende Literatur stammt weitgehend aus demjenigen Zeitbereich, 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 Emissionsberechnungsverfahren für alle Jahre gleich angewendet werden kann.

Die Umsetzung der Vorgaben in GfE (2006) wurde in HAENEL et al. (2010) erstmals beschrieben und im Rahmen der Publikation von HAENEL et al. (2011a) überarbeitet. Table 5.10 zeigt die im Inventar verwendeten Kennwerte.

**Table 5.10: Sows, requirements of metabolisable energy (ME) as used in the inventory**

period		duration in d	number of piglets per sow per birth	ME requirements <sup>a</sup> in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	
pregnancy	phase 1	84 <sup>b</sup>		ME <sub>preg,1</sub> =	33.3
	phase 2	30 <sup>b</sup>		ME <sub>preg,1</sub> =	40.7
lactating		28 <sup>c</sup>	8	ME <sub>lact</sub> =	79.5
			9		86.3
			10		93.1
			11		99.9
			12		106.7
			13		113.5
weaning to covering		11 <sup>d</sup>		ME <sub>wtc</sub> =	40.7
total (τ <sub>sow</sub> )		153			

<sup>a</sup> Source: HAENEL et al. (2011a), based on GfE (2006) data

<sup>b</sup> Source: GfE (1987)

<sup>c</sup> Source: Expert judgement SCHULZ E (co-author of GfE, 2006)

<sup>d</sup> Source: KTBL (2008), pg. 617

As can be seen in Table 5.10, the number of piglets per sow and litter are needed as input data for the calculation of the energy requirements. These input data can be derived from the number of piglets raised per sow and year:

$$n_{\text{piglets, birth}} = n_{\text{piglets, year}} \cdot \frac{\tau_{\text{sow}}}{\alpha} \quad (5.2)$$

$n_{\text{piglets, birth}}$	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)
$\tau_{\text{sow}}$	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. As the table size does not allow to present the complete timeseries, every other year is omitted in the years before 2010.

Aus Table 5.10 geht hervor, dass die Anzahl der Saugferkel pro Sau und Wurf als Eingangsgröße für die Berechnung des Energiebedarfs benötigt wird. Diese Eingangsgröße 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. Aus Platzgründen wurde bis 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

**Table 5.11: Sows, number of piglets raised per year,  $n_{\text{piglets, year}}$  (primary statistical information)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW					19.20	18.20	18.90		20.50	21.10	22.10	22.60	23.50	23.40	24.00	25.20	25.40
BY	18.00	17.70	17.70	18.10	18.80	18.90	19.60	19.70	20.40	21.00	22.00	22.30	22.80	22.90	23.40	23.90	*)
BB					18.20	19.50		20.80	22.20	22.80	24.50	25.20	25.90		27.90		*)
HE	17.00	16.60	17.10	16.90	18.00	18.50	19.10	19.90	21.60	21.20	23.50	24.00	24.00	24.00	25.50	25.70	*)
MV					19.60	21.10	21.30			23.84	25.60	26.00	26.80		27.80	28.31	*)
NI	18.90	18.90	18.50	18.40	19.30	19.70	19.60	20.60	21.40	22.80	23.40	25.60	26.60	27.10	28.10	28.70	*)
NW	19.00	18.40	19.00	19.10	20.10	20.30	20.30	21.80	22.30	23.70	25.00	25.80	27.30	27.40	28.20	28.50	29.00
RP	17.20	17.20	17.40	17.60	18.00	18.50	18.40	19.00		20.60	20.30	21.90	21.60	23.00	24.00	24.10	*)
SL	17.20	17.20	17.40	17.60	18.00	18.50	18.40	19.00									
SN			18.40	18.64	19.88	20.45	20.67	21.40	22.38	23.31	23.70	26.60	28.20	27.90	31.57	33.07	
ST					18.50	20.00	20.66	21.01	22.00	22.99	23.90	24.20	25.60	26.30	27.20	27.00	27.60
SH		18.60	18.70	18.80	19.70	20.10	20.30	21.60	22.90	24.30	26.30	27.20	27.70	28.00	29.00	29.90	30.50
TH				18.30	20.10	21.23	21.25	21.66	22.72	23.94	26.26	26.00	26.70	26.96	28.45	28.11	29.49

Sources: ASSE & ZACHARIAS (2012a, 2012c, 2013a, 2015a, 2016a, 2017a); ERZEUGERRING.INFO (2015, 2016, 2017) (personal communication Schulz/ZDS); ERZEUGERRING WESTFALEN (2016, 2017); HMULV (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011); LFL (2004c, 2006b); LKV-BY (2011, 2012, 2013, 2015a, 2016a); LKV-SN (2013, 2014, 2015); LKV-ST (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); LSZ (2007, 2008b, 2009b, 2010); LWK-SH (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); MLUR-BB (2002); MLUV-BB (2005, 2006, 2007, 2008); NMELF, various years; SEGGER (2005a); SMUL (2000, 2002, 2007, 2008, 2009, 2012); THMLNU (2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009); TLL (2011); TMLFUN (2011); TVL (2014, 2015, 2016, 2017); ZDS, various years

\*) confidential data provided by ERZEUGERRING.INFO

Within a time series in Table 5.11, data gaps are closed by linear interpolation. Missing data at the end of a time series is generated by adopting the latest value reported. Data gaps at the beginning of a 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.

Datenlücken innerhalb einer Zeitreihe in Table 5.11 werden durch lineare Interpolation geschlossen. Fehlende Werte am Ende einer Zahlenreihe werden durch Fortschreiben des letzten jeweils berichteten Wertes erzeugt. Fehlende Werte zu Beginn einer Zeitreihe werden wie 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.

For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

In the inventory, the number of suckling-pigs raised per sow and year (Table 5.11, including data gap closure) is used when calculating the energy and feeding requirements of the unit sow/suckling-pigs.

In the following another suckling-pigs number is defined which is the annual mean of the suckling-pigs population (HAENEL et al., 2011b):

$$n_{sp} = c_{sp} \cdot n_M$$

$n_{sp}$	annual mean of piglets per sow as calculated from $n_M$ (piglet sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$c_{sp}$	constant ( $c_{sp} = 0.5771$ piglet piglet <sup>-1</sup> ), see HAENEL et al., (2011b)
$n_M$	number of piglets in German census, cf. Table 5.1

The quantity  $n_{sp}$  is used within the inventory to properly derive the number of weaners and fattening pigs from the officially reported animal numbers (see Chapter 5.4.1.1 and 5.5.1.1).

Bei den Stadtstaaten werden für Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

Die Zahl der pro Sau pro Jahr aufgezogenen Saugferkel (Table 5.11, incl. Datenlückenschließung) wird im Inventar bei der Energie- und Futterbedarfsberechnung des Systems Sau/Saugferkel berücksichtigt.

Im Folgenden wird mit dem Jahresmittel der Saugferkel-Population eine andere Saugferkelzahl eingeführt (HAENEL et al., 2011b):

(5.3)

Die mittlere Saugferkel-Population wird im Inventar zur Ableitung der Aufzuchtferkel- und der Mastschweinezahl aus offiziellen Daten benötigt (siehe Kapitel 5.4.1.1 und 5.5.1.1).

### 5.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Sows are fed phase-dependent. Typical feed properties are listed in Table 5.12. They were used nationwide for the emission calculations for all years of the time series.

Sauen werden phasenabhängig gefüttert. Table 5.12 zeigt typische Futtereigenschaften, wie sie den Emissionsberechnungen deutschlandweit für alle Jahre der Zeitreihe zugrunde gelegt wurden.

**Table 5.12: Sows, diets used in the inventory, and their properties**

( $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolisability;  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy, related to dry matter;  $x_N$ : N content of feed, related to dry matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter)

feed type	phase	major components	$X_{DE}$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}$ MJ kg <sup>-1</sup>	$x_N$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash}$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM}$ kg kg <sup>-1</sup>
A	weaning to covering (wtc), lactating (lact)	wheat bran, wheat, barley, triticale, peas, soybean meal	0.82948	0.79616	13.0	0.02829	0.065	0.86
B	pregnancy 1 (preg 1), pregnancy 2 (preg 2)	wheat bran, wheat, barley, triticale, sunflower meal, soybean meal	0.78539	0.74245	12.0	0.02386	0.056	0.81

Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, privat communication; energy and protein/nitrogen contents according to BEYER et al. (2004) and LFL (2004b).

Specific N reduced feeding of sows is not relevant in practice (expert judgement Brigitte Eurich-Menden, KTBL). Hence it is not applied in the inventory.

From the data given in Table 5.10 und Table 5.12 the mean daily feed intake (dry matter) is calculated:

Die N-reduzierte Fütterung von Sauen ist nicht praxisrelevant (Expertenurteil Brigitte Eurich-Menden, KTBL) und ist deshalb im Inventar nicht vorgesehen.

Aus den Daten in Table 5.10 und Table 5.12 folgt für die mittlere tägliche Futtermenge (Trockenmasse):

$$m_{F, DM} = \frac{\frac{ME_{wtc} \cdot \tau_{wtc}}{\eta_{ME, wtc}} + \frac{ME_{grav, 1} \cdot \tau_{preg, 1}}{\eta_{ME, preg, 1}} + \frac{ME_{preg, 2} \cdot \tau_{grav, 2}}{\eta_{ME, preg, 2}} + \frac{ME_{lact} \cdot \tau_{lact}}{\eta_{ME, lact}}}{\tau_{wtc} + \tau_{preg, 1} + \tau_{preg, 2} + \tau_{lact}} \quad (5.4)$$

$m_{F, DM}$	daily feed intake of a sow, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{wtc}$	daily metabolisable energy requirements between weaning and covering (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{wtc}$	time between weaning and covering (in d)
$\eta_{ME, wtc}$	specific metabolisable energy content of feed between weaning and covering (MJ kg <sup>-1</sup> ), related to dry matter

$ME_{\text{preg}, 1}$	daily metabolisable energy requirements during pregnancy phase 1 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{preg}, 1}$	duration of pregnancy phase 1 (in d)
$\eta_{ME, \text{preg}, 1}$	specific metabolisable energy content of feed during pregnancy phase 1 (MJ kg <sup>-1</sup> ), related to dry matter
$ME_{\text{preg}, 2}$	daily metabolisable energy requirements during pregnancy phase 2 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{preg}, 2}$	duration of pregnancy phase 2 (in d)
$\eta_{ME, \text{preg}, 2}$	specific metabolisable energy content of feed during pregnancy phase 2 (MJ kg <sup>-1</sup> ), related to dry matter
$ME_{\text{lact}}$	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)
$\eta_{ME, \text{lact}}$	specific metabolisable energy content of feed during lactation (MJ kg <sup>-1</sup> ), related to dry matter

By analogy, the mean digestibility is obtained as a weighted mean over all phases.

The amount of nitrogen taken in with feed is obtained by multiplying each term in the numerator of the previous equation with the respective  $x_N$  value given in Table 5.12.

By analogy to the determination of the daily feed intake, the amount of gross energy taken in daily with the feed is given by:

$$GE_{\text{sow}} = \frac{\frac{ME_{\text{wtc}} \cdot \tau_{\text{wtc}}}{X_{ME, \text{wtc}}} + \frac{ME_{\text{preg}, 1} \cdot \tau_{\text{preg}, 1}}{X_{ME, \text{preg}, 1}} + \frac{ME_{\text{preg}, 2} \cdot \tau_{\text{preg}, 2}}{X_{ME, \text{preg}, 2}} + \frac{ME_{\text{lact}} \cdot \tau_{\text{lact}}}{X_{ME, \text{lact}}}}{\tau_{\text{wtc}} + \tau_{\text{preg}, 1} + \tau_{\text{preg}, 2} + \tau_{\text{lact}}} \quad (5.5)$$

$GE_{\text{sow}}$	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)
$X_{ME, \text{wtc}}$	metabolisability of feed between weaning and covering (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{preg}, 1}$	daily metabolisable energy requirements during pregnancy phase 1 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{preg}, 1}$	duration of pregnancy phase 1 (in d)
$X_{ME, \text{preg}, 1}$	metabolisability of feed during pregnancy phase 1 (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{preg}, 2}$	daily metabolisable energy requirements during pregnancy phase 2 (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{preg}, 2}$	duration of pregnancy phase 2 (in d)
$X_{ME, \text{preg}, 2}$	metabolisability of feed during pregnancy 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)
$X_{ME, \text{lact}}$	metabolisability of feed during lactation (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

### 5.3.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 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 source of the national methane conversion rate of 0.0071 MJ MJ<sup>-1</sup> is DÄMMGEN ET. AL. (2012c). IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die durchschnittliche Verdaulichkeit  $X_{DE}$  ergibt sich analog als gewichtetes Mittel über alle Phasen.

Die mit dem Futter aufgenommene Stickstoffmenge erhält man, indem jeder Term im Zähler der vorstehenden Gleichung mit dem entsprechenden  $x_N$ -Wert nach Table 5.12 multipliziert wird.

Analog zur Vorgehensweise zur Futtermengenberechnung ergibt sich die mit dem Futter täglich aufgenommene Gesamtenergie:

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.3.3) mithilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{\text{CH}_4, \text{GE}}$  berechnet.

Der nationale Methan-Umwandlungsfaktor von 0,0071 MJ MJ<sup>-1</sup> ist DÄMMGEN ET. AL. (2012c) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar. IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.3.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

A Tier 2 approach is used to calculate CH<sub>4</sub> emissions from manure management (cf. Chapter 3.3.4.1).

CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit einem Stufe-2-Verfahren berechnet, s. Kap. 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 5.12. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is  $0.83 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content (related to dry matter) for 2010 amounts to  $0.06 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

German data on the uncertainty of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

### 5.3.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationen in Table 5.12. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0,83 \text{ kg kg}^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0,06 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) für die einzelnen Lagerungssysteme sind Table 5.2 in Kapitel 5.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 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  $\text{N}_{\text{org}}$  and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $\text{N}_{\text{org}}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

#### 5.3.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

From the animal's N balance the amount of nitrogen excreted can be assessed as follows:

Mithilfe der tierischen N-Bilanz berechnet sich die N-Ausscheidung wie folgt:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{intake, sow}} - m_{\text{g, sow}} - m_{\text{g, piglet}} \quad (5.6)$$

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )
$m_{\text{intake, sow}}$	annual N intake of a sow (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )
$m_{\text{g, sow}}$	amount of N retained in the sow (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), see below
$m_{\text{g, piglet}}$	amount of N retained in piglets (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), see below

The annual N intake of sows is a function of dry matter intake and N content of dry matter:

Die jährliche N-Aufnahme der Sau ergibt sich aus der Trockenmasseaufnahme und deren N-Gehalt:

$$m_{\text{intake}} = \alpha \cdot m_{\text{F, DM}} \cdot x_{\text{N}} \quad (5.7)$$

$m_{\text{intake, sow}}$	annual N intake of a sow (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$m_{\text{F, DM}}$	daily feed intake of a sow, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.3
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of feed, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.3

The temporal variation during a production cycle of sows' weight cannot be incorporated in the inventory. However, the mean net weight gain can be taken into account. According to GfE (2006), pg. 74, and DLG (2008), pgs 13 and 14, this can be estimated to be 35 kg per production cycle, a fact that has to be taken into account for the calculation of the N balance of the system sow-pigs.

Die zeitlich variable Gewichtsentwicklung einer Sau während eines Durchganges kann im Inventar zwar nicht berücksichtigt werden; dagegen ist das mittlere Nettowachstum einer Sau, das nach GfE (2006), S. 74, und DLG (2008), S. 13 f. in konservativer Weise zu rund 35 kg pro Produktionszyklus geschätzt wird, bei der Berechnung der N-Bilanz des Systems Sau/Ferkel zu berücksichtigen:

$$m_{\text{g, sow}} = \alpha \cdot x_{\text{N, pig}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{sow}}}{\tau_{\text{sow}}} \quad (5.8)$$

$m_{\text{g, sow}}$	amount of N retained in the sow (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N, pig}}$	nitrogen content of a pig's body ( $x_{\text{N, pig}} = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1}$ ) (LFL, 2004a)
$\tau_{\text{sow}}$	duration of one production cycle of a sow (in d), see Table 5.10
$\Delta w_{\text{sow}}$	net weight gain of a sow during one production cycle (in kg pl <sup>-1</sup> ), see text

The amount of N retained in the piglets between birth and weaning ( $m_{\text{g, piglet}}$ ) is derived from the weight of the conception products, the piglet weight gain between birth and weaning and the mean N content of pigs:

Die bis zum Absetzen in den Saugferkeln gebundene N-Menge  $m_{\text{g, piglet}}$  wird aus dem Gewicht der Konzeptionsprodukte, der Differenz von Absetzgewicht und Geburtsgewicht sowie dem mittleren N-Gehalt von Schweinen berechnet.

$$m_{\text{g, piglets}} = n_{\text{sp}} \cdot [a_{\text{cp}} + (w_{\text{piglet, w}} - w_{\text{piglet, b}})] \cdot x_{\text{N, pig}} \quad (5.9)$$

$m_{\text{g, piglets}}$	amount of N retained in conception products and growing piglets (in kg sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_{\text{sp}}$	annual mean of piglets per sow (piglet sow <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.2
$a_{\text{cp}}$	mass of conception products developed per piglet (in kg piglet <sup>-1</sup> ), see below
$w_{\text{piglet, w}}$	weaning weight of a piglet (in kg piglet <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.1.2
$w_{\text{piglet, b}}$	birth weight of a piglet (in kg piglet <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.3.1.2
$x_{\text{N, pig}}$	nitrogen content of a pig's body ( $x_{\text{N, pig}} = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1}$ ) (LFL, 2004a)

The mass of conception products per piglet is the the overall mass of the conception products (25 kg per sow and litter, see DLG, 2008, pg. 13) divided by the pertinent number of piglets (13 piglets per litter, see GfE, 2006, pg. 74). The resulting mass of conception products per piglet is  $a_{\text{cp}} = 1.923 \text{ kg per piglet}$ .

Die auf das einzelne Ferkel bezogene Masse der Konzeptionsprodukte ( $a_{\text{cp}}$ ) ist der Quotient aus der typischerweise insgesamt angesetzten Masse der Konzeptionsprodukte (25 kg pro Sau und Wurf, siehe DLG, 2008, S. 13) und der dazu konsistenten Anzahl an Ferkeln (13 Ferkel pro Wurf, siehe GfE, 2006, S. 74). In diesem Fall erhält man  $a_{\text{cp}} = 1,923 \text{ kg pro Ferkel}$ .

Based on the digestibilities provided in Table 5.12 the calculation of the TAN content of excreta yields above 75 % of total N excreted (see Chapter 3.3.4.3.5).

Mit den Verdaulichkeiten nach Table 5.12 errechnet sich ein TAN-Gehalt der Ausscheidungen von über 75 % der Gesamt-N-Ausscheidung (siehe Kapitel 3.3.4.3.5).

### 5.3.7.2 Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

For sows, KTBL provides amounts of straw (fresh matter) between 0.4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> and 0.7 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> (e. g. KTBL, 2006a, pg. 469 and pg. 461). Bedding in sow hous-

KTBL gibt für Sauen Strohmenngen (Frischmasse) zwischen 0,4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> und 0,7 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> an (z. B. KTBL, 2006a, S. 469 und S. 461). In der Sauenhaltung mit Fer-



ings 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 is based on a straw input (fresh matter) of  $0.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  equivalent to  $2.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl}\cdot\text{a)}^{-1}$  or  $1.25 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl}\cdot\text{a)}^{-1}$ .

kelnestern 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 (Frischmasse) von  $0,5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  bzw.  $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl}\cdot\text{a)}^{-1}$  oder  $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl}\cdot\text{a)}^{-1}$  gerechnet.

### 5.3.7.3 Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall

The  $\text{NH}_3$  emission factors for housing can be found in Chapter 5.2.2.1.

The mitigation of  $\text{NH}_3$  emissions by air scrubbers is taken into account, see Chapter 3.4.5.2.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Ställe finden sich im Kapitel 5.2.2.1.

Die Minderung von  $\text{NH}_3$ -Emissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. Kapitel 3.4.5.2.

### 5.3.7.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung

The emission factors for  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  are the same for all pig categories, see Chapters 5.2.2 and 3.3.4.3.5.

$\text{NO}$  emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die Emissionsfaktoren  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  sind für alle Schweinekategorien gleich, siehe Kapitel 5.2.2 und 3.3.4.3.5.

$\text{NO}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

### 5.3.7.5 Indirect $\text{N}_2\text{O}$ from manure management / Indirektes $\text{N}_2\text{O}$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

### 5.3.7.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(With pigs, uncertainties for grazing are not needed as the inventory does not consider the option of pigs being held in free range.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Unsicherheiten für Weidegang bei Schweinen sind nicht erforderlich, da das Inventar keinen Freilandaufenthalt für Schweine vorsieht.)

### 5.3.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 5.13. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.4.5.2.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 5.13 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die PM-Emissionen mindernde Wirkung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.5.2.

**Table 5.13: Sows, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{10}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$
all types	alle Systeme	0.62	0.17	0.01

Source: EMEP(2016)-3B-19, Table 3.5



### 5.3.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 5.14: Sows, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.09	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.09	
		NM VOC	EM1007.09	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.25	EM1009.27
		N <sub>2</sub> O	EM1009.99	
		NO	EM1009.129	
		TSP	EM1010.09	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.39	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.69	
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	IEF1007.09	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.22	IEF1009.24
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.92	
		NO	IEF1009.120	
		TSP	IEF1010.08	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.36	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.64	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.01	AI1005PSH.32
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.41	EXCR.45

## 5.4 Weaners / Aufzuchtferkel

Weaners are young pigs between weaning and the begin of fattening.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 5.15.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Aufzuchtferkel sind die jungen Schweine nach dem Absetzen von der Sau bis zum Beginn der Mast.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.15 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 5.15: Weaners, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 5.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

#### 5.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The piglet numbers  $n_M$  (siehe Table 5.1) provided by the statistical offices of the Länder (STATLA C III 1 – vj 4) include all animals with live weights up to 20 kg an<sup>-1</sup>. In the inventory, this number cannot be used directly as the number of weaners, as it comprises the suckling-pigs (these are considered together with the sows, see Chapter 5.3.2) and does not cover those weaners heavier than 20 kg an<sup>-1</sup>. (For the end weight data of the piglet production cycle see Chapter 5.4.1.2 unterhalb.) Weaners exceeding the weight of 20 kg an<sup>-1</sup> are contained in the number of “young pigs” (Jungschweine,  $n_N$  in Table 5.1) in the official statistics. The number ( $n_{\text{piglets}+}$ ) is derived below.

These considerations lead to the approach for the calculation of the number of animals in the inventory category “weaners” (HAENEL et al., 2011a).

Die Ferkelzahlen  $n_M$  der Statistischen Landesämtern (STATLA C III 1 – vj 4), siehe Table 5.1, umfassen die Ferkel bis 20 kg an<sup>-1</sup> Gewicht. Diese Zahl kann nicht unmittelbar als Zahl der Aufzuchtsschweine im Inventar verwendet werden, da sie einerseits die bei den Sauen berücksichtigte Saugferkel-Population ( $n_{sp}$ , siehe Kapitel 5.3.2) einschließt, andererseits aber nicht diejenigen Aufzuchtferkel erfasst, die schwerer als 20 kg an<sup>-1</sup> sind. (Zum Endgewicht der Ferkelaufzucht-Phase siehe Kapitel 5.4.1.2 unten). Die Aufzuchtsschweine, die schwerer als 20 kg an<sup>-1</sup> sind, sind in der offiziellen Statistik der Jungschweine ( $n_N$ , siehe Table 5.1) enthalten. Ihre Anzahl wird im Folgenden mit  $n_{\text{piglets}+}$  bezeichnet.

Aus diesen Überlegungen resultiert der Ansatz zur Berechnung der Anzahl der Aufzuchtsschweine für das Inventar (HAENEL et al., 2011a):

$$n_{\text{we}} = n_M - n_{sp} + n_{\text{piglets}+} \quad (5.10)$$

$n_{\text{we}}$	number of weaners in the inventory (in pl)
$n_{sp}$	number of suckling-pigs, see Chapter 5.3.2 (in pl)
$n_M$	number of piglets in German census, see Table 5.1 (in pl)

and

$$n_{\text{piglets}+} = x_{pN} \cdot n_N \quad (5.11)$$

$n_{\text{piglets}+}$	number of weaners contained in the official pig category “young pigs”, see Table 5.1 (in pl)
$x_{pN}$	fraction of young pigs to be regrouped into the category of weaners (in pl pl <sup>-1</sup> ), see below
$n_N$	number of young pigs in German census, see Table 5.1 (in pl)

The fraction of young pigs (Jungschweine),  $x_{pN}$ , in the inventory attributed to the category of weaners, is estimated from weight data as follows:

Der relative Anteil  $x_{pN}$  der Jungschweine, die im Inventar der Kategorie der Aufzuchtferkel zugeordnet werden, wird mithilfe von Gewichtsdaten geschätzt:

$$x_{pN} = \frac{w_{\text{we, fin}} - w_{\text{yp, start}}}{w_{\text{yp, fin}} - w_{\text{yp, start}}} \quad (5.12)$$

$x_{pN}$	fraction of young pigs to be regrouped into the category of weaner (in pl pl <sup>-1</sup> )
$w_{we, fin}$	weaner weight at the end of the production period (in pl), see Chapter 5.4.1.2
$w_{yp, start}$	lower weight boundary of the official category of young pigs ( $w_{yp, start} = 20 \text{ kg an}^{-1}$ , see Table 5.1)
$w_{yp, fin}$	upper weight boundary of the official category of young pigs ( $w_{yp, start} = 50 \text{ kg an}^{-1}$ , see Table 5.1)

On the national scale, the standard error for the number of animal places of the subcategories “sows”, “weaners” and “fattening pigs” is lower than 2 % according to German official statistics. Larger standard errors may exist for single federal states. However, as emission reporting is on the national level, the standard error for subcategory “weaners” is fixed to 2 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence interval to 4 %. A normal distribution is assumed.

Auf Deutschlandebene wird der Standardfehler für diejenigen Tiere, die in die Inventarkategorien „Sauen“, „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ fallen, durch das Statistische Bundesamt mit „bis unter 2 %“ beziffert. In den einzelnen Bundesländern können auch höhere Standardfehler auftreten. Da die Emissionsberichterstattung auf nationaler Ebene erfolgt, wird für „Aufzuchtferkel“ ein Standardfehler von 2 % angesetzt, d. h. 4 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

#### 5.4.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

The start weight of weaners is the weight of a suckling-pig at the end of the lactation period ( $8 \text{ kg an}^{-1}$ , see Chapter 5.3.1.2). The final weaner weight is identical to the initial fattening pig weight ( $24 - 33 \text{ kg an}^{-1}$ , see Table 5.21 in Chapter 5.5.1.2).

No data is available on the spatial and temporal distribution of the mean daily weight gain. Thus, the daily weight gain has to be estimated. For this purpose, it is assumed that the weight gain rates of weaners and fattening pigs have developed similarly in given areas and years.

Das Aufzuchtferkel-Anfangsgewicht entspricht dem Saugferkelgewicht zum Zeitpunkt des Absetzens ( $8 \text{ kg an}^{-1}$ , siehe Kapitel 5.3.1.2). Die Endgewichtdaten in der Ferkelaufzucht entsprechen den Anfangsgewichten der Mastschweine ( $24 - 33 \text{ kg an}^{-1}$ , siehe Table 5.21 in Kapitel 5.5.1.2).

Da regional und zeitlich differenzierte Daten des mittleren täglichen Zuwachses nicht verfügbar sind, muss dieser geschätzt werden. Dazu wird angenommen, dass sich die Gewichtszuwächse von Aufzuchtferkeln und Mastschweinen regional und zeitlich ähnlich entwickelt haben:

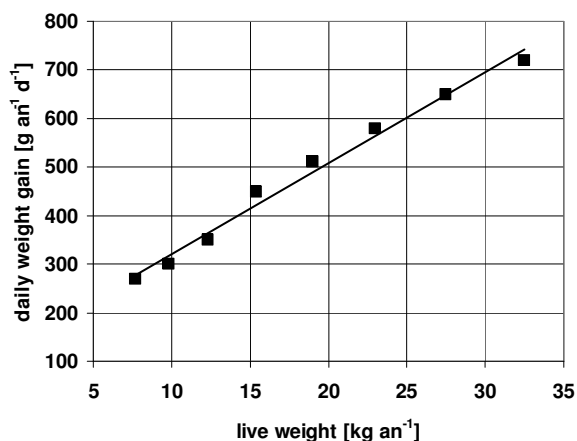
$$\frac{\Delta w_{we}}{\Delta t} = c_{we} \cdot \frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t} \quad (5.13)$$

$\Delta w_{we}/\Delta t$	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

It may be seen as a certain drawback that this approach doesn't take into account that the daily weight gain rate is a function of time and therefore of animal weight as is shown exemplarily in Figure 5.1.

Ein scheinbarer Nachteil dieses Ansatzes ist, dass er nicht berücksichtigt, dass die Gewichtszunahme eine Funktion der Lebenszeit und damit des Tiergewichtes ist, siehe Beispiel in Figure 5.1.

**Figure 5.1: Weaners, weight gain as a function of live weight. Variable data: LfL (2004b); solid line: linear approximation.**



However, example calculations showed that the total energy requirements of weaners during one round can well be calculated by using a constant mean daily weight gain (see linear approximation in Figure 5.1). Hence, it seems appropriate to use a constant mean daily weight gain also in Equation (5.13).

A constant of proportionality  $c_{we} = 0.6216$  was obtained from

$$c_{we} = \frac{1}{\Delta t_{we, KTBL}} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ (w_{we, fin, i} - w_{we, start, i}) \cdot \left( \frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t} \right)_i^{-1} \right] \quad (5.14)$$

$c_{we}$	constant
$n$	total number of original data sets available from the federal-state data base for the years 1990 to 2008
$i$	running index
$w_{we, fin, i}$	weaner weight at the end of the production period (in kg animal <sup>-1</sup> ), see above
$w_{we, start, i}$	weaner weight at the beginning of the production period, i. e. piglet weight at weaning (in kg animal <sup>-1</sup> ), see above
$\Delta t_{we, KTBL}$	typical duration of weaner production period (national mean, excluding service times) as provided by KTBL (2004), pg. 466 ( $\Delta t_{we, KTBL} = 48$ d)
$\Delta w_{fp}/\Delta t$	mean daily weight gain of fattening pigs (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see above

Using  $c_{we} = 0.6216$ , the daily weaner weight gain rates vary between 377 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> and 466 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, depending on federal state and year. The national mean for 1990 to 2006 is 420 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, which is identical with the typical value given by KTBL (2004), pg. 465.

The calculated duration of weaner production,  $\tau_{we}$ , is between 40 and 59 d (for the original data without data gap closure), a range similar to that reported by KTBL (2004), pg. 466, of 45 to 60 d.

Beispielrechnungen haben aber gezeigt, dass der Gesamtenergiebedarf mit hinreichender Genauigkeit auch durch Annahme einer konstanten mittleren Gewichtszunahme (siehe lineare Approximation in Figure 5.1) berechnet werden kann. Diesen Ansatz verfolgt das Inventar (siehe Gleichung (5.13)).

Die Proportionalitätskonstante  $c_{we} = 0,6216$  wurde mit folgender Gleichung berechnet:

Mit  $c_{we} = 0,6216$  ergeben sich abhängig von Bundesland und Jahr tägliche Gewichtszunahmen zwischen 377 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> und 466 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Als deutscher Mittelwert für 1990 bis 2006 ergibt sich 420 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Dieser Wert wird in KTBL (2004), S. 465, als typischer Wert angesehen.

Die berechnete Dauer der Aufzuchtferkelproduktion  $\tau_{we}$  beträgt 40 bis 59 d (Originaldaten ohne Schließung der Datenlücken). Dies entspricht recht gut dem in KTBL (2004), S. 466, angegebenen Bereich von 45 bis 60 d.

#### 5.4.1.3 Duration of weaner lifespan / Dauer der Aufzuchtferkel-Lebensphase

The duration of weaner production ( $\tau_{we}$ ) is obtained as ratio of total weight gain to average daily weight gain:

$$\tau_{we} = \frac{w_{we, fin} - w_{we, start}}{\beta \cdot \frac{\Delta w_{we}}{\Delta t}} \quad (5.15)$$

$\tau_{we}$	duration of lifespan as weaner (in d)
$w_{we, fin}$	weaner weight at the end of the production period (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.4.1.2
$w_{we, start}$	weaner weight at the beginning of the production period, i. e. piglet weight at weaning (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.4.1.2
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-3}$ kg g <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{we}/\Delta t$	mean daily weight gain of weaners (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.4.1.2

#### 5.4.2 Energy requirements / Energiebedarf

For weaners, the metabolic energy (ME) requirements comprise the requirements for both maintenance and growth. The calculation in the inventory is based on the recommendations in GfE (2006). These recommendations can be combined to a general formula describing the total ME requirements for the growth between two animal weights  $w_{we, 0}$  und  $w_{we, 1}$  (HAENEL, 2011a):

Bei Aufzuchtferkeln umfasst der Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs. Der Berechnung im Inventar liegen die Empfehlungen von GfE (2006) zugrunde. Diese können zu einer allgemeinen Formel kombiniert werden, die den ME-Gesamtbedarf für das Wachstum zwischen zwei Tiergewichten  $w_{we, 0}$  und  $w_{we, 1}$  beschreibt (HAENEL, 2011a):

$$\Sigma ME_{we}(w_{we,0}, w_{we,1}) = \eta_{ME,m,we} \cdot \frac{w_{unit}^2}{1.75 \cdot (\Delta w / \Delta t)_{we}^*} \cdot \left[ \left( \frac{w_{we,1}}{w_{unit}} \right)^{1.75} - \left( \frac{w_{we,0}}{w_{unit}} \right)^{1.75} \right] + \eta_{ME,g,we}^* \cdot (w_{we,1} - w_{we,0}) \quad (5.16)$$

$\Sigma ME(w_0, w_1)$  ME required for the fattening phase between the weights  $w_0$  and  $w_1$  (in MJ an<sup>-1</sup>)  
 $\eta_{ME,m,we}$  specific metabolisable energy required for maintenance  
 ( $\eta_{ME,m,we} = 1.25 \cdot 0.44 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 23)  
 $w_{unit}$  unit weight ( $w_{unit} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )  
 $w_{we,0}, w_{we,1}$  animal weights limiting a special fattening phase, with  $w_{we,0} < w_{we,1}$  (in kg an<sup>-1</sup>)  
 $(\Delta w / \Delta t)_{we}^*$  mean daily weight gain during the entire fattening period (in kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)

and

$$\eta_{ME,g,we}^* = \frac{\alpha_{p,we}}{k_{p,we}} \cdot P_{we} + \frac{\alpha_{f,we}}{k_{f,we}} \cdot \left( a_{F,we} + b_{F,we} \cdot \frac{w_{we,0} + w_{we,1}}{2} \right) \quad (5.17)$$

$\eta_{ME,g,we}^*$  effective specific metabolizable energy required for growth, to be used for the entire fattening period  
 (in MJ kg<sup>-1</sup> ME)  
 $\alpha_{p,we}$  ME content of protein ( $\alpha_{p,we} = 23.8 \text{ MJ kg}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 32)  
 $\alpha_{f,we}$  ME content of fat ( $\alpha_{f,we} = 39.7 \text{ MJ kg}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)  
 $k_{p,we}$  partial efficiency ( $k_{p,we} = 0.7 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)  
 $k_{f,we}$  partial efficiency ( $k_{f,we} = 0.7 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)  
 $P_{we}$  constant ratio of protein gain to weight gain ( $P_{we} = 0.17 \text{ kg kg}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 29)  
 $a_{F,we}$  constant ( $a_{F,we} = 0.08 \text{ kg kg}^{-1}$ )  
 $b_{F,we}$  constant ( $b_{F,we} = 0.003 \text{ kg}^{-1} \text{ an}$ )  
 $w_{we,0}, w_{we,1}$  animal weights limiting a special fattening phase, with  $w_{we,0} < w_{we,1}$  (in kg an<sup>-1</sup>)

The procedure given above for the calculation of the cumulative ME requirements is based on the assumption that, other than displayed in Figure 5.1, the daily weight gain rate can be taken as a constant mean value. Exemplary calculations have shown that the effect of this simplification is negligible.

Die oben angegebene Prozedur zur Berechnung des kumulativen ME-Bedarfs beruht im Gegensatz zu Figure 5.1 auf der Annahme einer mittleren, d. h. vom Lebendgewicht unabhängigen täglichen Gewichtszunahme. Beispielrechnungen haben gezeigt, dass die Auswirkung dieser Vereinfachung vernachlässigbar ist.

#### 5.4.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The inventory accounts for two feeding phases. The change from phase 1 to phase 2 is at an approximate weight of 12 kg an<sup>-1</sup>.

Typical properties of the phase feeding are listed in Table 5.16. The feed composition in the New Länder in the years after the German unification did not differ in principle from that listed in Table 5.16 (expert judgement SCHNABEL, RÖNSCH, BODENSTEIN).

N reduced feeding of weaners is of minor relevance (expert judgement KÜSTER, LWK Niedersachsen) and no reliable data are available. Hence, the inventory does not consider N reduced feeding of weaners.

Das Inventar berücksichtigt zwei Fütterungsphasen. Die Grenze zwischen den beiden Phasen wird durch ein Tiergewicht von 12 kg an<sup>-1</sup> definiert.

Typische Eigenschaften der Phasenfütterung gehen aus Table 5.16 hervor. In den neuen Bundesländern unterschied sich auch unmittelbar nach der Wende das Futter nicht von dem in Table 5.16 angegebenen (Expertenschätzung SCHNABEL, RÖNSCH, BODENSTEIN).

Eine mögliche N-reduzierte Fütterung von Aufzuchtferkeln wird wegen geringer Bedeutung (Expertenurteil KÜSTER, LWK Niedersachsen) und entsprechend unsicherer Datenlage im Inventar nicht berücksichtigt.

**Table 5.16: Weaners, diets used in the inventory, and their properties**

( $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolisability;  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy, related to dry matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_N$ : N content of feed, related to dry matter;  $x_{N,red}$ : N content of N reduced feed, related to dry matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to dry matter)

Feed type	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>	$x_N^a$ in kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM}^a$ in kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash}^a$ in kg kg <sup>-1</sup>
weaners A	1	wheat, barley, soybeans and soybean meal, maize	0.8626	0.8524	14.0	0.0290	0.89	0.058
weaners B	2	wheat, barley, soybeans (full fat), maize, soybean oil	0.8498	0.8064	13.8	0.0266	0.88	0.057

<sup>a</sup> Source: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, private communication; energy and protein/nitrogen contents according to BEYER et al. (undated) and LFL (2004b).

The daily intakes of feed, nitrogen, and gross energy ( $GE_{we}$ ) are averaged over both feeding phases by analogy to the method described in Chapter 5.3.3. Digestibility  $X_{DE}$  and metabolizability  $X_{ME}$  are obtained by analogy.

The calculation of dry matter intake is based on the cumulative ME intake in the two different feeding phases (for ME intake see Chapter 5.4.2) and the phase-specific ME contents of the dry mass in the diets (see Table 5.16).

#### 5.4.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of  $CH_4$  emissions from enteric fermentation the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2 is used. This method needs the gross energy intake (see Chapter 5.4.3) and the methane conversion factor  $X_{CH_4, GE}$  as input.

The source of the national methane conversion rate of  $0.0044 \text{ MJ MJ}^{-1}$  is DÄMMGEN et al. (2012c). (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for  $CH_4$  from enteric fermentation do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

#### 5.4.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to calculate  $CH_4$  emissions from manure management (cf. Chapter 3.3.4.1).

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

The necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained as weighted means from the properties of feed constituents as listed in Table 5.16. The national mean digestibility of organic matter for 2010 is  $0.88 \text{ kg kg}^{-1}$ , the national mean ash content (related to dry matter) for 2010 amounts to  $0.057 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage system are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

German data on the uncertainty of  $CH_4$  emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

#### 5.4.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology.

Die über beide Phasen gemittelte tägliche Aufnahme an Futter, Stickstoff und Gesamtenergie  $GE_{we}$  wird analog zu Kapitel 5.3.3 berechnet. Entsprechendes gilt für die Verdaulichkeit  $X_{DE}$  und die Umsetzbarkeit  $X_{ME}$ .

Die Trockenmasseaufnahme wird über die kumulative ME-Aufnahme in den beiden Fütterungsphasen (zur ME-Aufnahme siehe Kapitel 5.4.2) und die phasenspezifischen ME-Gehalte in der Futtertrockenmasse (siehe Table 5.16) berechnet.

Die  $CH_4$ -Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.4.3) mithilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $X_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der nationale Methan-Umwandlungsfaktor von  $0,0044 \text{ MJ MJ}^{-1}$  ist DÄMMGEN et al. (2012c) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für  $CH_4$  aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar. IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

$CH_4$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit einem Stufe-2-Verfahren berechnet (Kapitel 3.3.4.1).

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die erforderlichen Daten zur Verdaulichkeit organischer Substanz und zum Aschegehalt im Futter ergeben sich als gewichtetes Mittel der Daten in Table 5.16. Die mittlere Verdaulichkeit organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei  $0,88 \text{ kg kg}^{-1}$ , das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei  $0,057 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Zu maximaler Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren ( $MCF$ ) für die einzelnen Lagerungssysteme siehe Table 5.2 in Kapitel 5.2.1.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet.

For emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 5.4.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The emission calculations require the knowledge of N excretions (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 and storage types, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{\text{org}}$  und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 5.4.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

The amount of N taken in with feed is calculated using typical diet composition and amounts of feed. The N intake is a function of performance (growth). The amount of N retained is subtracted (N content of weaners' bodies:  $0.0256 \text{ kg kg}^{-1}$ ; LfL, 2004a).

Die N-Aufnahme mit dem Futter wird für typische Futterzusammensetzungen und –mengen in Abhängigkeit von der Leistung (Zuwachs) berechnet. Hiervon wird die im Körper verbleibende N-Menge abgezogen (N-Gehalt des Gesamtkörpers  $0,0256 \text{ kg kg}^{-1}$ ; LfL, 2004a).

$$m_{\text{excr}} = \frac{\alpha}{\tau_{\text{we}}} \cdot (m_{\text{F, FD}} \cdot x_{\text{N}} - \Delta w_{\text{we}} \cdot x_{\text{N, pig}}) \quad (5.18)$$

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\tau_{\text{we}}$	duration of lifespan as weaner (in d), see Chapter 5.4.1.2
$m_{\text{F, DM}}$	daily feed intake of a weaner, dry matter (in $\text{kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), see Chapter 5.4.3
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of feed, related to dry matter (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see Chapter 5.4.3
$\Delta w_{\text{we}}$	weight gain (in $\text{kg an}^{-1}$ ), see Chapter 5.4.1.2
$x_{\text{N, pig}}$	nitrogen content of a pig's body ( $x_{\text{N, pig}} = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1}$ ) (LfL, 2004a)

The content of ammoniacal N (TAN) is calculated (see Chapter 3.3.4.3.5). 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 3.3.4.3.5). 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 amounts of N are given in Table 5.17. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

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, siehe Table 5.17. Zu Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Das gesamte Stroh-N wird als organisch gebundenes N angesehen, von dem 50 % während des Lagers zu TAN mineralisieren.

**Table 5.17: Weaners, N inputs with straw in solid-manure systems**

Housing type	Haltungssystem	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 $\text{kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$
plane floor with bedding	planbefestigter Boden mit Einstreu	0.15 <sup>a, b</sup>	0.13	$0.75 \cdot 10^{-3}$	$0.37 \cdot 10^{-3}$
deep bedding	Tiefstreu	0.20 <sup>c</sup>	0.17	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$0.50 \cdot 10^{-3}$

<sup>a</sup> KTBL (2006a), pg. 577; <sup>b</sup> Source: KTBL (2006a), pg. 581; <sup>c</sup> KTBL (2006a), pg. 585

##### 5.4.7.3 Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen

The frequency distribution of housing, storage and application methods are assumed to be the same as for fattening pigs (see Chapter 5.5.7.3).

Für die Häufigkeiten von Haltungsverfahren, Lagerungsverfahren und Ausbringungsverfahren werden die Mastschweine-Daten verwendet (siehe Kapitel 5.5.7.3).



#### 5.4.7.4 Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall

The NH<sub>3</sub> emission factors for housing can be found in Chapter 5.2.2.1.

The mitigation of NH<sub>3</sub> emissions by air scrubbers is taken into account, see Chapter 3.4.5.2.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Ställe finden sich im Kapitel 5.2.2.1.

Die Minderung von NH<sub>3</sub>-Emissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. Kapitel 3.4.5.2.

#### 5.4.7.5 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung

The emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are the same for all pig categories, see Chapters 5.2.2 and 3.3.4.3.5.

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> sind für alle Schweinekategorien gleich, siehe Kapitel 5.2.2 und 3.3.4.3.5.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 5.4.7.6 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 5.4.7.7 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(With pigs, uncertainties for grazing are not needed as the inventory does not consider the option of pigs being held in free range.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Unsicherheiten für Weidegang bei Schweinen sind nicht erforderlich, da das Inventar keinen Freilandaufenthalt für Schweine vorsieht.)

#### 5.4.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 5.18. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.4.5.2.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 5.18 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die PM-Emissionen mindernde Wirkung von Abluftreinigungsanlagen in der Schweinehaltung wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.5.2.

**Table 5.18: Weaners, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
all types	alle Systeme	0.27	0.05	0.002

Source: EMEP(2016)-3B-19, Table 3.5

#### 5.4.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

The subsequent table lists the references to information provided in the data collection (see Chapter 2.4).

Die nachfolgende Tabelle enthält Verweise auf die Informationen in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

**Table 5.19: Weaners, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.10	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.10	
		NMVOC	EM1007.10	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.28	EM1009.30
		N <sub>2</sub> O	EM1009.100	
		NO	EM1009.130	
		TSP	EM1010.10	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.40	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.70	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.11	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.10	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.10	
		NMVOC	IEF1007.10	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.25	IEF1009.27
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.93	
		NO	IEF1009.121	
		TSP	IEF1010.09	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.37	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.65	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.33	AI1005PSH.63
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.46	EXCR.50

## 5.5 Fattening pigs / Mastschweine

Fattening pigs are all pigs in the final fattening stages, i.e. with weights above about 28 kg an<sup>-1</sup> till slaughtering (ca. 105 bis 120 kg an<sup>-1</sup> live weight).

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 5.20.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Als Mastschweine werden alle Schweine bezeichnet, die von Gewichten ab ca. 28 kg an<sup>-1</sup> bis zur Schlachtreife (etwa 105 bis 120 kg an<sup>-1</sup>) gehalten werden.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.20 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 5.20: Fattening pigs, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	3	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 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 statistical data (STATLA C III 1 – vj 4) taking into account that the number  $n_{\text{piglets}+}$  of weaners exceeding a weight of 20 kg has to be subtracted, because it is included in  $n_N$  (HAENEL et al, 2011b):

$$n_{\text{fp}} = n_N + n_O + n_P + n_Q - n_{\text{piglets}+} \quad (5.19)$$

$n_{\text{fp}}$	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 weaners contained in the official pig category “young pigs”, see Chapter 5.4.1.1

On the national scale, the standard error for the number of animal places of the subcategories “sows”, “weaners” and “fattening pigs” is lower than 2 % according to German official statistics. Larger standard errors may exist for single federal states. However, as emission reporting is on the national level, the standard error for subcategory “fattening pigs” is fixed to 2 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence interval to 4 %. A normal distribution is assumed.

Die im Inventar zu verwendenden Tierzahlen können aus statistisch verfügbaren Daten (STATLA C III 1 – vj 4) berechnet werden, wobei mit  $n_{\text{piglets}+}$  die in  $n_N$  enthaltene Anzahl von Aufzuchtschweinen schwerer als 20 kg zu subtrahieren ist (HAENEL et al., 2011b):

Auf Deutschlandebene wird der Standardfehler für diejenigen Tiere, die in die Inventarkategorien „Sauen“, „Aufzuchtferkel“ und „Mastschweine“ fallen, durch das Statistische Bundesamt mit „bis unter 2 %“ beziffert. In den einzelnen Bundesländern können auch höhere Standardfehler auftreten. Da die Emissionsberichterstattung auf nationaler Ebene erfolgt, wird für „Mastschweine“ ein Standardfehler von 2 % angesetzt, d. h. 4 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

#### 5.5.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen

Official German statistics do not report weights (initial and final live weight) and weight gains of fattening pigs.

Hence, the inventory uses data published by pig producers' associations and data available in agricultural reports of the various federal states (Table 5.21 to Table 5.23). These times series partially exhibit data gaps, especially in the new federal states. No data is available for the City States Hamburg, Bremen and Berlin.

As the table size does not allow to present the complete timeseries, every other year is omitted in the years before 2010.

Tiergewichte (Anfangs- und Endgewicht) und Gewichtszunahmen von Mastschweinen werden von der offiziellen deutschen Statistik nicht berichtet.

Daher werden die von den Schweineproduzenten veröffentlichten Daten sowie Daten aus Agrarberichten der verschiedenen Bundesländern verwendet (Table 5.21 bis Table 5.23). Die Zeitreihen sind z. T. lückenhaft (v. a. in den neuen Bundesländern). Für die Stadtstaaten Hamburg, Bremen und Berlin gibt es keine Daten.

Aus Platzgründen wurde in den nachfolgenden Tabellen bis 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

**Table 5.21: Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in kg an<sup>-1</sup>)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	28	28	29	30	29.3	29.9	29.5	30	30.9	32.3	31.7	32.2	32.6	32.8	32.4	32.6	31.7
BY	27	28	29	29	29	29.4	29.8		30.4	30.8	30.7	30.8	30.6	30.5	30.2	30.3	*)
BB					27	27	27		28	28.2		29.4	29.1		28.8		*)
HE	26	27	27	28	28	29	30		30	31	30	31	30	31	30.5	30.2	*)
MV					27	27	27		28.8	29.8		29.3	28.9		28.6	28.7	*)
NI	25.5	26	28	28.5	28.5	29	28.5	30	30	30.3	29.8	30.0	29.6	29.5	29.4	30.1	*)
NW	24	25	27	27	28	28	28	28	29.1	29.2	28.9	29.1	28.5	28.6	28.6	29.0	29.0
RP	25	26	28	28	28	30	33	32	33.5	32.9	33.9	32	27.6	29.5	34.6	35.2	*)
SL	25	26	28	28	28	30	33										
SN			27		28	27	27		28.8	28.5		30.1	27.9	27.4	29.4	28.4	
ST										27.5		29.2	28.5	28.5	28.8	28.4	28.5
SH	25	26	27	28	28	28	28	29	29.8	30.7	30.6	30.9	30.1	30.2	30.1	30.6	30.7
TH				28	28	28	27		28.0	27.5	29.8	29.1	28	29.3	30.2	29.8	29.8

Sources: ASSE & ZACHARIAS (2011, 2012b, 2013b, 2015b, 2016b, 2017b); BD (2011); ERZEUGERRING.INFO (2015, 2016, 2017) (personal communication Schulz/ZDS); ERZEUGERRING WESTFALEN (2016, 2017); LKV-BY (2003, 2011, 2012, 2013, 2015b, 2016b); LKV-SN (2012, 2013, 2014); LKV-ST (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); LSZ (2007, 2008a, 2009a); LWK-SH (2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016); SCHOLZ & ZACHARIAS (2008); SMUL (2008, 2009) THLMNU (2002, 2009), TLL (2011); TVL (2014, 2015, 2016, 2017); ZDS, various years  
 \*) confidential data provided by ERZEUGERRING.INFO

**Table 5.22: Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in kg an<sup>-1</sup>)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	106	106	110	112	113	113	116	118	119	119	120	120.3	120.7	120.5	120.1	120.0	120.0
BY	105	106	109	111	114	114.4	116	117	118	117.6	118.5	120.5	120.8	121.2	121.0	121.9	*)
BB					113	113	114		115	115.6	116	117.1	117.7		118.6		*)
HE	107	109	111	114	116	116	119		121	121	121	122	122	124	123.0	121.0	*)
MV					113	115	117		117	116.2	117.5	117.8	118.0		119.3	120.3	*)
NI	109.5	110.5	116	117	118	116	117.5	118.5	119.7	119	119.5	120.7	121.1	121.3	121.4	121.9	*)
NW	109	112	115	118	119	118	120	120	119.8	120	120.9	121.4	121.0	120.8	120.6	121.0	121.0
RP	106	107	109	111	114	114	117	118	119.1	116.4	116.9	119.0	112.0	119.5	120.1	120.8	*)
SL	106	107	109	111	114	114	117										
SN			109	111.3	114.4	114.6	115.0	115.7	116.4	116.8	118.3	118.8	118.6	118.0	118.3	120.1	
ST											117.5	117.9	117.7	118.7	120.3	120.1	120.9
SH	106	110	114	117	117	116	117	118	119	118.3	120.2	119.9	120.0	120.0	120.8	121.0	121.0
TH				113	119	113	115		117	116.1	119.2	117.7	116.9	119.55	120.06	121.91	121.93

Sources: ASSE & ZACHARIAS (2011, 2012b, 2013b, 2015b, 2016b, 2017b); BD (2011); ERZEUGERRING.INFO (2015, 2016, 2017) (personal communication Schulz/ZDS); ERZEUGERRING WESTFALEN (2016, 2017); LKV-BY (2003, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015b, 2016b); LKV-SN (2013, 2014); LKV-ST (2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); LSZ (2007, 2008a, 2009a); LWK-SH (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); MLUR-BB (2002); SCHOLZ & ZACHARIAS (2008); SEGGER (2005b); SLL (2004); SMUL (2002, 2008, 2009, 2010, 2012); THMLNU (2002, 2009), TLL (2011); TMLFUN (2011); TVL (2014, 2015, 2016, 2017); ZDS, various years  
 \*) confidential data provided by ERZEUGERRING.INFO

**Table 5.23: Fattening pigs, weight gain during fattening (in g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)**

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	627	623	638	641	660	671	684	688	688	701	708	723	728	739	745	733	749
BY	653	651	653	658	672	684	699	695	705	709	740	758	768	772	779	788	*)
BB				620	647	654	675		704	718	750	767	769		810		*)
HE	651	641	665	661	665	683	695	702	715	719	743	744	761	752	772	769	*)
MV					656	676	689		749	752	796	799	806		843	856	*)
NI	647	648	651	671	685	704	702	700	724	730	747	776	788	801	810	822	*)
NW	638	641	658	671	704	722	716	721	728	732	752	764	772	779	789	801	808
RP	643	643	645	647	665	707	683	707	721	708	731	735	726	741	799	798	*)
SL	643	643	645	647	665	707	683										
SN			621	627	668	699	709	711	749	781	814	825	825	819	841	842	
ST					684	681	671	704	721	734	740	797	812	817	858	851	864
SH	634	647	666	688	708	732	740	731	750	760	792	788	806	828	848	862	875
TH				653	657	671	691		737	773	807	818	835	828	832	845	830

Sources: ASSE & ZACHARIAS (2011, 2012b, 2013b, 2015b, 2016b, 2017b); BD (2011); ERZEUGERRING.INFO (2015, 2016, 2017) (personal communication Schulz/ZDS); ERZEUGERRING WESTFALEN (2016, 2017); HMULV (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011); LKV-BY (2003, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015b, 2016b); LKV-SN (2013, 2014); LKV-ST (2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); LSZ (2007, 2008a, 2009a); LWK-SH (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); MLUR-BB (2002); MLUV-BB (2007, 2008); SCHOLZ & ZACHARIAS (2008); SEGGER (2005b); SLL (2004); SMUL (2002, 2008, 2009, 2010, 2012); THMLNU (2002, 2009); TLL (2011); TMLFUN (2011); TVL (2014, 2015, 2016, 2017); ZDS, various years  
 \*) confidential data provided by ERZEUGERRING.INFO

Data gaps within a time series are closed by linear interpolation. In case of missing data at the end of a time series, the last known value of the time series is adopted as an estimate. Missing data for Sachsen-Anhalt is replaced by data of Thüringen, as fattening conditions are similar in both federal states. The same applies to Saarland where data from Rheinland-Pfalz are used for gap closing.

Data gaps for the new federal states (Neue Bundesländer) at the beginning of the time series are closed as follows: In the year 1990, initial and final animal weights exceeded those in the old federal states (Alte Bundesländer), but the weight gains were smaller. An expert judgement (SCHNABEL, RÖNSCH, BODENSTEIN) was necessary, as official data were misleading. For 1990, a uniform weight of 35 kg an<sup>-1</sup> was assumed for the beginning of fattening together with a final weight of 115 kg an<sup>-1</sup>. The weight gain was set to 550 g an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. From 1991 onwards until official data was available again, the data of Hessen were applied to describe the situation in the new federal states.

For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

Datenlücken innerhalb einer Zeitreihe werden durch lineare Interpolation geschlossen. Fehlende Werte am Ende von Zeitreihen werden durch Beibehaltung des jeweils letzten bekannten Wertes geschätzt. Bei Sachsen-Anhalt fehlende Daten werden durch Übernahme der Daten von Thüringen generiert (vergleichbare Schweinemast). Für das Saarland werden die Daten von Rheinland-Pfalz übernommen.

Die Datenlücken zu Beginn der Zeitreihen in den neuen Bundesländern werden wie folgt geschlossen: Die Schweinemast in diesen Bundesländern änderte sich nach 1990 erheblich. Im Jahre 1990 waren die Tiergewichte am Anfang und am Ende der Mast in diesen Ländern deutlich höher als in den alten Bundesländern, die Gewichtszunahmen deutlich geringer. Daher wurden für 1990 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 (typische Gewichtszunahme: 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).

Für die Stadtstaaten werden bei Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

### 5.5.1.3 Duration of fattening / Mastdauer

The duration of fattening ( $\tau_{fp}$ ) is a function of total weight gain and average daily weight gain rate:

$$\tau_{fp} = \frac{w_{fp, fin} - w_{fp, start}}{\beta \cdot \frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t}} \quad (5.20)$$

$\tau_{fp}$	duration of fattening (in d)
$w_{fp, fin}$	weight at the end of fattening (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.5.1.2
$w_{fp, start}$	weight at the beginning of fattening (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.5.1.2
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-3}$ kg g <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{fp}/\Delta t$	mean daily weight gain of weaners (in g animal <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.5.1.2

Die Mastdauer  $\tau_{fp}$  ist eine Funktion von Gesamtzuwachs und mittlerem täglichen Gewichtszuwachs:

### 5.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

The energy requirements of fattening pigs are calculated according to the recommendations in GfE (2006), cf. HAENEL et al. (2011a). These recommendations refer to animal weights from 30 kg an<sup>-1</sup> to 100 kg an<sup>-1</sup>, but are used in the inventory for all fattening pigs ( $\leq 30$  kg an<sup>-1</sup> bis  $\geq 100$  kg an<sup>-1</sup>).

Metabolic energy (ME) requirements comprise the requirements for both maintenance and growth:

Der Energiebedarf von Mastschweinen wird nach den Empfehlungen in GfE (2006) berechnet, vgl. HAENEL et al. (2011a). Die Angaben in GfE (2006) gelten für Tiergewichte von 30 kg an<sup>-1</sup> bis 100 kg an<sup>-1</sup>, werden im Inventar aber für alle Mastschweine verwendet ( $\leq 30$  kg an<sup>-1</sup> bis  $\geq 100$  kg an<sup>-1</sup>).

Der Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) umfasst den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs:

$$\Sigma ME = \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{m, j} + \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{g, j} \quad (5.21)$$

$\Sigma ME$	total metabolizable energy for the duration of one fattening period (in MJ an <sup>-1</sup> )
$\tau_{day}$	unit time period ( $\tau_{day} = 1$ d)
$ME_j$	total metabolizable energy requirements for day j (in MJ an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
j	index of day
$k_{fin}$	number of final day of the fattening period

$\Sigma \tau_{\text{day}} \cdot ME_{m,j}$	total of $ME_{m,j}$ for one fattening period (in MJ $\text{an}^{-1}$ )
$ME_{m,j}$	metabolizable energy required for maintenance for day j (in MJ $\text{an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\Sigma \tau_{\text{day}} \cdot ME_{g,j}$	total of $ME_{g,j}$ for one fattening period (in MJ $\text{an}^{-1}$ )
$ME_{g,j}$	metabolizable energy required for growth for day j (in MJ $\text{an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )

The maintenance energy is given by:

Für die Erhaltungsenergie gilt:

$$ME_{m,j} = \eta_{ME,m} \cdot w_{\text{unit}} \cdot \left( \frac{w_j}{w_{\text{unit}}} \right)^{0.75} \quad (5.22)$$

$ME_{m,j}$	metabolisable energy required for maintenance for day j (in MJ $\text{an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\eta_{ME,m}$	specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ $\text{kg}^{-1} \text{d}^{-1}$ , see below)
$w_j$	live weight on day j (in kg $\text{an}^{-1}$ )
$w_{\text{unit}}$	unit weight ( $w_{\text{unit}} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )

According to GfE (2006), pg. 23, the specific energy for maintenance is given by:

Die spezifische Erhaltungsenergie ist nach GfE (2006), S. 23, gegeben durch:

$$\eta_{ME,m} = \eta_{ME,m,n} \cdot \left( a_m - b_m \cdot \frac{w_j - w_n}{w_x - w_n} \right) \quad (5.23)$$

$\eta_{ME,m}$	specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ $\text{kg}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
$\eta_{ME,m,n}$	reference value of specific metabolisable energy for maintenance ( $\eta_{ME,m,n} = 0.44 \text{ MJ kg}^{-1} \text{d}^{-1}$ , GfE, 2006, pg. 23))
$a_m$	constant ( $a_m = 1.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )
$b_m$	constant ( $b_m = 0.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ )
$w_j$	live weight on day j (in kg $\text{an}^{-1}$ )
$w_n$	lower threshold of animal weight (in kg $\text{an}^{-1}$ ), see below
$w_x$	upper threshold of animal weight (in kg $\text{an}^{-1}$ ), see below

GfE (2006) uses  $w_n = 30 \text{ kg an}^{-1}$  and  $w_x = 100 \text{ kg an}^{-1}$ . 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  $a_m - b_m$ .

GfE (2006) setzt  $w_n = 30 \text{ kg an}^{-1}$  und  $w_x = 100 \text{ kg an}^{-1}$ , 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.

The energy required for growth is given by

Die für Zuwachs benötigte Energie ergibt sich aus:

$$ME_{g,j} = \eta_{ME,g,j} \cdot \left( \frac{\Delta w}{\Delta t} \right)_j \quad (5.24)$$

$ME_{g,j}$	metabolizable energy required for daily growth on day j (in MJ $\text{an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )
j	index of day
$\eta_{ME,g,j}$	specific metabolizable energy required for growth on day j (in MJ $\text{kg}^{-1}$ ), see below
$(\Delta w / \Delta t)_j$	daily weight gain per animal and day j (in kg $\text{an}^{-1} \text{d}^{-1}$ )

The specific energy requirements for growth,  $\eta_{ME,g,i}$ , is a function of protein and fat gain, which means it is a function of life time:

Der spezifische Energiebedarf für Zuwachs,  $\eta_{ME,g,i}$ , ist von Protein- und Fettzunahme und damit von der Lebenszeit abhängig:

$$\eta_{ME,g,j} = \frac{\alpha_p}{k_p} \cdot P_j + \frac{\alpha_f}{k_f} \cdot F_j \quad (5.25)$$

$\eta_{ME,g,j}$	day-dependent specific metabolizable energy required for growth (in MJ $\text{kg}^{-1}$ )
j	index of day
$\alpha_p$	ME content of protein ( $\alpha_p = 23.8 \text{ MJ kg}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 32)
$\alpha_f$	ME content of fat ( $\alpha_f = 39.7 \text{ MJ kg}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$k_p$	partial efficiency ( $k_p = 0.56 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$k_f$	partial efficiency ( $k_f = 0.74 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$P_j$	day-dependent ratio of protein gain to weight gain (in kg $\text{kg}^{-1}$ ), see below
$F_j$	day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in kg $\text{kg}^{-1}$ ), see below

The relative protein gain  $P$  can be obtained by differentiation of Equation 8 in GfE (2006), pg. 30, with respect to animal weight.

$$P_j = a_P - b_P \cdot w_j \quad (5.26)$$

$P_j$	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  $0.94$  kg kg<sup>-1</sup> (GfE, 2006, pp. 28 and 31) yields the relative fat gain  $F$ :

$$F_j = a_F \cdot (b_F + c_F \cdot w_j) \quad (5.27)$$

$F_j$	day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> )
$j$	index of day
$a_F$	constant ( $a_F = 0.94$ kg kg <sup>-1</sup> )
$b_F$	constant ( $b_F = 0.1162$ kg kg <sup>-1</sup> )
$c_F$	constant ( $c_F = 2 \cdot 0.001389$ kg <sup>-1</sup> an)
$w_j$	live weight on day $j$ (in kg an <sup>-1</sup> )

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  $\eta_{ME, m}$  is defined separately for the animal weight intervals „lower than  $30$  kg an<sup>-1</sup>“, „ $30$  to  $100$  kg an<sup>-1</sup>“ und „greater than  $100$  kg an<sup>-1</sup>“, 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 leads to a formula for the ME amount required for the growth between animal weights  $w_0$  and  $w_1$  (prerequisite:  $w_0 < w_B$  und  $w_1 > w_A$ )

Die relative Proteinzunahme  $P$  erhält man durch Differenzieren von Gleichung 8 in GfE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht:

Die Differenzierung von Gleichung 9 in GfE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht sowie die Berücksichtigung eines Reduktionsfaktors von  $0,94$  kg kg<sup>-1</sup> (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 in HAENEL et al. (2011a) beschrieben eine Transformation der Summengleichung in eine Integralgleichung. Zur Berücksichtigung der stückweise linear definierten spezifischen metabolisierbaren Energie  $\eta_{ME, m}$  (siehe oben) ist die Integration allerdings getrennt für die Tiergewichtsbereiche „kleiner als  $30$  kg an<sup>-1</sup>“, „ $30$  bis  $100$  kg an<sup>-1</sup>“ und „größer als  $100$  kg an<sup>-1</sup>“ durchzuführen.

Wie bei den Aufzuchtferkeln (Kapitel 5.4.2) erfolgt die Integration unter der Annahme einer konstanten (d. h. mittleren) täglichen Wachstumsrate, vgl. auch DÄMMGEN et al. (2009a), S. 178.

Damit ergibt sich eine Formel für den Bedarf an ME, der benötigt wird, um von Gewicht  $w_0$  zu Gewicht  $w_1$  zu gelangen (Voraussetzung:  $w_0 < w_B$  und  $w_1 > w_A$ ):

$$\Sigma ME_{fp}(w_0, w_1) = \eta_{ME, m, n} \cdot \left[ \frac{\varphi_1(w_0, w_1, w_A) + \varphi_2(w_0, w_1, w_A, w_B) + \varphi_3(w_0, w_1, w_B)}{(\Delta w / \Delta t)^*} \right] + \eta_{ME, g}^* \cdot (w_1 - w_0) \quad (5.28)$$

$\Sigma ME_{fp}(w_0, w_1)$	ME required for the fattening phase between the weights $w_0$ and $w_1$ (in MJ an <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, m, n}$	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)
$w_0, w_1$	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_0 < w_1$ (in kg an <sup>-1</sup> )
$w_A$	reference weight according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_A = 30$ kg an <sup>-1</sup> )
$w_B$	reference weight according to GfE (2006, pg. 23) ( $w_B = 100$ kg an <sup>-1</sup> )
$(\Delta w / \Delta t)^*$	mean weight gain during the entire fattening period (in kg an <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )



and

$$\varphi_1 = \frac{a_m \cdot w_{\text{unit}}^2}{1.75} \cdot \left[ \left( \frac{\min(w_1, w_A)}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\min(w_0, w_A)}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} \right] \quad (5.29)$$

$$\varphi_2 = \left\{ \frac{w_{\text{unit}}^2}{1.75} \cdot \left( a_m + \frac{b_m \cdot w_A}{w_B - w_A} \right) \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_A, \min(w_1, w_B))}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} \right] - \right. \\ \left. \frac{b_m \cdot w_{\text{unit}}^3}{2.75 \cdot (w_B - w_A)} \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_A, \min(w_1, w_B))}{w_{\text{unit}}} \right)^{2.75} - \left( \frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{\text{unit}}} \right)^{2.75} \right] \right\} \quad (5.30)$$

$$\varphi_3 = \frac{w_{\text{unit}}^2}{1.75} \cdot \left[ \left( \frac{\max(w_1, w_B)}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} - \left( \frac{\max(w_0, w_B)}{w_{\text{unit}}} \right)^{1.75} \right] \quad (5.31)$$

$$\eta_{\text{ME, g}}^* = \frac{\alpha_p}{k_p} \cdot \left( a_p - b_p \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) + \frac{\alpha_f}{k_f} \cdot a_f \cdot \left( b_f + c_f \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) \quad (5.32)$$

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$	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 $\text{kg an}^{-1}$ )
$w_A$	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 ( $a_m = 1.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 23)
$b_m$	constant ( $b_m = 0.25 \text{ MJ MJ}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 23)
$\eta_{\text{ME, g}}^*$	effective specific metabolizable energy required for growth, see below (in $\text{MJ kg}^{-1}$ )
$\alpha_p$	ME coefficient ( $\alpha_p = 23.8 \text{ MJ kg}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 32)
$k_p$	efficiency 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)
$\alpha_f$	ME coefficient ( $\alpha_f = 39.7 \text{ MJ kg}^{-1}$ , see GfE, 2006, pg. 33)
$k_f$	efficiency 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

An essential prerequisite for the modelling of the feeding of fattening pigs is the data set obtained by the Federal Statistical Office during the 2010/2011 inquiry on protein feeding of fattening pigs (see Chapter 3.4.5.1). This inquiry queried the frequencies of various phase-feeding concepts on federal state level as well as the protein contents in the first phase and – in case of two- or multiphase feeding – of the second or the last phase.

According to these data, 10.1 % of the German fattening pigs were fed single-phasedly in 2010/2011, while 89.9 % were fed in two or more phases. For the years before and after the inquiry of the Federal Statistical Office no data on phase feeding are available. For the years as of 2010, the data obtained by the inquiry are kept in agreement with the Federal Statistical Office and KTBL. For 1990 it is assumed in agreement with KTBL that the Bavarian frequencies provided by LINDERMAYER (2010), Tabelle 1, can plausibly be adopted nationwide (80 % of the fattening pig population fed single-phasedly, 20 % with two-phase feeding). This leads to

Die Modellierung der Mastschweine-Fütterung geht von der Erhebung des Statistischen Bundesamtes zum Proteineinsatz in der Schweinefütterung 2010/2011 (siehe Kapitel 3.4.5.1) aus. In dieser Erhebung wurden die Verbreitung verschiedener Phasenfütterungsvarianten auf Bundeslandebene sowie die Proteingehalte des Futters für die erste und – bei Zwei- und Mehrphasenfütterung – für die zweite bzw. letzte Phase abgefragt.

2010/2011 wurden danach im Bundesdurchschnitt 10,1 % der Mastschweine einphasig gefüttert, 89,9 % in zwei oder mehr Phasen. Für die Jahre vor und nach der Datenerhebung durch das Statistische Bundesamt liegen keine bundesweiten Informationen zur Schweinefütterung vor. Für die Jahre ab 2010 werden daher in Abstimmung mit dem Statistischen Bundesamt und dem KTBL die Werte aus der Erhebung verwendet. Für 1990 wird nach Rücksprache mit KTBL die von LINDERMAYER (2010), Tabelle 1, für Bayern angegebene Verteilung (80 % des Mastschweinebestandes mit einphasiger, 20 % mit zweiphasiger Fütterung) für das ganze Bundesgebiet

the conclusion that the frequency of single-phase feeding has decreased in Germany over the years. The transition between single-phase feeding and multi-phase feeding in the years 1990 – 2010 on national level is then obtained by linear interpolation.

Based on the available data, the model concept knows only two feeding phases (A and B). Single-phase feeding is simulated by assigning the same protein content to both model phases. Example calculations with feeding data provided by KTBL showed that this two-phase concept can reasonably well approximate three-phase and multi-phase feeding if first and second model phase are equally long and for the first and second model phases the feed protein contents of the first and last real phases are used, respectively. This approach slightly overestimates the actual total of protein intake during a production cycle, because in practice the decrease of the feed protein content is not linear with time (which in fact is assumed by the simple two-phase model concept) but slightly concave, meaning a stronger-than-linear decrease of the feed protein content in the early fattening stages. Hence the model assumption of a linear decrease avoids underestimation of emissions.

In the model the boundary between the two feeding phases is defined by the animal weight  $w_{50\%}$  obtained from arithmetically averaging the animals' start weight and final weight. This approach is consistent with the assumption of a constant daily weight gain in the calculation of the cumulative ME requirements, see Chapter 5.5.2.

The feed properties used in the inventory are shown in Table 5.24. The N contents of the feed are derived from the crude protein contents ( $x_{XP}$ ) by dividing by 6.25. Due to lack of more detailed information the data in Table 5.24 are assumed to be constant in space and time. The temporal development since 1990 of the N reduced feeding via phase feeding is governed solely by the increase of the share of animal population fed with two-phase or multi-phase feeding.

als plausibel übernommen. Die einphasige Fütterung hat demnach in Deutschland über die Jahre abgenommen. Der zeitliche Verlauf des Übergangs von der einphasigen zur mehrphasigen Fütterungsweise zwischen 1990 und 2010 wird auf Bundeslandebene linear interpoliert.

Aufgrund der verfügbaren Datenbasis kennt das Modellkonzept lediglich zwei Phasen (A und B). Einphasige Fütterung wird simuliert, indem beide Modellphasen den gleichen Proteinwert zugewiesen bekommen. Beispielrechnungen mit Fütterungsdaten des KTBL haben gezeigt, dass mit dem 2-Phasen-Konzept auch die 3- und Mehr-Phasen-Fütterung approximiert werden kann, indem für die erste Modell-Phase der Proteingehalt der ersten realen Phase und für die zweite Modell-Phase der Proteingehalt der letzten realen Phase verwendet wird, und die beiden Modellphasen gleich lang sind. Dieses Konzept überschätzt die tatsächliche Gesamteinprotein-aufnahme während der Mastdauer geringfügig, da die Abnahme des Futter-Proteingehalts in der Praxis nicht linear verläuft (wie es das Modellkonzept unterstellt), sondern leicht konkav, d. h. anfangs stärker als linear abnehmend. Durch die lineare Modellannahme sind Emissionsunterschätzungen ausgeschlossen.

Im Modell wird die Grenze zwischen der ersten und der zweiten Phase durch dasjenige Tiergewicht definiert, das dem Anfangsgewicht zuzüglich des halben Gesamtzuwachses entspricht ( $w_{50\%}$ ). Dies ist konsistent mit der Annahme eines mittleren täglichen Gewichtszuwachses in der Berechnung des kumulativen ME-Bedarfs, siehe Kapitel 5.5.2.

Die Kennwerte der im Inventar verwendeten Fütterung sind in Table 5.24 wiedergegeben. Die N-Gehalte werden mithilfe der Division durch 6,25 aus den Rohprotein-Werten ( $x_{XP}$ ) berechnet. Die Daten in Table 5.24 werden mangels besserer Kenntnisse als räumlich und zeitlich konstant angesehen. Die zeitliche Entwicklung der N-angepassten Fütterung seit 1990 wird allein durch die Zunahme der N-angepasst gefütterten Populationsanteile bestimmt.

**Table 5.24: Fattening pigs, diets used, related energies, and raw protein contents**

( $X_{DE}$ : digestibility of energy;  $X_{ME}$ : metabolisability;  $\eta_{ME}$ : content of metabolisable energy, related to fresh matter;  $x_{XP}$ : raw protein content of feed, related to fresh matter;  $X_{DOM}$ : digestibility of organic matter;  $x_{ash}$ : ash content of feed, related to fresh matter)

Model concept of feeding	Weight range	Major components	$X_{DE}^a$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$X_{ME}^a$ MJ MJ <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}^a$ MJ kg <sup>-1</sup>	$x_{XP}^b$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM}^a$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{ash}^a$ kg kg <sup>-1</sup>
one single phase		wheat, rye, wheat gluten	0.8239	0.8013	13.2	0.163	0.85	0.055
two phases	phase A	meal, soybean meal, triticale, rapeseed meal	0.8307	0.8119	13.4	0.172	0.86	0.053
	phase B		0.8170	0.7907	13.0	0.152	0.84	0.057

<sup>a</sup> Source: (1) Two-phase feeding: Feed composition according to deuka Deutsche Tiernahrung GmbH & Co. KG, privat communication; energy and protein/nitrogen contents according to BEYER et al. (2004) and LFL (2004b), (2) one-phase feeding: arithmetic means of the respective data of the two-phase feed.

<sup>b</sup> Mean values on national level, derived from the results of the survey of the Federal Statistical Office on the use of protein in pig fattening in 2010 (see Chapter 3.4.5.1)

<sup>c</sup> Definition of  $w_{50\%}$ : Start weight plus half the total growth during fattening

The intake of fresh matter during phase A is calculated from the requirements of metabolizable energy and the ME content of phase A feed:

Die in Phase A aufgenommene Futtermasse (Frischmasse) berechnet sich aus dem Bedarf an umsetzbarer Energie und dem ME-Gehalt des Futters in Phase A:

$$m_{F, FM, A} = \frac{\Sigma ME_A}{\eta_{ME, A}} \quad (5.33)$$

$m_{F, FM, A}$	amount of feed intake (fresh matter) in phase A (in kg pl <sup>-1</sup> )
$\Sigma ME_A$	total of ME intake during phase A (in MJ pl <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, A}$	ME content of feed in phase A, related to fresh matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 5.24

The calculations for phase B and for single-phase feeding are done by analogy.

Dry matter intake is calculated by multiplying fresh matter intake with a dry matter content of the diet of 0.88 kg kg<sup>-1</sup>. This value is the dry matter content of the feed of sows and weaners<sup>24</sup> which is assumed to be valid for fattening pigs' diets as well. Dry matter intake is calculated for reporting purposes only; it is not used in the emission calculations.

The annual mean of the daily intake of gross energy is obtained as follows:

$$GE_{fp} = \frac{m_{F, FM, A} \cdot \eta_{GE, A} + m_{F, FM, B} \cdot \eta_{GE, B}}{\tau_{fp}} \quad (5.34)$$

$GE_{fp}$	mean daily gross energy requirements of a fattening pig (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$m_{F, FM, A}$	amount of feed intake (fresh matter) in phase A (in kg pl <sup>-1</sup> ), see above
$\eta_{GE, A}$	GE content of feed in phase A, related to fresh matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see below
$m_{F, FM, B}$	amount of feed intake (fresh matter) in phase B (in kg pl <sup>-1</sup> ), see above
$\eta_{GE, B}$	GE content of feed in phase B, related to fresh matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see below
$\tau_{fp}$	duration of fattening (in d), see Chapter 5.5.1.3

The GE content of phase A feed can be derived from the data provided in Table 5.24 as is described by the subsequent equation which applies to phase B as well.

$$\eta_{GE, A} = \frac{\eta_{ME, A}}{X_{ME, A}} \quad (5.35)$$

$\eta_{GE, A}$	GE content of feed in phase A, related to fresh matter (in MJ kg <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, A}$	ME content of feed in phase A, related to fresh matter (in MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 5.24
$X_{ME, A}$	metabolizability of feed in phase A (in MJ MJ <sup>-1</sup> )

The GE content of the feed used in single-phase feeding is calculated by analogy.

Die Berechnung für Phase B erfolgt analog, ebenso für den Fall einphasiger Fütterung.

Die Trockenmasseaufnahme wird im Inventar durch Multiplikation der Frischmasseaufnahme mit einem Trockenmassegehalt des Futters von 0,88 kg kg<sup>-1</sup> berechnet. Dieser Wert wird in Anlehnung an den typischen Trockenmassegehalt von Sauen- und Aufzuchtferkelfutter<sup>24</sup> angenommen. Die Trockenmasseaufnahme wird nur zu Berichtszwecken berechnet; sie geht nicht in die Emissionsberechnungen ein.

Die übers Jahr gemittelte tägliche Gesamtenergie-Aufnahme ergibt sich aus der folgenden Gleichung:

Der GE-Gehalt des Futters in Phase A lässt sich anhand der Daten in Table 5.24 bestimmen (analog für Phase B):

Der GE-Gehalt des Futters bei einphasiger Fütterung wird analog berechnet.

#### 5.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

CH<sub>4</sub> from enteric fermentation is calculated according to a Tier 2 method (see Chapter 3.3.2) that needs the gross energy intake (see Chapter 5.5.3) and the methane conversion factor  $\chi_{CH_4, GE}$  as input.

The source of the national methane conversion rate of 0.0046 MJ MJ<sup>-1</sup> is DÄMMGEN ET. AL. (2012c). (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.5.3) mithilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $\chi_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der nationale Methan-Umwandlungsfaktor von 0,0046 MJ MJ<sup>-1</sup> ist DÄMMGEN ET. AL. (2012c) entnommen. (IPCC(2006) gibt keinen entsprechenden Faktor an.)

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar.

<sup>24</sup> [http://www.definitiv-ba.de/pdf\\_files/aktuelles/stalljohann-dba2010.pdf](http://www.definitiv-ba.de/pdf_files/aktuelles/stalljohann-dba2010.pdf)

do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

#### 5.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management of dairy cows (cf. Chapter 3.3.4.1).

VS excretions are calculated according to the method described in DÄMMGEN et al. (2011a) which differs from the method given in IPCC, see Chapter 3.3.3.1.

This modified method requires data on the digestibility of organic matter and the ash content of feed. These quantities are obtained as weighted means from the data sets provided in Table 5.24. In 2010, the national mean digestibility of organic matter is 0.84 kg kg<sup>-1</sup> while the national mean of the ash content is 0,056 kg kg<sup>-1</sup> (related to dry matter).

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors (MCF) for the respective manure storage system are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

#### 5.5.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

#### 5.5.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation presupposes the knowledge of N excretions, 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.

##### 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.

IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Die dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationen in Table 5.24. Die mittlere Verdaulichkeit von organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,84 kg kg<sup>-1</sup>, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,056 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren (MCF) für die einzelnen Lagerungssysteme sind Table 5.2 in Kapitel 5.2.1 zu entnehmen.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen, der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N<sub>org</sub> und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

Die mit dem Futter aufgenommene N-Menge wird für typische Futterzusammensetzungen und -mengen leistungsbezogen berechnet. Hiervon wird die im Körper verbleibende N-Menge abgezogen.

$$m_{\text{excr}} = \frac{\alpha}{\tau_{\text{fp}}} \cdot (m_{\text{F,FM,A}} \cdot x_{\text{N,A}} + m_{\text{F,FM,B}} \cdot x_{\text{N,B}} - \Delta w_{\text{fp}} \cdot x_{\text{N,pig}}) \quad (5.36)$$

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$\tau_{\text{fp}}$	duration of fattening (in d), see Chapter 5.5.1.3
$m_{\text{F,FM,A}}$	amount of feed intake (fresh matter) in phase A within one production cycle (in kg pl <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.5.3
$m_{\text{F,FM,B}}$	amount of feed intake (fresh matter) in phase B within one production cycle (in kg pl <sup>-1</sup> ), see Chapter 5.5.3
$x_{\text{N,A}}$	N content of feed in phase A, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> ), derived from the XP content given in Table 5.24
$x_{\text{N,B}}$	N content of feed in phase B, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> ), derived from the XP content given in Table 5.24
$\Delta w_{\text{fp}}$	total weight gain during fattening (in kg an <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N,pig}}$	nitrogen content of a pig's body ( $x_{\text{N,pig}} = 0.0256 \text{ kg kg}^{-1}$ ) (LFL, 2004a)

The calculated N excretions agree with range of N excretions provided by DLG (2005), pg. 40.

The TAN contents calculated vary 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).

Die so berechneten N-Ausscheidungen liegen im Bereich der Angaben in DLG (2005), S. 40.

Die berechneten 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 amounts of N are given in Table 5.25 Table 5.17. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Die eingetragenen N-Mengen sind in Table 5.25 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

**Table 5.25: Fattening pigs, N inputs with straw in solid-manure systems**

Housing type	Haltungssystem	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>
plane floor with bedding	planbefestigter Boden mit Einstreu	0.3 <sup>a</sup>	0.26	1.5·10 <sup>-3</sup>	0.75·10 <sup>-3</sup>
deep bedding	Tiefstreu	1.0 <sup>b</sup>	0.86	5.0·10 <sup>-3</sup>	2.50·10 <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> expert judgement EURICH-MENDEN B/KTBL on the basis of housing system MS0007 in KTBL (2006a)

<sup>b</sup> housing system MS0006 in KTBL (2006a)

#### 5.5.7.3 Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen

The frequency distributions of the storage and spreading systems types are supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

Die Häufigkeitsverteilungen der Lager- und Ausbringungsverfahren werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

#### 5.5.7.4 Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall

The NH<sub>3</sub> emission factors for housing can be found in Chapter 5.2.2.1.

The mitigation of NH<sub>3</sub> emissions by air scrubbers is taken into account, see Chapter 3.4.5.2.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Ställe finden sich im Kapitel 5.2.2.1.

Die Minderung von NH<sub>3</sub>-Emissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. Kapitel 3.4.5.2.

#### 5.5.7.5 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung

The emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are the same for all pig categories, see Chapters 5.2.2 and 3.3.4.3.5.

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die Emissionsfaktoren NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> sind für alle Schweinekatoren gleich, siehe Kapitel 5.2.2 und 3.3.4.3.5.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 5.5.7.6 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 5.5.7.7 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(With pigs, uncertainties for grazing are not needed as the inventory does not consider the option of pigs being held in free range.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Unsicherheiten für Weidegang bei Schweinen sind nicht erforderlich, da das Inventar keinen Freiland-aufenthalt für Schweine vorsieht.)

#### 5.5.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 5.26. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account in districts with air scrubber-equipped pig husbandry, see Chapter 3.4.5.2.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 5.26 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Die PM-Emissionen mindernde Wirkung von Abluft-reinigungsanlagen in der Schweinehaltung wird berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.5.2.

**Table 5.26: Fattening pigs, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
all types	alle Systeme	1.05	0.14	0.006

Source: EMEP(2016)-3B-19, Table 3.5

#### 5.5.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 5.27: Fattening pigs, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.11	EM1009.33
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.11	
		NMVOC	EM1007.11	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.31	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.101	
		NO	EM1009.131	
		TSP	EM1010.11	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.41	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.71	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.12	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.11	IEF1009.30
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.11	
		NMVOC	IEF1007.11	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.28	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.94	
		NO	IEF1009.122	
		TSP	IEF1010.10	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.38	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.66	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.64	AI1005PSH.95
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.51	EXCR.55

## 5.6 Breeding boars / Zuchteber

Breeding boars form an own subcategory in the German census.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 5.28.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Zuchteber sind alle als solche in der Statistik bezeichneten männlichen Schweine.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 5.28 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 5.28: Boars, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 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.

$$n_{bo} = n_V$$

$n_{bo}$  number of boars

$n_V$  animal numbers of type V in the German census (see Table 5.1)

(5.37)

On the national scale, the standard error for the number of animal places of the subcategory “breeding boars” is “about 5 to 10 %” according to German official statistics. Larger standard errors may exist for single federal states. However, as emission reporting is on the national level, the standard error for subcategory “breeding boars” is fixed to 10 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence interval to 20 %. A normal distribution is assumed.

Auf Deutschlandebene wird der Standardfehler für diejenigen Tiere, die in die Inventarkategorie „Eber“ fallen, mit „5 bis 10 %“ angegeben. In den einzelnen Bundesländern können auch höhere Standardfehler auftreten. Da die Emissionsberichterstattung auf nationaler Ebene erfolgt, wird für „Zuchteber“ ein Standardfehler von 10 % angesetzt, d. h. 20 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

#### 5.6.1.2 Animal weight / Tiergewicht

According to expert judgement (see HAENEL et al., 2011a), the mean animal weight is assumed to be 200 kg an<sup>-1</sup>. The animal weight is not used in the calculation of the energy requirements. It is only used for the calculation of an overall mean pig weight.

Das mittlere Tiergewicht wird nach Expertenurteil (siehe HAENEL et al., 2011a) mit 200 kg an<sup>-1</sup> angesetzt. Das Tiergewicht geht nicht in die Energiebedarfsrechnung, sondern nur in die Berechnung des mittleren Schweinegewichts ein.

### 5.6.2 Energy requirements / Energiebedarf

For breeding boars, the metabolic energy requirements comprise the requirements for both maintenance and growth. However, as the contribution of boars to the overall emissions from pig husbandry is almost negligible, the inventory simply assumes all boars counted by the official census to be adult boars the weight gain of which is restricted (GfE, 2006, pg. 84).

Due to the boars' limited importance and the scarcity of data (GfE, 2006, pg. 84) the inventory does not attempt to model energy requirements of boars. While GfE (1987), pg. 68, suggested mean ME requirements of 30 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, GfE (2006), pg. 84, recommends a range

Für Zuchteber umfasst der Bedarf an umsetzbarer Energie den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs. Da der Beitrag der Zuchteber zur Gesamtemission aus der Schweinehaltung nahezu vernachlässigbar ist, wird für das Inventar vereinfachend angenommen, dass alle in der Officialstatistik erfassten Eber erwachsene Tiere mit begrenzter Gewichtszunahme sind (GfE, 2006, pg. 84).

Aufgrund der begrenzten Bedeutung der Eber und dem Mangel an Daten (GfE, 2006, pg. 84) verzichtet das Inventar darauf, den Energiebedarf zu berechnen. Während GfE (1987), S. 68, einen mittleren ME-Bedarf von 30 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> empfiehlt, wird in GfE (2006), S. 84, ein



of 30 to 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. A rough estimate based on the data provided in GfE (2006), pg. 83, and the use of ME calculation approach for fattening pigs (see Chapter 5.5.2) indicates that the value of 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> better matches a mean boar weight of 200 kg an<sup>-1</sup> than 30 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Hence the inventory assumes daily ME requirements of 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> leading to cumulative annual ME requirements of 12775 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

### 5.6.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Neither GfE (1987) nor GfE (2006) recommend specific feeds for boars. The inventory uses 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 (dry matter) and gross energy is calculated by analogy to the method described in Chapter 5.3.3. The daily dry matter intake is 2.7 kg an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, the daily gross energy intake amounts to  $GE_{bo} = 44$  MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Bereich von 30 bis 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> angegeben. Eine Überschlagsrechnung mithilfe der in GfE (2006), S. 83, angegebenen Daten und der Berechnungsmethode für Mast Schweine (siehe Kapitel 5.5.2) zeigt, dass ein Wert von 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> besser zu einem Ebergewicht von 200 kg an<sup>-1</sup> passt als 30 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Das Inventar geht daher von 35 MJ an<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> aus, was zu einem kumulativen ME-Bedarf von 12775 MJ an<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> führt.

Weder GfE (1987) noch GfE (2006) geben spezielle Ernährungsempfehlungen für Eber an. Das Inventar geht von der Futterzusammensetzung für Sauen in der Phase A aus (siehe Kapitel 5.3.3, Table 5.12).

Die tägliche Futtermenge (Trockenmasse) sowie die damit aufgenommene tägliche Gesamtenergie  $GE_{bo}$  wird sinngemäß wie in Kapitel 5.3.3 beschrieben berechnet. Die tägliche Trockenmasseaufnahme 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>.

### 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 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 source of the national methane conversion rate of 0.0071 MJ MJ<sup>-1</sup> is DÄMMGEN ET. AL. (2012c). (IPCC(2006) does not provide a methane conversion rate for pigs.)

No national data is available on the uncertainty of the emission factor for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation do not exist. IPCC(2006)-10.33 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die CH<sub>4</sub>-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Stufe-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.6.3) mithilfe des Methan-Umwandlungsfaktors  $x_{CH_4, GE}$  berechnet.

Der nationale Methan-Umwandlungsfaktor von 0,0071 MJ MJ<sup>-1</sup> ist DÄMMGEN ET. AL. (2012c) entnommen. (Ein entsprechender Faktor wird in IPCC(2006) nicht bereitgestellt.)

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung sind keine nationalen Daten verfügbar. IPCC(2006)-10.33 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 5.6.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to treat CH<sub>4</sub> emissions from manure management of dairy cows (cf. Chapter 3.3.4.1).

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

Maximum methane producing capacity  $B_0$  and conversion factors ( $MCF$ ) for the respective manure storage systems are provided in Table 5.2 (see Chapter 5.2.1).

For the necessary information on the digestibility of organic matter and the ash contents of the diet are obtained see Chapter 5.6.3; Therefore the national mean digestibility of organic matter is 0.81 kg kg<sup>-1</sup>, the national mean ash content (related to dry matter) amounts to 0.056 kg kg<sup>-1</sup>.

The frequency distribution of storage types is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

Zur Bestimmung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Stufe-2-Verfahren angewandt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1).

Zu maximaler Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und Methan-Umwandlungsfaktoren ( $MCF$ ) für die einzelnen Lagerungssysteme siehe Table 5.2 in Kapitel 5.2.1.

Zu den dazu notwendigen Daten zur Verdaulichkeit von organischer Substanz und dem Aschegehalt im Futter siehe Kapitel 5.6.3; bundesweit werden danach die Verdaulichkeit mit 0,81 kg kg<sup>-1</sup> und der Aschegehalt mit 0,056 kg kg<sup>-1</sup> (bezogen auf die Futtertrockenmasse) angesetzt.

Die Häufigkeitsverteilung der Lagerverfahren wird durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus offiziellen Erhebungen abgeleitet, siehe Kapitel 3.4.3.

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 5.6.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 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<sub>org</sub> and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N<sub>org</sub> und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

##### 5.6.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

The N excretion calculation is based on the ME requirements (see Chapter 5.6.2) and the ME and N contents of the feed (see Chapter 5.6.3). No N retention is considered. The N excretion calculation yields N excretions of 27.8 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. TAN is calculated as well and amounts to ca. 83 %.

Die Berechnung der N-Ausscheidung beruht auf dem ME-Bedarf (siehe Kapitel 5.6.2) sowie dem ME- und dem N-Gehalt des Futters (siehe Kapitel 5.6.3). Eine N-Retention wird nicht berücksichtigt. Es ergibt sich eine N-Ausscheidung von 27,8 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Der TAN-Gehalt wird ebenfalls berechnet und beläuft sich auf ca. 83 %.

##### 5.6.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

The amount of straw fresh matter is 0.5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> or 2.5·10<sup>-3</sup> kg N (pl · d)<sup>-1</sup> (or 1.25·10<sup>-3</sup> kg TAN (pl · d)<sup>-1</sup>, respectively).

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Die Einstreumenge ist 0,5 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Strohfrischmasse bzw. 2,5·10<sup>-3</sup> kg N (pl · d)<sup>-1</sup> oder 1,25·10<sup>-3</sup> kg TAN (pl · d)<sup>-1</sup>.

##### 5.6.7.3 Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen

For boars, the distributions of housing and manure management systems of sows are adopted.

Für Eber werden die gleichen Haltungsverfahren wie für Sauen angenommen.

##### 5.6.7.4 Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall

The NH<sub>3</sub> emission factors for housing can be found in Chapter 5.2.2.1.

The mitigation of NH<sub>3</sub> emissions by air scrubbers is taken into account, see Chapter 3.4.5.2.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Ställe finden sich im Kapitel 5.2.2.1.

Die Minderung von NH<sub>3</sub>-Emissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. Kapitel 3.4.5.2.

#### 5.6.7.5 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung

The emission factors for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are the same for all pig categories, see Chapters 5.2.2 and 3.3.4.3.5.

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> sind für alle Schweinekategorien gleich, siehe Kapitel 5.2.2 und 3.3.4.3.5.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 5.6.7.6 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 5.6.7.7 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(With pigs, uncertainties for grazing are not needed as the inventory does not consider the option of pigs being held in free range.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Unsicherheiten für Weidegang bei Schweinen sind nicht erforderlich, da das Inventar keinen Freiland-aufenthalt für Schweine vorsieht.)

#### 5.6.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. For boars, no specific emission factors have been reported. As it is assumed that feeding and management of boars and sows are similar, the emission factors for sows are adopted for boars (see Chapter 5.3.8). For the uncertainty see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Eigene Emissionsfaktoren für Eber existieren nicht. Wegen der angenommenen Vergleichbarkeit von Fütterung und Haltung werden die Emissionsfaktoren der Sauen für die Eber übernommen (s. Kapitel 5.3.8). Zur Unsicherheit s. Kap. 3.3.4.5.

#### 5.6.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 5.29: Boars, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.12	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.12	
		NMVOC	EM1007.12	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.34	EM1009.36
		N <sub>2</sub> O	EM1009.102	
		NO	EM1009.132	
		TSP	EM1010.12	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.42	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.72	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.13	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.12	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.12	
		NMVOC	IEF1007.12	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.31	IEF1009.33
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.95	
		NO	IEF1009.123	
		TSP	IEF1010.11	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.39	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.67	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.96	AI1005PSH.124
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.56	EXCR.60

## 5.7 Pigs – collective description / Schweine – zusammenfassende Daten

Emissions have to be reported for pigs as a single category.

In the German inventory, the aggregation of emissions and emission explaining data has to take into account that suckling-pigs do not represent a separate animal subcategory, but are integrated into the calculations for sows (cf. Chapters 5.1 and 5.3).

Hence, with exception of mean animal weight and pregnancy, the data aggregation is to be based on the data of the four separate animal subcategories sows, weaners, fattening pigs and boars.

Total emissions as well as amounts of bedding material are calculated by addition. The aggregation of emission explaining data is described in Chapter 5.7.2

It is combined with the definition of an inventory-specific total number of pigs, which deviates from the total number of pigs reported by the German census, see Chapter 5.7.1.

Schweine sind zusammengefasst als eine Kategorie zu berichten.

Die Aggregation von Emissionen und emissionserklärenden Daten im deutschen Inventar muss berücksichtigen, dass die Saugferkel nicht als separate Kategorie geführt werden, sondern bei den Sauen mitgerechnet werden (siehe dazu Kapitel 5.1 und 5.3).

Daher ist, mit Ausnahme des mittleren Tiergewichtes und der Trächtigkeit, die Aggregation allein auf die Daten der vier Berichtskategorien Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine und Eber zu stützen.

Gesamtemissionen und Einstreumengen werden dabei durch jeweilige Addition berechnet. Auf die Aggregation von emissionserklärenden Daten geht Kapitel 5.7.2 ein.

Damit verbunden ist eine Definition der im Inventar zu berichtenden Schweinegesamtzahl, die von der offiziellen Schweinegesamtzahl abweicht, siehe Kapitel 5.7.1.

### 5.7.1 Animal numbers / Tierzahlen

The total number of all pigs reported from the German census is given by:

$$n_{\text{pigs, official}} = n_M + n_N + n_O + n_P + n_Q + n_R + n_S + n_T + n_U + n_V \quad (5.38)$$

$n_M$  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:

$$n_{\text{pigs, inventory}} = \begin{cases} (n_M - n_{sp}) + n_N + n_O + n_P + n_Q + n_R + n_S + n_T + n_U + n_V \\ n_{so} + n_{we} + n_{fp} + n_{bo} \end{cases} \quad (5.39)$$

$n_M$  etc. number of animals in census subcategory M, etc. (see Table 5.1)  
 $n_{sp}$  annually averaged population of suckling-pigs (in piglet), see Chapter 5.3.2  
 $n_{so}$  number of sows used in this inventory, see Chapter 5.3.1  
 $n_{we}$  number of weaners used in this inventory, see Chapter 5.4.1  
 $n_{fp}$  number of fattening pigs used in this inventory, see Chapter 5.5.1  
 $n_{bo}$  number of boars used in this inventory, see Chapter 5.6.1

For the uncertainties of the animal numbers see the respective animal subchapters.

Zur Unsicherheiten der Tierzahlen wird auf die Angaben in den Tier-Unterkapiteln verwiesen.

### 5.7.2 Aggregation of IEF and animal characteristics / Aggregation von IEF und Tiercharakteristika

For the aggregation of the animal category “pigs” the mean values of the following quantities are calculated:

- emission factors (IEF)
- animal weight
- intake of feed dry matter (DM)
- intake of gross energy (GE)
- VS excretions
- N excretions

Für die Aggregation der Kategorie „Schweine“ wird jeweils der Mittelwert der folgenden Größen berechnet:

- Emissionsfaktoren (IEF)
- Tiergewicht
- Aufnahme von Futter-Trockenmasse (DM)
- Aufnahme von Futter-Gesamtenergie (GE)
- VS-Ausscheidung
- N-Ausscheidung

- relative content of TAN in N excretions
- Methane conversion factor, enteric fermentation ( $x_{CH_4, GE}$ )
- digestibility of organic matter ( $X_{DOM}$ )
- digestibility of energy ( $X_{DE}$ )
- ash content of feed ( $x_{ash}$ )
- shares of manure management systems
- methane conversion factor, manure management ( $MCF$ )
- pregnancy

The calculation follows the principles described for “other cattle” in Chapter 4.9.2. Note, however, that suckling-pigs are considered explicitly only in case of the mean pig weight. For all other quantities it is taken into account that suckling-pigs are implicitly included in the system “sow with suckling-pigs”.

The calculation of the mean weight of pigs is based on the animal numbers (= numbers of animal places) as derived for the inventory calculations from officially counted animal numbers (see the respective pig chapters). For the mean population of suckling pigs  $n_{sp}$  see Chapter 5.3.2; this population is the difference between the total number of pigs and the sum of the subcategories “sows”, “weaners”, “fattening pigs” and “boars” that are provided in the official statistics.

The following weights are considered for the weighted averaging:

- sow, boar: the respective mean weights used for the calculation of the inventory (see Chapters 5.3.1.2 and 5.6.1.2)
- suckling-pigs, weaners and fattening pigs: the respective arithmetic mean derived from start and final weights (see Chapters 5.3.1.2, 5.4.1.2 and 5.5.1.2).

As to pregnancy, Germany reports the mean share of pregnant sows which is obtained from the German census. This data was provided for emission reporting on an informative basis. However, it was not used for reporting.

- Relativer TAN-Gehalt der N-Ausscheidung
- Methan-Umwandlungsfaktor, Verdauung ( $x_{CH_4, GE}$ )
- Verdaulichkeit organischer Substanz ( $X_{DOM}$ )
- Verdaulichkeit von Energie ( $X_{DE}$ )
- Aschegehalt des Futters ( $x_{ash}$ )
- relative Wirtschaftsdüngersysteme-Anteile
- Methan-Umwandlungsfaktor, Wirtschaftsdünger-Management ( $MCF$ )
- Trächtigkeit

Die Berechnung erfolgt sinngemäß wie in Kapitel 4.9.2 für „übrige Rinder“ beschrieben. Allerdings ist zu beachten, dass mit Ausnahme des Tiergewichtes die Saugferkel nicht explizit berücksichtigt werden, da sie hinsichtlich Futteraufnahme und Emissionen Bestandteil des Systems „Sau mit Saugferkeln“ sind.

Für die Berechnung des mittleren Schweinegewichts werden die Tierzahlen (= Tierplatzzahlen) zugrunde gelegt, wie sie in den entsprechenden Tierkapiteln für die Inventarberechnungen aus den offiziellen Tierzahlen abgeleitet wurden. Zur mittleren Population der Saugferkel  $n_{sp}$  siehe Kapitel 5.3.2; sie entspricht der Differenz zwischen der offiziellen Schweine-Gesamtzahl des Statistischen Bundesamtes und der Tierzahlsumme der im Inventar verwendeten Kategorien „Sauen“, „Aufzuchtferkel“, „Mastschweine“ und „Eber“.

Die in die gewichtete Mittelung der Tiergewichte eingehenden Gewichte werden wie folgt angesetzt:

- Sau, Eber: jeweils das für die Inventarberechnung verwendete mittlere Tiergewicht (siehe Kapitel 5.3.1.2 und 5.6.1.2).
- Saugferkel, Aufzuchtferkel und Mastschwein: das arithmetische Mittel aus Anfangs- und Endgewicht (siehe Kapitel 5.3.1.2, 5.4.1.2 und 5.5.1.2).

Im Hinblick auf die Trächtigkeit berichtet Deutschland den mittleren Anteil trächtiger Sauen. Diese Angabe wurde der deutschen Tierzählungstatistik entnommen. Diese Daten werden informationshalber für die Berichterstattung bereitgestellt, sie gehen aber nicht in die Emissionsberechnung ein.

### 5.7.3 International comparison / Internationaler Vergleich

Within the framework of quality assurance a comparison of input data and inventory results was made on European level. (For details of the procedure of the comparison see Chapter 4.3.10.)

In Table 5.30 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables.

The mean pig weight in Germany is comparable to that of France and the Czech Republic. Much higher is the average pig weight in Denmark and Switzerland. The other countries report no average pig weight. For the wide range between German and Danish / Swiss value, differences in the composition of the pig populations and / or different definitions of mean pig weight may be

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleuropäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.10.)

Table 5.30 vergleicht die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärende Variablen.

Das mittlere Schweinegewicht in Deutschland ist mit dem von Frankreich und Tschechien vergleichbar. Sehr viel höher ist das mittlere Schweinegewicht in Dänemark und der Schweiz. Die übrigen Länder berichten kein mittleres Schweinegewicht. Für die großen Spanne zwischen deutschem und dänischem/schweizerischem Wert können Unterschiede in den Zusammensetzungen der

responsible. For the German definition see Chapter 5.7.2.

Schweinepopulationen und/oder unterschiedliche Definitionen des mittleren Schweinegewichts verantwortlich sein. Zur deutschen Definition siehe Kapitel 5.7.2.

**Table 5.30: Pigs, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM)**

	mean animal weight kg a <sup>-1</sup>	GE intake kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	VS excretion kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	N excretion kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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> (without spreading) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	direct N <sub>2</sub> O (without spreading) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	NA	NA	0.27	9.48	1.50	1.19	2.19	0.045
Belgium	152.71	NE	0.80	39.38	1.50	4.47	1.98	0.037
Czech Republic	59.00	NA	NA	16.00	1.50	6.00	6.27	0.214
Denmark <sup>a</sup>	110.00	41.61	0.19	7.79	1.10	3.61	1.25	0.066
France	61.97	NE	0.27	9.60	0.69	5.72	4.61	0.005
<b>Germany</b>	<b>63.27</b>	<b>34.96</b>	<b>0.30</b>	<b>13.05</b>	<b>1.14</b>	<b>4.06</b>	<b>4.10</b>	<b>0.080</b>
Netherlands	NE	NA	0.38	7.88	1.50	6.71	1.10	IE
Poland	NA	n/a	0.32	10.43	1.50	1.99	4.65	0.081
Switzerland	NA	27.36	0.31	8.92	1.08	4.33	3.13	0.004
United Kingdom	n/a	n/a	n/a	n/a	1.50	5.21	2.76	0.077
IPCC (2006)-10.15, 10.21, 10.28, 10.59, 10.80, 10.81, Western Europe, cool region, 10°C/11°C <sup>b</sup>		Equations 10.3-10.16	breeding swine 0.46 / market swine 0.30	breeding swine 30.35 / market swine 9.31	1.5	breeding swine 9 to 10 / market swine 6		
EMEP (2013)-3B-14, 27				sows 34.5 / fatteners 12.1			sows 7.3 to 18.2 / fatteners 6.5 to 6.7	
EMEP (2016)-3B-16, 29				sows 34.5 / fatteners 12.1			sows 0 to 15 / fatteners 4 to 5.4	

Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables; CEIP (2017), NFR

n/a, IE, NA, NE: No data available for different reasons

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

<sup>b</sup> IPCC N excretions: calculated using IPCC default animal weights (50 kg for fatteners and 198 kg for sows)

A meaningful comparison of the GE intake data is not possible as only few countries reported such data. Among the countries that reported GE intake data Germany is located slightly above the arithmetic mean.

In the case of VS excretions, the very high Belgian value is likely to be a misreported value. Apart from this, there remains a range from 0.19 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Denmark) to 0.38 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Netherlands). Germany is at a middle level.

The German N excretions represent the second highest value. Again, the implausible high Belgian value is noticeable.

All countries except Denmark, Germany, France and Switzerland use the IPCC default value for the CH<sub>4</sub> IEF for enteric fermentation. Those four countries that calculate their IEF values obtain results that are lower than the IPCC default, the French value, however, being very low. The German IEF is supported by the relatively similar results reported by Denmark and Switzerland.

The German IEF for CH<sub>4</sub> from manure management is in the middle range, albeit slightly below the mean of 4.33 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. However, the large range of reported values is striking; it is likely to be largely due to differences in the different pig farming systems in different countries.

Ein sinnvoller Vergleich der GE-Aufnahme ist wegen der geringen Anzahl von berichteten Werten nicht möglich. Bei den berichteten Werten liegt Deutschland geringfügig über dem Mittelwert.

Bei den VS-Ausscheidungen dürfte es sich bei dem sehr hohen belgischen Wert um einen fehlberichteten Wert handeln. Sieht man von diesem ab, bleibt eine Spanne von 0,19 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Dänemark) bis 0,38 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Niederlande). Deutschland liegt auf mittlerem Niveau.

Die deutschen N-Ausscheidungen stellen den zweithöchsten Wert dar. Auch hier fällt der unplausibel hohe belgische Wert auf.

Beim IEF für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung verwenden alle Länder außer Dänemark, Deutschland, Frankreich und der Schweiz den IPCC-Defaultwert. Die vier Länder, die den IEF berechnen, kommen zu Ergebnissen, die niedriger sind als der IPCC-Defaultwert, wobei Frankreich allerdings einen sehr niedrigen Wert berichtet. Der deutsche Wert wird dadurch gestützt, dass Dänemark und die Schweiz zu relativ ähnlichen Ergebnissen kommen.

Der deutsche IEF für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegt im mittleren Bereich, wenn auch etwas unter dem Mittelwert von 4,33 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Auffällig ist aber die große Spannweite der berichteten Werte; sie dürfte zu einem großen Teil auf die in den verschiedenen Ländern unterschiedlichen Anteile der verschiedenen Schweinehaltungssysteme zurück zu führen sein.

The NH<sub>3</sub> emissions show a very wide range from 1.1 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Netherlands) to 6.3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Czech Republic). It can be assumed that the Czech Republic is still reporting according to the previous EMEP Guidebook (EMEP, 2013), which states that NH<sub>3</sub> emissions from application are included in the IEF, while the current Guidebook (EMEP, 2016) requires that NH<sub>3</sub> emissions from the application be reported separately. In addition to the Netherlands, Denmark also has a low IEF. They are considered as a result of efforts in Denmark and the Netherlands to reduce NH<sub>3</sub> emissions from animal husbandry.

For direct N<sub>2</sub>O from manure management, the Czech, French and Swiss IEFs are by far higher or lower than the values of the other countries, although this can not be explained on the basis of the available data. Austria and Belgium have IEFs that are only about half the size of the relatively similar IEFs of Germany, Poland and the United Kingdom.

Table 5.31 shows the IEFs of TSP, PM and NMVOC. The IEFs of TSP and PM are spread over a large span. Possibly some countries calculated the respective emissions according to the previous Guidebook (EMEP, 2013), while other countries (like Germany) already used the new Guidebook (EMEP, 2016). The German TSP value is in the upper range with the values of other countries such as Switzerland or Poland. For PM<sub>10</sub> and NMVOC, Germany is in the lower range. NMVOC is reported by only four countries.

Bei den NH<sub>3</sub>-Emissionen zeigt sich eine sehr große Spannweite von 1,1 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Niederlande) bis 6,3 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Tschechien). Es ist zu vermuten, dass Tschechien noch nach dem früheren EMEP-Guidebook (EMEP, 2013) berichten, demzufolge die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Ausbringung im IEF enthalten sind, während das aktuelle Guidebook (EMEP, 2016) vorschreibt, dass die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Ausbringung separat zu berichten sind. Neben den Niederlanden weist auch Dänemark einen niedrigen IEF auf. Sie werden als Folge der Anstrengungen in Dänemark und den Niederlanden gewertet, die NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Tierhaltung zu senken.

Für direktes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management weichen die tschechischen, französischen und schweizerischen IEFs weit nach oben bzw. unten von den Werten der anderen Länder ab, ohne dass sich dies anhand der vorliegenden Daten erklären ließe. Österreich und Belgien weisen IEFs auf, die nur etwa halb so groß sind wie die einander relativ ähnlichen IEFs von Deutschland, Polen und Vereinigtem Königreich.

Table 5.31 zeigt die IEFs von TSP, PM und NMVOC. Die IEFs von TSP und PM verteilen sich über eine große Spannweite. Dies mag u. a. daran liegen, dass teilweise noch nach früherem Guidebook (EMEP, 2013) und teilweise (wie von Deutschland) schon nach neuem Guidebook (EMEP, 2016) gerechnet wurde. Der deutsche TSP-Wert liegt mit den Werten anderer Länder wie Schweiz oder Polen im oberen Bereich. Bei PM<sub>10</sub> und NMVOC liegt Deutschland im unteren Bereich, wobei für NMVOC nur vier Länder berichtet haben.

**Table 5.31: Pigs, 2015, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC**

	IEF <sub>TSP</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF <sub>PM10</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF <sub>PM2.5</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	IEF <sub>NMVOC</sub> kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	IE	IE	IE	NA
Belgium	0.321	0.146	0.020	0.61
Czech Republic	0.922	0.417	0.073	NE
Denmark <sup>a</sup>	0.307	0.095	0.004	0.63
France	0.557	0.247	0.047	IE
<b>Germany</b>	<b>0.796</b>	<b>0.116</b>	<b>0.005</b>	<b>0.65</b>
Netherlands	0.077	0.077	0.004	NE
Poland	0.867	0.390	0.009	NA
Switzerland	0.726	0.726	0.109	NE
United Kingdom	0.652	0.118	0.005	0.45
EMEP (2013)-3B-17, 16	0.21 to 1.53	0.10 to 0.69	0.02 to 0.12	fattening pigs 0.551 / sows 1.704
EMEP (2013)-3B-17, 16	0.27 to 1.05	0.05 to 0.17	0.002 to 0.01	fattening pigs 0.551 / sows 1.704

Source: Germany: Submission 2018; all other countries: CEIP (2017), NFR, calculated from original data

IE, NA, NE: No data available for different reasons

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island



#### 5.7.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 5.32: Pigs, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.13	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.13	
		NM VOC	EM1007.13	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.37	EM1009.39
		N <sub>2</sub> O	EM1009.103	
		NO	EM1009.133	
		TSP	EM1010.13	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.43	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.73	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.14	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.13	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.13	
		NM VOC	IEF1007.13	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.34	IEF1009.36
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.96	
		NO	IEF1009.124	
		TSP	IEF1010.12	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.40	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.68	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.125	AI1005PSH.156
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.61	EXCR.65

## 6 Small ruminants / Kleine Wiederkäuer

### 6.1 Small ruminants, formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien bei kleinen Wiederkäuern

The term “small ruminants” comprehends sheep and goats. The inventory reports about both species separately. However, calculation procedures are similar.

Die Gruppe der kleinen Wiederkäuer umfasst Schafe und Ziegen. Im Inventar wird über beide Arten getrennt berichtet; die Rechenverfahren sind ähnlich.

### 6.2 Sheep – all subcategories / Schafe insgesamt

The inventory goes along with the recommendation of IPCC(2006)-10.8 to form subcategories, wherever possible and useful. Thus, sheep are subdivided into the categories “lambs” and “adult sheep”, which reflects different excretion rates.

Das Inventar folgt der Empfehlung, Subkategorien einzuführen, wo möglich und dienlich (IPCC(2006)-10.8). Für Schafe erfolgt wegen der unterschiedlichen Höhe der Ausscheidungen eine Unterteilung in die Kategorien „erwachsene Schafe“ und „Lämmer“.

#### 6.2.1 Animal numbers and husbandry details / Tierzahlen und Haltungsdetails

##### 6.2.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

For sheep and separately for lambs and ewes the Federal Statistical Office provided animal numbers for June in the years 1990 to 1998. From 1999 until 2009 the sheep numbers counted and published by the Federal Statistical Office for May are used for the emission calculations (STATBA FS3 R4.1). For 2010 the sheep numbers published by the Federal Statistical Office were counted at the reference date 1 March, for the subsequent years at the reference date 3 November. At these reference dates the numbers of lambs are much smaller in comparison to the ewes numbers than at the reference dates in May or June. Hence, the lamb numbers have been corrected for the use in the inventory (see Chapter 6.2.1.1).

The correction method is based on the fact that for the years between 1990 and 2009 the ratios of animal numbers, i. e. lambs/sheep and ewes/sheep, were almost constant with time. Averaged over the years, the national means of the lambs/sheep and ewes/sheep ratios are 37.2 % and 59.6 %, respectively. These ratios are assumed to be constant as of 2010; they are used to calculate corrected numbers of lambs from the known numbers of ewes. The correction procedure is applied separately to each federal state (using the national means of the respective ratios).

Für Schafe insgesamt sowie separat für Lämmer und Mutterschafe stellte das Statistische Bundesamt für die Jahre vor 1999 Juni-Zahlen auf Länderebene bereit. Von 1999 bis 2009 wurden die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Schafzahlen mit dem Erhebungstermin Mai verwendet (STATBA FS3 R4.1). Für 2010 beruhen die vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Schafzahlen auf dem Erhebungstermin 1. März und in den folgenden Jahren auf dem Erhebungstermin 3. November. Zu diesen Terminen werden im Vergleich zu den Mutterschafen deutlich weniger Lämmer gezählt als zu den Mai- bzw. Juni-Terminen. Daher werden die im Inventar verwendeten Schafzahlen ab 2010 korrigiert (siehe Kapitel 6.2.1.1).

Die Korrektur beruht darauf, dass zwischen 1990 und 2009 sowohl das Lamm/Schaf-Tierzahlenverhältnis als auch das Mutterschaf/Schaf-Tierzahlenverhältnis nur geringfügig schwanken. Im Mittel betrug auf nationaler Ebene das Lamm/Schaf-Verhältnis 37,2 % und das Mutterschaf/Schaf-Verhältnis 59,6 %. Diese Verhältnisse wurden ab 2010 als konstant angenommen und dazu verwendet, korrigierte Tierzahlen aus der Zahl der erfassten Mutterschafe zu berechnen. Die Korrektur wird für jedes Bundesland mit den genannten mittleren Verhältniszahlen durchgeführt:

$$n_{sh} = n_{ew} / x_{ew/sh} \quad (6.1)$$

$$n_{la} = n_{sh} \cdot x_{la/sh} \quad (6.2)$$

$$n_{as} = n_{sh} - n_{la} \quad (6.3)$$

$n_{sh}$	total number of sheep considered in the years from 2010 onwards
$n_{ew}$	number of ewes in the German census in the years from 2010 onwards
$x_{ew/sh}$	ratio of ewes numbers to total sheep numbers (0,596 an <sup>-1</sup> )
$n_{la}$	number of lambs in the years from 2010 onwards
$x_{la/sh}$	ratio of lambs numbers to total sheep numbers (0,372 an <sup>-1</sup> )
$n_{as}$	total number of adult sheep in the years from 2010 onwards

According to German official statistics, for some federal states the standard error of the sheep numbers is in the range up to 2 %, for other federal states up to 5 %. It is assumed that the correction of animal numbers does not enhance the error. Hence, the inventory generally assumes a standard error of 5 %. Accordingly, half the 95 % confidence interval amounts to 10 %. A normal distribution is assumed.

#### 6.2.1.2 Husbandry details / Haltungsdetails

Only straw based housing occurs. Grazing data (share of animals grazed, annual duration of the grazing period and daily grazing hours) are derived from the official data for 2010 (see Chapter 3.4.3.2.7).

Für einige Bundesländer wird der Standardfehler der Schafzahlen durch das Statistische Bundesamt mit „bis unter 2 %“ beziffert, für andere Bundesländer mit „bis unter 5 %“. Das Inventar nimmt einheitlich einen Standardfehler von 5 % an. Es wird angenommen, dass sich der Fehler durch die Korrektur der Tierzahlen nicht vergrößert. Dementsprechend wird das halbe 95 %-Konfidenzintervall mit 10 % angesetzt. Es wird Normalverteilung der Unsicherheit angenommen.

Die Haltung im Stall erfolgt nur ausschließlich auf Stroh. Die Daten zum Weidegang (Anteil der Tiere mit Weidegang, jährliche Weideperiode und tägliche Weidezeiten) wurden aus offiziellen Daten (siehe Kapitel 3.4.3.2.7) für 2010 abgeleitet.

#### 6.2.2 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The assessment is carried out separately for lambs and adult sheep (see Chapters 6.4 and 6.3). The emission factors, however, are the same for both categories:

**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 (2016)-3B-29, Table 3.9). The  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor for housing and storage is  $0.013 \text{ kg kg}^{-1}$  (VANDRÉ et al., 2012, 2013). According to Chapter 3.3.4.3.5, the emission factors for  $\text{NO}$ -N and  $\text{N}_2$  are calculated as  $0.0013$  and  $0.039 \text{ kg kg}^{-1}$ , respectively. The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ -N,  $\text{NO}$ -N and  $\text{N}_2$  are applied to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

**Spreading:** The  $\text{NH}_3$  emission factor is  $0.9 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

**Grazing:** The  $\text{NH}_3$  emission factor for grazing is  $0.09 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to TAN excreted (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9). (For  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  emissions from animal excreta dropped during grazing see Chapter 11.5.)

**Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions** from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils after spreading of manures or digestated manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Die Berechnungen erfolgen für Lämmer und erwachsene Schafe getrennt (siehe Kapitel 6.4 und 6.3). Die Emissionsfaktoren sind dagegen einheitlich:

**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 (2016)-3B-29, Table 3.9). Der  $\text{N}_2\text{O}$ -N Emissionsfaktor für Stall und Lager beträgt  $0,013 \text{ kg kg}^{-1}$  (VANDRÉ et al., 2012, 2013). Nach Kapitel 3.3.4.3.5 berechnen sich die Emissionsfaktoren für  $\text{NO}$ -N und  $\text{N}_2$  zu  $0,0013$  bzw.  $0,039 \text{ kg kg}^{-1}$ . Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ -N,  $\text{NO}$ -N und  $\text{N}_2$  werden mit der Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N multipliziert.

**Ausbringung:** Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor beträgt  $0,9 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf TAN (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

**Weide:** Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor beträgt  $0,09 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf TAN (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9). (Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  werden nach Kapitel 11.5 berechnet.)

**Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen** aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

## 6.3 Adult sheep / Erwachsene Schafe

The inventory category of adult sheep comprises all sheep older than one year.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 6.1.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Im Inventar gelten alle Schafe ab einem Alter von einem Jahr als erwachsene Schafe.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.1 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 6.1: Adult sheep, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 6.3.1 Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails

For animal numbers see Chapter 6.2.1.1.

Zu den Tierzahlen siehe Kapitel 6.2.1.1.

Due to the simple methodology used, sheep weights are not needed for emission calculations. However, information on weights of lambs and adult sheep is needed for the estimation of the CH<sub>4</sub> emission factor for the enteric fermentation of lambs. In addition, the CRF tables require a mean sheep weight to be reported. This mean sheep weight is calculated from the weights of lambs and adult sheep, see Chapter 6.5.1.

Schafgewichte werden in der verwendeten einfachen Emissionsberechnungsmethodik nicht benötigt. Allerdings werden für die Festlegung des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung Informationen über das Gewicht von erwachsenen Schafen und Lämmern benötigt. Überdies erfordern die CRF-Tabellen die Angabe eines mittleren Schafgewichtes, das aus der Mittelung der Gewichte von erwachsenen Schafen und Lämmern berechnet wird, siehe Kapitel 6.5.1.

Weights for adult sheep are given in the German agricultural literature, e. g. 40 – 70 kg for sheep used for breeding (KTBL, 2004, pg. 423), and 70 kg for ewes (KTBL, 2004, pg. 425). Given these values, the IPCC (2006)-10.28 default sheep weight of 65 kg for developed countries is adopted for adult German sheep.

Gewichte erwachsener Schafe finden sich in der landwirtschaftlichen Literatur, z. B. 40 – 70 kg für Schafe für die Zucht (KTBL, 2004, S. 423), und 70 kg für Mutter-schafe (KTBL, 2004, S. 425). In Anbetracht dieser Werte wird das in IPCC (2006)-10.28 angegebene Schafgewicht von 65 kg für erwachsene Schafe übernommen.

For general data related to housing and grazing of sheep see Chapters 6.2.1.2 and 3.4.3.2.7.

Für allgemeine Daten zur Stall- und Weidehaltung von Schafen siehe Kapitel 6.2.1.2 und 3.4.3.2.7.

### 6.3.2 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).

Die Methanemissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet.

There is no national emission factor. The IPCC Tier 1 default emission factor of 8 kg CH<sub>4</sub> per place and year is given along with an animal weight of 65 kg. This animal weight corresponds to animal weights given in the German agricultural literature for adult sheep, see Chapter 6.3.1. Hence the German inventory takes the emission factor of 8 kg CH<sub>4</sub> per place and year to be valid for adult German sheep.

Es gibt keinen nationalen Emissionsfaktor. Der IPCC-Stufe-1 Default-Emissionsfaktor von 8 kg CH<sub>4</sub> pro Platz und Jahr ist zusammen mit einem Tiergewicht von 65 kg gegeben. Dieses Tiergewicht entspricht vom Niveau her den in der deutschen landwirtschaftlichen Literatur gegebenen Gewichtsbereich erwachsener Tiere, siehe Kapitel 6.3.1. Daher wird dieser Emissionsfaktor im deutschen Inventar für erwachsene Schafe angewendet.

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 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

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 30 % ausgegangen. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 6.3.3 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 3.3.4.1.

As there are no national data on VS excretions, the inventory is based on default VS excretions. It is assumed that the value given in IPCC(2006)-10.82 is representative for adult sheep: 0.4 kg VS per place and day.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  for the relevant storage systems are listed in Table 6.6.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Da es keine nationalen Werte zur VS-Ausscheidung gibt, wird auf default-VS-Ausscheidungen zurück gegriffen. Es wird angenommen, dass der in IPCC(2006)-10.82 angegebene Wert repräsentativ für erwachsene Schafe ist: 0,4 kg VS pro Platz und Tag.

Die maximale Methan-Freisetzungs Kapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  für die relevanten Lagerverfahren sind in Table 6.6 aufgelistet.

**Table 6.2: Adult sheep, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions**

maximum methane producing capacity $B_0$	maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$	0.19 <sup>b</sup>	$\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$
$MCF$ storage type solid manure (heap)	$MCF$ Lagerungsart Festmist (Misthaufen)	0.02 <sup>a</sup>	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
$MCF$ pasture	$MCF$ Weide	0.01 <sup>a</sup>	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$

<sup>a</sup> IPCC(2006)-10.44 ff; <sup>b</sup> IPCC(2006)-10.82

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. 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. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. 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. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-1-Verfahren auf 30 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 6.3.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

### 6.3.5 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 (2016)-3B-29, Table 3.9).

For adult sheep, an amount of straw fresh matter of 0.4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> is used (VEREINIGUNG DEUTSCHER LANDESSCHAFTZUCHTVERBÄNDE, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof). This corresponds to  $2.0 \cdot 10^{-3}$  kg N (pl · a)<sup>-1</sup> and  $1.0 \cdot 10^{-3}$  kg TAN (pl · a)<sup>-1</sup>. As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

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 wird mit 50 % angenommen (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

Die tägliche Einstreumenge wird für erwachsene Schafe mit 0,4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Strohfrischmasse angesetzt (VEREINIGUNG DEUTSCHER LANDESSCHAFTZUCHTVERBÄNDE, VDL, Landesverband Hessen, Mitteilung Rolf Lückhof). Dies entspricht  $2,0 \cdot 10^{-3}$  kg N (pl · a)<sup>-1</sup> und  $1,0 \cdot 10^{-3}$  kg TAN (pl · a)<sup>-1</sup>. Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

For management details see Chapter 6.4.3.

For the emission factors see Chapter 6.2.2.

For indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management see Chapter 6.2.2.

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

For the uncertainties of the emission factors and the the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 6.4.3.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 6.2.2.

Zu Indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

### 6.3.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors provided by von EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5, are different from the emission factors given in EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, only by rounding to two decimals. In order to avoid an apparent change in emissions from one emission reporting submission to the next, the original emission factors provided by EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, were kept, see Table 6.3.

For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die von EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5, angegebenen Emissionsfaktoren unterscheiden sich von den Emissionsfaktoren aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, nur durch Rundung auf zwei Dezimalstellen. Um aber eine scheinbare Emissionsänderung von einer Berichterstattung zur nächsten nur wegen Rundung der Emissionsfaktoren zu vermeiden, werden die ursprünglichen Emissionsfaktoren aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, beibehalten, siehe Table 6.3.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 6.3: Adult sheep, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.139	0.056	0.017

Source: see text

### 6.3.7 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 6.4: Adult sheep, related tables provided in the data collection**

			from	To
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.14	EM1009.42
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.14	
		NM VOC	EM1007.14	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.40	
		N <sub>2</sub> O	EM1009.104	
		NO	EM1009.134	
		TSP	EM1010.14	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.44	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.74	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.17	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.14	IEF1009.39
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.14	
		NM VOC	IEF1007.14	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.37	
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.97	
		NO	IEF1009.125	
		TSP	IEF1010.13	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.41	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.69	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.157	AI1005PSH.168
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.66	EXCR.68

## 6.4 Lambs / Lämmer

The inventory category of lambs comprises all sheep younger than one year.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 6.5.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Im Inventar gelten alle Schafe bis zu einem Alter von einem Jahr als Lämmer.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.5 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 6.5: Lambs, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 6.4.1 Animal numbers and production details / Tierzahlen und Produktionsdetails

For animal numbers see Chapter 6.2.1.1.

Zu den Tierzahlen siehe Kapitel 6.2.1.1.

Due to the simple methodology used, sheep weights are not needed for emission calculations. However, information on weights of lambs and adult sheep is needed for the estimation of the CH<sub>4</sub> emission factor for the enteric fermentation of lambs. In addition, the CRF tables require a mean sheep weight to be reported. This mean sheep weight is calculated from the weights of lambs and adult sheep, see Chapter 6.5.1.

The inventory assumes a birthweight of 5 kg (4.5 to 5.5 kg according to KOCH & LANDFRIED, 2009, and KIRCHGESSNER et al., 2008, pg. 516).

Fast fattening of lambs takes 3 to 4 months (KIRCHGESSNER et al., 2008, pg. 527), while KOCH & LANDFRIED (2009) state 4 to 5 months. However, there is also the possibility of a prolonged fattening of up to 7 months (KIRCHGESSNER et al., 2008, pg. 527, and KTBL 2004, pg. 420). The emission calculations are based on a time span of 6 months.

According to KTBL (2004), pg. 420, the final weight of lambs varies between 40 and 45 kg (see also JILG, 2009) with 45 kg being the final weight in the less frequently used extensive pasturing and 42 kg being the final weight in most of the other husbandry systems. Hence the adoption of a final weight of 42 kg seems appropriate.

In order to enable the estimation of an emission factor for methane from enteric fermentation (see Chapter 6.4.2) additional information is needed: KTBL (2004), pg. 420, states that the daily growth varies between 200 g d<sup>-1</sup> for extensive pasturing and 400 g d<sup>-1</sup> during fattening in the house. These growth rates apply to the first weeks after birth and then decrease. This can be inferred from KOCH & LANDFRIED (2009) who state that lambs after five weeks reach thrice their birth weight, which means, based on a birth weight of 5 kg, a growth of 2 kg/week in the first weeks or 286 g/d.

Schafgewichte werden in der verwendeten einfachen Emissionsberechnungsmethodik nicht benötigt. Allerdings werden für die Festlegung des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung Informationen über das Gewicht von erwachsenen Schafen und Lämmern benötigt. Überdies erfordern die CRF-Tabellen die Angabe eines mittleren Schafgewichtes, das aus der Mittelung der Gewichte von erwachsenen Schafen und Lämmern berechnet wird, siehe Kapitel 6.5.1.

Das Inventar geht von einem Geburtsgewicht von 5 kg aus (4,5 bis 5,5 kg laut KOCH & LANDFRIED, 2009, und KIRCHGESSNER et al., 2008, S. 516).

Die schnelle Lämmermast dauert 3 bis 4 Monate (KIRCHGESSNER et al., 2008, S. 527), während KOCH & LANDFRIED (2009) 4 bis 5 Monate angeben. Zudem gibt es noch die Möglichkeit der Langmast von bis zu 7 Monaten (KIRCHGESSNER et al., 2008, S. 527, und KTBL 2004, S. 420). Die Emissionsberechnungen beruhen auf einer Zeitspanne von 6 Monaten.

Nach KTBL (2004), S. 420, variiert das Endgewicht von Lämmern zwischen 40 und 45 kg (siehe auch JILG, 2009), wobei 45 kg das Endgewicht für die weniger genutzte extensive Weidehaltung und 42 kg das Endgewicht in den meisten anderen Haltungsverfahren sind. Die Annahme eines Endgewichtes von 42 kg scheint daher angemessen.

Für die Ableitung eines Emissionsfaktors für Methan aus der Verdauung (siehe Kapitel 6.4.2) werden weitere Angaben benötigt: laut KTBL (2004), S. 420, liegt die tägliche Zuwachsrate zwischen 200 g d<sup>-1</sup> für extensive Weidehaltung und 400 g d<sup>-1</sup> während der Mast im Stall. Diese Zuwachsraten gelten für die ersten Lebenswochen; danach nehmen sie ab. Dies geht aus KOCH & LANDFRIED (2009) hervor. Diese Autoren stellen fest, dass Lämmer nach fünf Lebenswochen das Dreifache des Geburtsgewichtes erreichen. Dies bedeutet bei einem Geburtsgewicht von 5 kg einen Zuwachs von 2 kg in den ersten Wochen (oder 286 g pro Tag).



For general data relating to housing and grazing of sheep see Chapters 6.2.1.2 and 3.4.3.2.7.

Zur Stall- und Weidehaltung von Schafen siehe Kapitel 6.2.1.2 und 3.4.3.2.7.

#### 6.4.2 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). According to RÖSEMANN et al. (2017) the emission factor is  $3,6 \text{ kg CH}_4 (\text{pl} \cdot \text{a})^{-1}$ .

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  $30 \%$ . This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the  $95 \%$  confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die Methanemissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet. Der Emissionsfaktor wird nach RÖSEMANN et al. (2017) mit  $3,6 \text{ kg CH}_4 (\text{pl} \cdot \text{a})^{-1}$  angesetzt.

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  $30 \%$  ausgegangen. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes  $95 \%$ -Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 6.4.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

As there is no national data on VS excretions, the inventory is based on estimated VS excretions. The ERT of the In Country Review in September 2016 accepted the following approach: The ratio of annual VS excretions to annual N excretions is assumed to be equal to that known from adult sheep ( $0,4 \text{ kg VS} / 10 \text{ kg N} = 0,04 \text{ kg kg}^{-1}$ ). Using this ratio the annual N excretion of lambs ( $4 \text{ kg}$  per place and year, see Chapter 6.4.5) leads to an annual VS excretion of  $0,4 \text{ kg VS}$  per place and year.

Zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Da es keine nationalen Werte zur VS-Ausscheidung gibt, müssen die VS-Ausscheidungen geschätzt werden. Wie vom ERT des In-Country-Review im September 2016 akzeptiert wird angenommen, dass das Verhältnis von VS-Ausscheidung zu N-Ausscheidung bei Lämmern gleich dem erwachsener Schafe ist (jährliche Werte:  $0,4 \text{ kg VS} / 10 \text{ kg N} = 0,04 \text{ kg kg}^{-1}$ ). Daraus folgt für Lämmer bei der für das Inventar angesetzten N-Ausscheidung von  $4 \text{ kg N}$  pro Platz und Jahr (siehe Kapitel 6.4.5) eine VS-Ausscheidung von  $0,16 \text{ kg VS}$  pro Platz und Jahr.

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  for the relevant storage systems are listed in Table 6.6.

Die maximale Methan-Freisetzungs Kapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  für die relevanten Lagerverfahren sind in Table 6.6 aufgelistet.

**Table 6.6: Lambs, maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors ( $MCF$ ) for German temperature conditions**

maximum methane producing capacity $B_0$	maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$	0.19 <sup>b</sup>	$\text{m}^3 \text{CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$
$MCF$ storage type solid manure (heap)	$MCF$ Lagerungsart Festmist (Misthaufen)	0.02 <sup>a</sup>	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$
$MCF$ pasture	$MCF$ Weide	0.01 <sup>a</sup>	$\text{m}^3 \text{m}^{-3}$

<sup>a</sup> IPCC(2006)-10.44 ff; <sup>b</sup> IPCC(2006)-10.82

German data on the uncertainty of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management do not exist. 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. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be  $20 \%$ . This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the  $95 \%$  confidence interval. A normal distribution is assumed.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. 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. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-1-Verfahren auf  $30 \%$ . Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes  $95 \%$ -Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 6.4.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsi-

uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

#### 6.4.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

According to KTBL (2004, pg. 227) lambs fattened in the house excrete  $3 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$ , while grazing lambs excrete  $5 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$ . The inventory uses the mean of these data ( $4 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$ ).

50 % of the N excreted is assumed to be TAN (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

For lambs, an amount of straw fresh matter of  $0.16 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  is used (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof). This corresponds to  $0.8 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  and  $0.4 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$ .

For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

For management details see Chapter 6.2.1.2.

For the emission factors see Chapter 6.2.2.

For indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management see Chapter 6.2.2.

$\text{NO}$  emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

cherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Nach KTBL (2004), S. 427, scheiden Lämmer in Intensivmast  $3 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  aus, Lämmer mit Weidemast  $5 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$ . Das Inventar rechnet mit einer mittleren Ausscheidungsrate von  $4 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$ .

50 % der N-Ausscheidungen werden als TAN angesehen (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

Die tägliche Einstreumenge wird für Lämmer mit  $0,16 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Strohfrischmasse angesetzt (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof). Dies entspricht  $0,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  und  $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$ .

Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 6.2.1.2.

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 6.2.2.

Zu Indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2.

$\text{NO}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

#### 6.4.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

Emissions of particulate matter mainly originate from feeding (EMEP (2016)-3B-6). Feed intake rates of lambs are lower than those of adult sheep. Hence the German inventory reduces for lambs the emission factors of TSP and PM given for adult sheep. Due to lack of detailed information on sheep feeding the grade of the reduction is based on the ratio of the excretions of both sheep categories (see Chapter 6.4.3). This leads for lambs to emission factors that are 40 % of the emission factors of adult sheep, see Table 6.7.

For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Partikelemissionen stammen hauptsächlich aus der Fütterung (EMEP (2016)-3B-6). Lämmer nehmen in gleicher Zeit weniger Futter auf als erwachsene Schafe. Deshalb sind im deutschen Inventar die Emissionsfaktoren für TSP und PM für Lämmer niedriger als für erwachsene Schafe. Der Reduktionsgrad gründet sich mangels detaillierter Fütterungsinformationen auf das Verhältnis der Ausscheidungen der beiden Schafkategorien (siehe Kapitel 6.4.3). Dementsprechend werden die Emissionsfaktoren für Lämmer mit 40 % der Emissionsfaktoren der erwachsenen Schafe angesetzt, siehe Table 6.7.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 6.7: Lambs, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasiert	0.056	0.022	0.007

Source: see text

#### 6.4.7 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 6.8: Lambs, related tables provided in the data collection**

			from	To
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.15	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.15	
		NM VOC	EM1007.15	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.43	EM1009.45
		N <sub>2</sub> O	EM1009.105	
		NO	EM1009.135	
		TSP	EM1010.15	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.45	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.75	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.18	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.15	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.15	
		NM VOC	IEF1007.15	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.40	IEF1009.42
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.98	
		NO	IEF1009.126	
		TSP	IEF1010.14	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.42	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.70	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.169	AI1005PSH.180
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.69	EXCR.71

## 6.5 Sheep – collective description / Schafe - zusammenfassende Daten

### 6.5.1 Mean animal weight / Mittleres Tiergewicht

Due to the simple methodology used, sheep weights are not needed for emission calculations in the inventory. However, the CRF tables require a mean sheep weight to be reported. The IPCC (2006) guidelines provide two different values for the live weight of sheep: 65 kg in IPCC (2006)-10.28 (developed countries), 48.5 kg in IPCC (2006)-10.82. The value of 65 kg is assumed to be applicable to adult German sheep, see Chapter 6.3.1. In Germany the final live weight of lambs after fattening is 40 to 45 kg, see Chapter 6.4.1. Hence, the value of 48.5 kg according to IPCC (2006)-10.82 seems to be in the order of magnitude to be expected for the mean weight of all sheep. This value has been rounded to 50 kg and is reported in the CRF tables.

Schafgewichte werden wegen der verwendeten einfachen Emissionsberechnungsmethodik nicht benötigt. Die CRF-Tabellen erfordern allerdings die Angabe eines mittleren Schafgewichtes. IPCC (2006) gibt für Schafe unterschiedliche Gewichte an: 65 kg in IPCC (2006)-10.28 (developed countries), 48,5 kg in IPCC (2006)-10.82. Der Wert von 65 kg wird dabei für Deutschland als zutreffend für erwachsene Schafe angesehen, siehe Kapitel 6.3.1. Mastlämmer erreichen in Deutschland ein Lebendendgewicht von 40 bis 45 kg, siehe Kapitel 6.4.1. Der Wert von 48,5 kg in IPCC (2006)-10.82 erscheint damit in der Größenordnung, die für das mittlere Schafgewicht zu erwarten ist. Gerundet ergibt sich daraus das von Deutschland in den CRF-Tabellen angegebene mittlere Schafgewicht von 50 kg.

### 6.5.2 Mean excretion rates / Mittlere Ausscheidungen

The N excretions of adult sheep and lambs without lambs are calculated as a weighted mean:

$$m_{\text{excr, mean, sh}} = \frac{n_{\text{as}} \cdot m_{\text{excr, mean, as}} + n_{\text{la}} \cdot m_{\text{excr, mean, la}}}{n_{\text{as}} + n_{\text{la}}} \quad (6.4)$$

$m_{\text{excr, mean, sh}}$	amount of N excreted by sheep (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$m_{\text{excr, mean, as}}$	amount of N excreted by adult sheep (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{as}}$	number of adult sheep (in pl)
$m_{\text{excr, mean, la}}$	amount of N excreted by lambs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N)
$n_{\text{la}}$	number of lambs (in pl)

VS excretions are calculated by analogy.

Die N-Ausscheidungen von erwachsenen Schafen und Lämmern werden gewichtet gemittelt:

Die VS- Ausscheidungen werden analog berechnet.

### 6.5.3 International comparison / Internationaler Vergleich

Within the framework of quality assurance a comparison of input data and inventory results was made on European level. (For details of the procedure of the comparison see Chapter 4.3.10.)

Table 6.9 shows a comparison of the reported data.

Not all countries report the mean weight of sheep. The German sheep weight is on the level of Belgium, the Czech Republic and France. Denmark gives a comparatively high value. The IPCC default animal weights for Tier 1 and Tier 2 methodologies are inconsistent.

There are even fewer data available for VS excretions. The ratio of VS excretion to animal weight is very similar in Germany, Denmark and with IPCC (with an animal weight of 65 kg). By contrast, the ratio in France is almost twice as high, which may indicate an overestimation of VS excretion.

The N excretions give a diffused picture. The fluctuation range extends from around 6.6 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Netherlands, Denmark) to around 22.2 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Belgium). Germany lies between these countries and Poland/Switzerland.

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleuropäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.10.)

Table 6.9 zeigt die Vergleichsdaten.

Nicht alle Länder berichten das mittlere Schafsgewicht. Das deutsche Schafsgewicht liegt auf dem Niveau von Belgien, Tschechien und Frankreich. Dänemark gibt einen vergleichsweise hohen Wert an. Die IPCC-Default-Tiergewichte für Stufe-1- und Stufe-2-Methodik sind inkonsistent.

Bei den VS-Ausscheidungen liegen noch weniger Daten vor. Das Verhältnis von VS-Ausscheidung zu Tiergewicht ist bei Deutschland, Dänemark und IPCC (mit Tiergewicht 65 kg) sehr ähnlich. Dagegen ist das Verhältnis bei Frankreich fast doppelt so hoch, was auf eine Überschätzung der VS-Ausscheidung hindeuten könnte.

Die N-Ausscheidungen vermitteln ein diffuses Bild. Die Schwankungsbreite erstreckt sich von rund 6,6 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Niederlande, Dänemark) bis rund 22,2 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (Belgien). Deutschland liegt zwischen diesen Ländern und Polen/Schweiz.

**Table 6.9: Sheep, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM)**

	mean animal weight	VS excretion	N excretion	IEF			
				CH <sub>4, ent</sub>	CH <sub>4, MM</sub>	NH <sub>3</sub>	direct N <sub>2</sub> O
						(without spreading)	
	kg a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> d <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>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	NA	NA	13.10	8.00	0.19	1.74	0.051
Belgium	50.00	NE	22.23	8.00	0.19	0.52	0.017
Czech Republic	49.00	NA	15.20	8.00	0.19	0.86	0.036
Denmark <sup>a</sup>	70.00	0.42	6.64	6.71	0.20	0.40	0.029
France	50.87	0.58	15.78	13.14	0.29	2.08	0.034
<b>Germany</b>	<b>50.00</b>	<b>0.31</b>	<b>7.77</b>	<b>6.36</b>	<b>0.21</b>	<b>0.78</b>	<b>0.076</b>
Netherlands	NE	NE	6.63	8.00	0.19	0.11	IE
Poland	NA	NA	9.50	8.00	0.19	2.70	0.044
Switzerland	NA	0.40	9.64	8.71	1.30	1.56	0.101
United Kingdom	n/a	n/a	n/a	5.06	0.20	0.06	0.004
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries <sup>b</sup>	Tier 1: 65 Tier 2: 48.5	0.40	20.17 <sup>c</sup>	8.00	0.19		
EMEP (2013)-3B-14, 27			15.5			1.40 <sup>d</sup>	
EMEP (2016)-3B-16, 29			15.5			0.40 <sup>e</sup>	

Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables; CEIP (2017), NFR  
 n/a, IE, NA, NE: No data available for different reasons  
<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island  
<sup>b</sup> IPCC N excretions: calculated using the IPCC Tier 1 default animal weight (65 kg)  
<sup>c</sup> calculated for the IPCC Tier 1 animal weight of 65 kg  
<sup>d</sup> The EMEP 2013 default value includes NH<sub>3</sub> from housing, storage and spreading.  
<sup>e</sup> The EMEP 2016 default value includes NH<sub>3</sub> from housing, storage but not spreading.

As to CH<sub>4</sub> from enteric fermentation some countries obviously use the IPCC default emission factor of 8 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. This Tier 1 emission factor is used by Germany as well, but only for adult sheep. For lambs the German emission factor is 3.6 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Weighted averaging over all German sheep including lambs yields an overall emission factor that is located in the lower range of the values presented in Table 6.9.

Apart from the remarkably high Swiss emission factor for CH<sub>4</sub> from manure management the emission factors of the countries compared are relatively similar.

The NH<sub>3</sub> emission factors provided by the Netherlands and the United Kingdom are so low that it is assumed that these values are incorrectly calculated or have erroneously been transferred into the NFR table. For the high values of Austria, France, Poland and Switzerland, the reason could be the continued inclusion of NH<sub>3</sub> emissions from manure spreading. There is thus no basis for a meaningful Central European comparison.

The German N<sub>2</sub>O emission factor for manure management is significantly higher than the values reported by the other countries (except Switzerland). This is almost completely due to the national emission factor used by Germany for manure management (solid manure system). This emission factor is 0.013 kg kg<sup>-1</sup> and therefore about twice as high as the IPCC default value of 0.005 kg kg<sup>-1</sup>.

Beim CH<sub>4</sub> aus der Verdauung verwenden offensichtlich einige Länder den IPCC-Default-Emissionsfaktor von 8 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Dieser Stufe-1-EF wird von Deutschland ebenfalls verwendet, allerdings nur für erwachsene Schafe. Für Lämmer beträgt der deutsche EF 3,6 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Daher gehört der über Lämmer und erwachsene Schafe gemittelte deutsche EF zu den niedrigeren EFs im Bereich der Vergleichswerte.

Sieht man von dem auffallend hohen schweizerischen Emissionsfaktor für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger ab, liegen die Emissionsfaktoren der Vergleichsländer nahe beieinander.

Beim NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktor geben die Niederlande und das Vereinigte Königreichs so niedrige Werte an, dass ein Fehler bei den Berechnungen oder in der Übertragung in die NFR-Tabelle vermutet werden muss. Bei den hohen Werten von Österreich, Frankreich, Polen und der Schweiz könnte der Grund in der fortgesetzten Einbeziehung der NH<sub>3</sub>-Emissionen der Ausbringung liegen. Damit gibt es keine Basis für einen sinnvollen mitteleuropäischen Vergleich.

Der deutsche N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor für das Wirtschaftsdünger-Management liegt merklich über dem Niveau der anderen Länder (Schweiz ausgenommen). Der Hauptgrund dafür ist der von Deutschland für das Wirtschaftsdünger-Management verwendete nationale Emissionsfaktor von 0,013 kg kg<sup>-1</sup>, der gut zweieinhalb mal so hoch ist wie der IPCC-Defaultwert mit 0,005 kg kg<sup>-1</sup>.

#### 6.5.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 6.10: Sheep, collective description, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.16	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.16	
		NM VOC	EM1007.16	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.46	EM1009.48
		N <sub>2</sub> O	EM1009.106	
		NO	EM1009.136	
		TSP	EM1010.16	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.46	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.76	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.19	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.16	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.16	
		NM VOC	IEF1007.16	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.43	IEF1009.45
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.99	
		NO	IEF1009.127	
		TSP	IEF1010.15	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.43	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.71	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.181	AI1005PSH.196
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.72	EXCR.74

## 6.6 Goats / Ziegen

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 6.11.

The limited data availability in Germany (no performance and no husbandry data available) allows only for the calculation of national total emissions.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.11 zusammengestellten Methoden.

Die begrenzte Datenlage (weder Leistungs- noch Hal- tungsdaten verfügbar) lässt nur die Berechnung von nationalen Gesamtemissionen zu.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 6.11: Goats, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	1	EMEP
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 6.6.1 Animal number and animal performance / Tierzahlen und Leistungsdaten

#### 6.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

Animal numbers for goats were officially counted the first time in 2010. For the years before 2005 the data provided by BMELV (Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer protection) are used, the data for the years from 2005 onwards until 2010 were estimated by the Statistisches Bundesamt. For 2010 the animal numbers are used which were counted during the LZ 2010 (see Chapter 3.4.2). They are about one third lower than the animal numbers estimated for 2009 by the Statistisches Bundesamt. As communicated by the Statistisches Bundesamt (DIETERLE M, 14 July 2011) the estimates for the years before 2010 will not be corrected in order to keep data consistency with the data by Eurostat. For 2013 and 2016 there are official goat numbers (reference day: 1 March). The official goat numbers of 2010, 2013 and 2016 were used to estimate the missing goat numbers of 2011, 2012, 2014 and 2015 by linear interpolation. The estimates for 2014 and 2015 replace former estimates obtained by extrapolation.

The animal numbers are reported as ten thousands of animals, which in itself leads to a standard error of about 7 %. In order to account for possible further uncertainties the inventory assumes a standard error of 10 %. In accordance half the 95 % confidence interval is fixed to 20 % (normal distribution).

Tierzahlen für Ziegen wurden erstmals 2010 offiziell erfasst. Für die Jahre vor 2005 wird die offizielle Schätzung des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMELV), ab 2005 die des Statistischen Bundesamtes verwendet. Für 2010 stammt die Tierzahl aus der Landwirtschaftszählung 2010 (siehe Kapitel 3.4.2). Sie ist um etwa ein Drittel kleiner als die zuletzt für 2009 durch das Statistische Bundesamt geschätzte Zahl. Wie das Statistische Bundesamt mitteilte (DIETERLE M, 14.07.2011) werden die Schätzungen für die Jahre vor 2010 zur Wahrung der Konsistenz u.a. mit den Daten von Eurostat nicht revidiert. Für 2013 und 2016 liegen offiziell erhobene Ziegenzahlen des Statistischen Bundesamtes vor (Stichtag 1. März). Die amtlichen Ziegenzahlen für 2010, 2013 und 2016 wurden dazu verwendet, die nicht verfügbaren Zahlen von 2011, 2012, 2014 und 2015 durch lineare Interpolation zu schätzen. Für die Jahre 2014 und 2015 ersetzt dies die in Submission 2017 durch Extrapolation geschätzten Werte.

Die Angaben zu den Tierzahlen erfolgen in zehntausenden Tieren. Hieraus folgt bereits ein Standardfehler von ca. 7 %. Wegen möglicher weiterer Unsicherheiten nimmt das Inventar von 10 % an. Dementsprechend wird das halbe 95 %-Konfidenzintervall mit 20 % angesetzt (bei normaler Verteilung).

#### 6.6.1.2 Animal weights / Tiergewicht

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.

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 Ziegegengewicht geht allerdings nicht in die deutschen Emissionsberechnungen ein, da ein Stufe-1-Verfahren verwendet wird.

#### 6.6.1.3 Management details / Haltungsdetails

As no data is available it is assumed that 50 % of the animals are housed permanently, whereas 50 % are

Da keine Daten verfügbar sind, wird angenommen, dass 50 % der Ziegen nur im Stall sind, 50 % ganztägig



grazing all day (grazing period: 250 d a<sup>-1</sup>). (Source: VEREINIGUNG DEUTSCHER LANDESSCHAFZUCHTVERBÄNDE, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof).

In the house sheep are kept on bedding.

auf der Weide. Die Weideperiode beträgt 250 d a<sup>-1</sup>. (Quelle: VEREINIGUNG DEUTSCHER LANDESSCHAFZUCHTVERBÄNDE, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof).

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden.

### 6.6.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

Methane emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2). The default emission factor  $EF_{CH_4, ent, sh}$  is 5 kg CH<sub>4</sub> (pl · a)<sup>-1</sup>, see 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 ± 30 % and may be uncertain to ± 50 %. The inventory assumes an uncertainty of 30 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Die Methanemissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet. Der default-Emissionsfaktor  $EF_{CH_4, ent, sh}$  ist 5 kg CH<sub>4</sub> (pl · a)<sup>-1</sup>, siehe 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 30 % ausgegangen. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 6.6.3 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

CH<sub>4</sub> emissions from manure management are quantified using the equation of the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

According to Table 10A-9 in IPCC (2006) the default VS excretion is taken to be 0.30 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. The maximum methane production capacity  $B_0$  and the methane conversion factors  $MCF$  are listed in Table 6.12.

Die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management erfolgt mit der Gleichung des Stufe-2-Verfahrens (siehe Kapitel 3.3.4.1).

Für die VS-Ausscheidung wird nach IPCC (2006), Table 10A-9, ein Wert von 0,30 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> angesetzt. Die maximale Methan-Freisetzungs-kapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  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 $B_0$	maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$	0.18 <sup>b</sup>	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> (kg VS) <sup>-1</sup>
$MCF$ storage type solid manure (heap)	$MCF$ Lagerungsart Festmist (Misthaufen)	0.02 <sup>a</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
$MCF$ pasture	$MCF$ Weide	0.01 <sup>a</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> IPCC(2006)-10.44 ff; <sup>b</sup> IPCC(2006)-10.82

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. 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. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. 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. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-1-Verfahren auf 30 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 6.6.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

### 6.6.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The data on N excretion available for Germany is 11 kg N (pl · a)<sup>-1</sup> 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(2013)-3B-27, Table 3.7).

Due to lack of appropriate data the inventory assumes the same amount like for adult sheep: 0.4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> straw fresh matter (corresponding to 2.0 · 10<sup>-3</sup> kg N (pl · a)<sup>-1</sup> and 1.0 · 10<sup>-3</sup> kg TAN (pl · a)<sup>-1</sup>). As no bedding is taken into account during the grazing period, the annual amount of bedding actually used depends on the duration of the grazing period.

For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

The manure is stored in a heap. The inventory assumes that there is no incorporation after application.

According to EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, the NH<sub>3</sub> emission factors of sheep are adopted, see Chapter 6.2.2. For emission factors of N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> see also Chapter 6.2.2.

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

For the uncertainties of the emission factors and the the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Offiziell verfügbare deutsche Zahlen (LFL, 2004a) sehen für alle Ziegen eine einheitliche Ausscheidung von 11 kg N (pl · a)<sup>-1</sup> vor. Dieser Wert wird in den Rechnungen verwendet. Der TAN-Gehalt wird mit 50 % angesetzt (EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7).

In Ermangelung ziegenspezifischer Daten wird die tägliche Einstreumenge wie für erwachsene Schafe mit 0,4 kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> Strohfrischmasse angesetzt, bzw. 2,0 · 10<sup>-3</sup> kg N (pl · a)<sup>-1</sup> und 1,0 · 10<sup>-3</sup> kg TAN (pl · a)<sup>-1</sup>. Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Der Mist wird im Haufen gelagert. Das Inventar geht davon aus, dass keine Einarbeitung nach der Ausbringung erfolgt.

Entsprechend EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, werden die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren von Schafen übernommen, siehe Kapitel 6.2.2. Für die Emissionsfaktoren von N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe ebenfalls Kapitel 6.2.2.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

### 6.6.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The emission factors provided by von EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5, are different from the emission factors given in EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, only by rounding to two decimals. In order to avoid an apparent change in emissions from one emission reporting submission to the next, the original emission factors provided by EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, were kept, see Table 6.3.

For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die von EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5, angegebenen Emissionsfaktoren unterscheiden sich von den Emissionsfaktoren aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, nur durch Rundung auf zwei Dezimalstellen. Um aber eine scheinbare Emissionsänderung von einer Berichterstattung zur nächsten nur wegen Rundung der Emissionsfaktoren zu vermeiden, werden die ursprünglichen Emissionsfaktoren aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, beibehalten, siehe Table 6.3. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 6.13: Goats, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.139	0.056	0.017

Source: see text

### 6.6.7 International comparison / Internationaler Vergleich

As an element of quality assurance it would be necessary to validate the German emission inventory with the help of independent data (measurements, calculations). Due to the lack of such independent data a comparison is made between German input data and emission results on the one hand and, on the other hand, default values (IPCC, 2006; EMEP, 2013, 2016) and respective data of European countries that are neighboured or whose agricultural practice can be compared with German conditions.

At the time the German emissions reporting 2018 was being prepared, the results of the other countries' emission reporting 2018 were not yet available. Consequently, the other countries' data have been taken from their 2017 submissions, and the international comparison is performed for 2015.

Als Element der Qualitätssicherung wäre es sinnvoll, das deutsche Emissionsinventar mit Daten zu validieren, die unabhängig von den Eingangsdaten und Ergebnissen des Inventars erhoben wurden. Mangels solcher unabhängigen Daten erfolgt ein Vergleich von deutschen Eingangsgrößen und Emissionsergebnissen mit IPCC (2006)- und EMEP (2013, 2016)-Standardwerten (Defaults) sowie entsprechenden Daten europäischer Staaten, die benachbart sind oder deren landwirtschaftliche Praxis mit der deutschen vergleichbar ist.

Bei Erstellung der deutschen Emissionsberichterstattung 2018 waren die Ergebnisse der Emissionsberichterstattung 2018 der anderen Länder noch nicht bekannt. Daher wurde für diese Länder auf Daten der Berichterstattung 2017 zurückgegriffen. Der internationale Vergleich wird daher für 2015 durchgeführt.

**Table 6.14: Goats, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM)**

	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> (without spreading) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	direct N <sub>2</sub> O kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	NA	NA	12.30	5.00	0.13	1.63	0.048
Belgium	50.00	NE	23.97	5.00	0.13	1.26	0.056
Czech Republic	19.10	NA	9.00	5.00	0.13	0.74	0.006
Denmark <sup>a</sup>	60.00	1.03	16.59	13.10	0.45	0.99	0.071
France	51.71	0.92	14.07	14.84	0.46	3.51	0.099
<b>Germany</b>	<b>40.00</b>	<b>0.30</b>	<b>11.00</b>	<b>5.00</b>	<b>0.22</b>	<b>1.62</b>	<b>0.158</b>
Netherlands	n/a	NE	n/a	5.00	0.13	1.29	n/a
Poland	NA	NA	8.00	5.00	0.13	2.28	0.035
Switzerland	NA	0.30	12.61	9.82	1.18	2.54	0.175
United Kingdom	NE	0.30	20.60	5.00	0.31	0.35	0.027
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries <sup>b</sup>	40 (Tier 1) 38.5 (Tier 2)	0.30	18.69	5	0.13		
EMEP (2013)-3B-14, 27			15.5			1.40 <sup>c</sup>	
EMEP (2016)-3B-16, 29			15.5			0.40 <sup>d</sup>	

Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables; CEIP (2017), NFR

n/a, NA, NE: No data available for different reasons

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

<sup>b</sup> IPCC N excretions: calculated using the IPCC Tier 1 default animal weight (40 kg)

<sup>c</sup> The EMEP 2013 default value includes NH<sub>3</sub> from housing, storage and spreading.

<sup>d</sup> The EMEP 2016 default value includes NH<sub>3</sub> from housing, storage but not spreading.

Half the countries do not provide animal weights, probably because emissions have been calculated with the Tier 1 methodology that does need animal weight as input. The Czech goat weight is implausibly low. Germany uses the IPCC default value provided for Tier 1 methodology. Like for sheep the IPCC default values for Tier 1 and Tier 2 methodology are inconsistent, even if the difference is not as high as with sheep.

The Danish and Dutch VS excretions appear very high. Germany, like Switzerland and the United Kingdom, uses the IPCC default value for VS excretions.

Die Hälfte der Länder geben kein Tiergewicht an, vermutlich, weil mit der Stufe-1-Methodik gerechnet wurde, in der das Tiergewicht ohne Bedeutung ist. Das tschechische Ziegengewicht ist unplausibel niedrig. Deutschland verwendet den IPCC-Defaultwert der Stufe-1-Methodik. Wie bei den Schafen sind die IPCC-Defaultwerte für Stufe-1- und Stufe-2-Verfahren inkonsistent, auch wenn der Unterschied nicht so erheblich wie bei den Schafen ist.

Die dänischen und niederländischen VS-Ausscheidungen erscheinen sehr hoch. Deutschland verwendet wie die Schweiz und das Vereinigte Königreich den IPCC-Defaultwert für VS-Ausscheidungen.

The comparison of N excretions show a very wide variation, which cannot be explained by the data available.

Germany and most of the other countries calculate CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation using the IPCC default emission factor, which is markedly lower than the national values of Denmark, France and Switzerland.

Half of the countries use the IPCC default value for CH<sub>4</sub> from manure management. The German value is also in the order of magnitude of the IPCC default value, even if it is larger by almost a factor of 2. The Swiss value is strikingly high.

The NH<sub>3</sub> emission factors cannot easily be compared. Hence, for all countries the ratios of NH<sub>3</sub> emission factor to N excretion have been calculated (not shown in Table 6.14) in order to obtain a measure for the emissivity of goat husbandry. These ratios range between 0.06 kg kg<sup>-1</sup> (Denmark) and 0.28 kg kg<sup>-1</sup> (Poland). The German ratio is about 0.15 kg kg<sup>-1</sup>, which is somewhat higher than the mean level of all ratios (arithmetic mean 0.14 kg kg<sup>-1</sup> and median 0.13 kg kg<sup>-1</sup>).

The German N<sub>2</sub>O emission factor for manure management is significantly higher than the values reported by the other countries (except Switzerland). This is almost completely due to the national emission factor used by Germany for manure management (solid manure system). This emission factor is 0.013 kg kg<sup>-1</sup> and therefore about twice as high as the IPCC default value of 0.005 kg kg<sup>-1</sup>.

Der Vergleich der N-Ausscheidungen zeigt deutliche Unterschiede, die anhand der verfügbaren Daten nicht erklärbar sind.

Deutschland und die meisten anderen Länder berechnen CH<sub>4</sub> aus der Verdauung mit dem IPCC-Default-Emissionsfaktor. Dieser ist deutlich niedriger als die nationalen Werte in Dänemark, Frankreich und der Schweiz.

Für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management verwendet die Hälfte der Länder den IPCC-Defaultwert. Der deutsche Wert liegt auch noch in der Größenordnung des IPCC-Defaultwertes, auch wenn er um fast den Faktor 2 größer ist. Der schweizerische Wert ist auffallend hoch.

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren sind nur schwer direkt vergleichbar. Berechnet man den Quotienten NH<sub>3</sub>-IEF/N-Ausscheidung (in Table 6.14 nicht gezeigt) als Indikator für die Emissionsanfälligkeit der Ziegenhaltung, so bewegt sich dieser zwischen 0,06 kg kg<sup>-1</sup> (Dänemark) und 0,28 kg kg<sup>-1</sup> (Polen). Der deutsche Quotient liegt bei 0,15 kg kg<sup>-1</sup> und damit etwas über dem mittleren Niveau aller Indikatorwerte (Mittelwert 0,14 kg kg<sup>-1</sup> und Median 0,13 kg kg<sup>-1</sup>).

Der deutsche N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor für das Wirtschaftsdünger-Management liegt merklich über dem Niveau der anderen Länder (Schweiz ausgenommen). Der Hauptgrund dafür ist der von Deutschland für das Wirtschaftsdünger-Management verwendete nationale Emissionsfaktor von 0,013 kg kg<sup>-1</sup>, der gut zweieinhalb mal so hoch ist wie der IPCC-Defaultwert mit 0,005 kg kg<sup>-1</sup>.

#### 6.6.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 6.15: Goats, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.17	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.17	
		NMVOC	EM1007.17	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.49	EM1009.51
		N <sub>2</sub> O	EM1009.107	
		NO	EM1009.137	
		TSP	EM1010.17	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.47	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.77	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.20	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.17	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.17	
		NMVOC	IEF1007.17	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.46	IEF1009.48
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.100	
		NO	IEF1009.128	
		TSP	IEF1010.16	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.44	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.72	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.197	AI1005PSH.200
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.75	EXCR.77

## 7 Horses, asses and mules / Pferde, Esel und Maultiere

During the 2010 agricultural census the population of equids (instead of horses) was officially surveyed for the first time, without differentiation between horses and mules and asses. Hence, as of Submission 2015, the inventory omits the separate category of “mules and asses”.

Ab der Landwirtschaftszählung 2010 werden keine Pferdezahlen mehr erhoben, sondern Equiden gezählt. Deren Zahl schließt in nicht separierbarer Weise die der Esel und Maultiere ein. Ab Submission 2015 entfällt daher im Inventar die separate Kategorie „Esel und Maultiere“.

### 7.1 Formation of subcategories / Untergliederung in Subkategorien

Due to their different emissions, the category „horses“ is subdivided in the subcategories “heavy horses” (see Chapter 7.2) and “light horses and ponies” (see Chapter 7.3). The emissions of these subcategories are calculated separately.

Chapter 7.4 describes the aggregation of the resulting data of the two sub-categories to enable emission reporting for the overall category “horses”.

Wegen der unterschiedlich hohen Emissionen von Großpferden einerseits (siehe Kapitel 7.2) und Kleinpferden, Ponys, Eseln und Maultieren andererseits (siehe Kapitel 7.3) erfolgt die Emissionsberechnung getrennt nach diesen Unterkategorien.

Kapitel 7.4 beschreibt die für die Emissionsberichterstattung erforderliche Aggregation der Teilergebnisse aus den beiden Unterkategorien.

#### 7.1.1 Animal numbers and husbandry details / Tierzahlen und Haltungsdetails

##### 7.1.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

For the inventory calculations only those horses are relevant that are reported in agricultural statistics (STATLA C III 1 – vj 4).

In the inventory, horse numbers are subdivided into the two categories “heavy horses” and “light horses and ponies”, to take account of the differences in emissions behaviour between the two categories. In the 2010 agricultural census and the agricultural-structure surveys 2013 and 2016 numbers of equids, rather than numbers of horses, were counted. The equid figures inseparable include the counts for mules and asses. Hence, as of the 2015 submission, the inventory no longer includes “mules and asses” as a separate category; until the year 2009, the counts for mules and asses were added to the counts for light horses and ponies. In keeping with data of the INTERESSENGEMEINSCHAFT FÜR ESEL UND MAULTIERE (Interest association for mules and asses – IGEM), the applicable number for mules and asses has been estimated at 8,500 mules and asses. Data gaps within the time series of the animal numbers are closed by linear using interpolation.

The uncertainty of the animal numbers is assumed to be 5 % (standard error), and hence 10 % for half the 95 % confidence interval, with normal distribution.

Den Inventarberechnungen werden nur diejenigen Pferde zugrunde gelegt, die in den landwirtschaftlichen Statistiken (STATLA C III 1 – vj 4) ausgewiesen werden.

Die Pferdezahlen werden im Inventar zur Berücksichtigung unterschiedlichen Emissionsverhaltens in „Großpferde“ und „Kleinpferde und Ponys“ unterteilt. In der Landwirtschaftszählung 2010 sowie den Zählungen 2013 und 2016 wurden statt Pferdezahlen Equidenzahlen erhoben. Deren Zahl schließt in nicht separierbarer Weise Esel und Maultiere ein (included elsewhere, IE). Seit Submission 2015 entfällt daher im Inventar die separate Kategorie „Esel und Maultiere“. Die Zahl der Esel- und Maultiere wurde bis zum Jahr 2009 zu der Zahl der Kleinpferde und Ponys addiert. Diese Zahl wurde nach Daten der INTERESSENGEMEINSCHAFT FÜR ESEL UND MAULTIERE (IGEM) auf 8.500 Esel und Maultiere pro Jahr geschätzt. Datenlücken innerhalb der Zeitreihen der Tierzahlen in den Kategorien in „Großpferde“ und „Kleinpferde und Ponys“ wurden durch lineare Interpolation geschlossen.

Die Unsicherheit der Tierzahlen wird mit 5 % (Standardfehler) bzw. 10 % (halbes 95 %-Konfidenzintervall) bei normaler Verteilung geschätzt.

##### 7.1.1.2 Management details / Haltungsdetails

For all equids the duration of the grazing period is assumed to be 180 d a<sup>-1</sup>, with 10 h d<sup>-1</sup>.

In the house the animals are kept on bedding (see Chapters 7.2.5 and 7.3.5).

Für alle Equiden wird von einer Weideperiode von 180 d a<sup>-1</sup> mit 10 h d<sup>-1</sup> ausgegangen.

Im Stall befinden sich die Tiere auf eingestreuten Böden (siehe Kapitel 7.2.5 und 7.3.5).

### 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 3.3.4.1.

For the input data used for the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the *MCF* see the subsequent table. It is assumed the the data can be adopted also for mules and asses.

For the VS excretion used see the respective sub-chapters for heavy horses and light horses/Ponies.

For management details see Chapter 7.1.1.2.

CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit der Stufe-2-Gleichung berechnet (s. Kapitel 3.3.4.1).

Zu den Daten für die maximale Methan-Produktionskapazität  $B_0$  und den *MCF* siehe nachfolgende Tabelle. Es wird angenommen, dass diese Daten auch für Esel und Maultiere gelten. Zur VS-Ausscheidung siehe entsprechendes Unterkapitel bei den Großpferden sowie bei den Kleinpferden und Ponys (incl. Esel und Maultiere).

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 7.1.1.2.

**Table 7.1: Horses, Maximum methane producing capacity ( $B_0$ ) and methane conversion factors (*MCF*)**

maximum methane producing capacity $B_0$	maximale Methanbildungs-Kapazität $B_0$	0.3 <sup>b</sup>	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> (kg VS) <sup>-1</sup>
<i>MCF</i> storage type solid manure (heap)	<i>MCF</i> Lagerungsart Festmist (Misthaufen)	0.02 <sup>a</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>
<i>MCF</i> pasture	<i>MCF</i> Weide	0.01 <sup>a</sup>	m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup>

<sup>a</sup> IPCC(2006)-10.44 ff; <sup>b</sup> IPCC(2006)-10.82

### 7.1.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The NH<sub>3</sub>-N emission factors for housing (0.22 kg kg<sup>-1</sup>), storage (0.35 kg kg<sup>-1</sup>) and grazing (0.35 kg kg<sup>-1</sup>) are taken from EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7. The emission factors are related to TAN.

The N<sub>2</sub>O-N emission factor for housing and storage is 0.013 kg kg<sup>-1</sup> (VANDRÉ et al., 2012, 2013). According to Chapter 3.3.4.3.5, the emission factors for NO-N and N<sub>2</sub> are calculated as 0.0013 and 0.039 kg kg<sup>-1</sup>, respectively. The emission factors for N<sub>2</sub>O-N, NO-N and N<sub>2</sub> are applied to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

N<sub>2</sub>O and NO emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.5. For further details see Chapter 4.3.8.5.3.

For management details see Chapter 7.1.1.2.

For spreading, it is assumed that the manure spread with broadcast devices is applied to uncovered arable land without incorporation, and that the NH<sub>3</sub>-N emission factor applicable to cattle manure and solid pig manure can be used: 0.9 kg kg<sup>-1</sup>, related to the amount of TAN present in the manure to be spread (see chapter 4.2.2.3 and chapter 5.2.2.3).

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

For the uncertainties of the emission factors and the the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

Die NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren für Stall (0,22 kg kg<sup>-1</sup>), Lager (0,35 kg kg<sup>-1</sup>) und Weide (0,35 kg kg<sup>-1</sup>), jeweils bezogen auf vorhandenes TAN, werden EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, entnommen.

Der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor für Stall und Lager beträgt 0,013 kg kg<sup>-1</sup> (VANDRÉ et al., 2012, 2013). Nach Kapitel 3.3.4.3.5 berechnen sich die Emissionsfaktoren für NO-N und N<sub>2</sub> zu 0,0013 bzw. 0,039 kg kg<sup>-1</sup>. Die Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O-N, NO-N und N<sub>2</sub> beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N<sub>2</sub>O und NO werden nach Kapitel 11.5 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 4.3.8.5.3.

Zu Haltungsdetails siehe Kapitel 7.1.1.2.

Für die Ausbringung wird angenommen, dass der Festmist mit dem Breitverteiler ohne Einarbeitung auf unbedeckte Ackerflächen ausgebracht wird, und dass der für Rindermist und Schweinemist geltende NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor übernommen werden kann: 0,9 kg kg<sup>-1</sup>, bezogen auf die bei Ausbringung vorhandene TAN-Menge (siehe Kapitel 4.2.2.3 und Kapitel 5.2.2.3).

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

### 7.1.4 IEF uncertainties for NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, and N<sub>2</sub> from manure management / IEF-Unsicherheiten 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 14.4 to 14.5.

Zu den Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapiteln 14.4 bis 14.5.



## 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 methods procedures compiled in Table 7.2.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Großpferde sind alle Pferde mit einem Stockmaß von 148 cm und mehr.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.2 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 7.2: Heavy horses, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 7.2.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme

Due to the simple methodology used, horse weights are not needed for emission calculations. However, the CRF tables require a mean horse weight to be reported. This mean weight is calculated from the weights of heavy horses and light horses/ponies, see Chapter 7.4.1.

The weight of a German heavy horse is assumed to be 550 kg (mean value for riding horses, see DLG, 2005, pg. 54). Hence, the animal category of German heavy horses corresponds to the category of horses described in IPCC (2006)-10.28.

Like horse weight the intake of gross energy (GE) isn't needed as input parameter for the emission calculations, but is to be reported in the CRF tables. IPCC (2006)-10.28 provides a daily GE intake of 110 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> for the IPCC category "horses", which corresponds to the German category "heavy horses". This IPCC default GE intake corresponds to data given in BLUM (2002).

A German value for the annual intake of digestible energy (DE) is given in DLG (2005), pg. 54. It is 32.5 GJ per place and year (or 89 MJ per place and day). The DE intake isn't used in the emission calculations, but is serves as a basis for the estimation of the CH<sub>4</sub> emission factor for enteric fermentation of light horses/ponies, see Chapter 7.3.1.

Pferdegewichte werden in der verwendeten einfachen Emissionsberechnungsmethodik nicht benötigt. Allerdings erfordern die CRF-Tabellen die Angabe eines mittleren Pferdegewichtes, das aus der Mittelung der Gewichte von Großpferden und Kleinpferden/Ponys berechnet wird, siehe Kapitel 7.4.1.

Das Gewicht eines deutschen Großpferdes wird mit 550 kg angesetzt (Mittelwert für Reitpferde nach DLG, 2005, S. 54). Damit entsprechen die deutschen Großpferde der in IPCC (2006)-10.28 beschriebenen Kategorie „Pferde“.

Die Gesamtenergieaufnahme (GE) geht genauso wie das Tiergewicht nicht in die einfache Emissionsberechnungsmethodik ein, ist aber ebenfalls in den CRF-Tabellen zu berichten. IPCC (2006)-10.28 gibt für die oben erwähnte Kategorie „Pferde“, die der deutschen Inventarkategorie „Großpferde“ entspricht, eine tägliche GE-Aufnahme von 110 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> an, was mit Angaben in BLUM (2002) korrespondiert.

Die jährliche Aufnahme von verdaulicher Energie (DE) beträgt nach DLG (2005), S. 54, pro Platz jährlich 32,5 GJ bzw. täglich 89 MJ. Diese Angabe geht nicht in die Emissionsberechnung ein, wird aber für die Schätzung des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung von Kleinpferden/Ponys benötigt, siehe Kapitel 7.3.1.

### 7.2.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2).

There is no national emission factor. The IPCC Tier 1 default emission factor of 18 kg CH<sub>4</sub> per place and year is given along with an animal weight of 550 kg, see IPCC (2006)-10.28. This animal weight corresponds to animal weights given in the German agricultural literature for riding horses, see Chapter 7.2.1. Hence the German inventory adopts the IPCC Tier 1 default emission factor of 18 kg CH<sub>4</sub> per place and year for German heavy horses.

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung werden nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet.

Es gibt keinen nationalen Emissionsfaktor. Der IPCC-Stufe-1-Defaultwert von 18 kg CH<sub>4</sub> pro Platz und Jahr wird zusammen mit einem Tiergewicht von 550 kg angegeben, siehe IPCC (2006)-10.28. Dieses Gewicht korrespondiert mit Gewichten, die in der deutschen landwirtschaftlichen Literatur für Reitpferde angegeben werden, siehe Kapitel 7.2.1. Daher übernimmt das deutsche Inventar den IPCC-Emissionsfaktor 18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> für die deutsche Kategorie „Großpferde“.



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  $30\%$ . This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the  $95\%$  confidence interval. A normal distribution is assumed.

### 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 3.3.4.1.

The calculation procedure is based on default VS excretion:  $2.13 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  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).

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. 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. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be  $20\%$ . This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the  $95\%$  confidence interval. A normal distribution is assumed.

### 7.2.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

### 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  $600 \text{ kg a}^{-1}$  with mixed stabling and grazing and occasional work excrete  $53.6 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a}^{-1})$ . A fraction of  $0.6 \text{ kg kg}^{-1}$  is assumed to be TAN (EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7)..

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

In the Inventory, the amount of straw fresh matter is  $8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (KTBL, 2006b, pg. 640) or  $39.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl} \cdot \text{a}^{-1})$  ( $20.0 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl} \cdot \text{a}^{-1})$ , respectively).

For the emission factors see Chapter 7.1.3.

For indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management see Chapter 7.1.3.

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

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  $30\%$  ausgegangen. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes  $95\%$ -Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit einem Stufe-2-Verfahren (Kapitel 3.3.4.1) berechnet.

Das Rechenverfahren verwendet default-VS-Ausscheidungen:  $2,13 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  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.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. 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. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-1-Verfahren auf  $30\%$ . Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes  $95\%$ -Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitpferden bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht  $500$  bis  $600 \text{ kg a}^{-1}$ ) und leichter Arbeit  $53,6 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a}^{-1})$  ausgeschieden. Der relative TAN-Anteil wird mit  $0,6 \text{ kg kg}^{-1}$  (EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7) angesetzt.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Die Menge der Einstreu beträgt im Inventar  $8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Strohfrischmasse (KTBL, 2006b, S. 640) bzw.  $39,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl} \cdot \text{a}^{-1})$ , entsprechend  $20,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl} \cdot \text{a}^{-1})$ .

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.1.3.

Zu Indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 7.1.3.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

### 7.2.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 7.3. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 7.3 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 7.3: Heavy horses, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.48	0.22	0.14

Source: EMEP(2016)-3B-53, Table 3.5

### 7.2.7 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 7.4: Heavy horses, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.18	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.18	
		NM VOC	EM1007.18	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.52	EM1009.54
		N <sub>2</sub> O	EM1009.108	
		NO	EM1009.138	
		TSP	EM1010.18	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.48	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.78	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.21	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.18	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.18	
		NM VOC	IEF1007.18	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.49	IEF1009.51
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.101	
		NO	IEF1009.129	
		TSP	IEF1010.17	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.45	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.73	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.201	AI1005PSH.211

### 7.3 Light horses, ponies, asses and mules / Kleinpferde, Ponys, Esel und Maultiere

Light horses and ponies are horses whose size measured from the top of the withers to the ground falls below 148 cm.

IPCC (2006) fails to provide an adequate description for light horses and ponies. The definition of horses given in IPCC (2006) applies only to the German inventory category "heavy horses", see Chapter 7.2.1. In the following, the IPCC (2006) method is modified to apply to light horses and ponies.

The inventory considers mules and asses to be equivalent to light horses and ponies, see Chapter 7.1.1). Hence, mules and asses are not mentioned explicitly in the following.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 7.5.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Kleinpferde und Ponys sind alle Pferde mit einem Stockmaß von weniger als 148 cm.

IPCC (2006) bietet keine adäquate Beschreibung von Kleinpferden und Ponys an. Die in IPCC (2006) verwendeten Definitionen (Gewicht, Energiebedarf) sind lediglich auf die Kategorie „Großpferde“ im deutschen Inventar anwendbar, siehe Kapitel 7.2.1. Die Berechnungsmethoden werden daher im Folgenden entsprechend für die Gruppe der kleinen Equiden abgewandelt.

Esel und Maultiere werden im Inventar als äquivalent zu Kleinpferden und Ponys betrachtet (siehe Kapitel 7.1.1). Im Folgenden ist daher generell nur noch von Kleinpferden die Rede.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 7.5 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 7.5: Light horses and ponies, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation	1	IPCC / national
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

#### 7.3.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme

Due to the simple methodology used, horse weights are not needed for emission calculations. However, the CRF tables require a mean horse weight to be reported. This mean weight is calculated from the weights of heavy horses and light horses/ponies, see Chapter 7.4.1.

The weight of German riding ponies is adopted as weight of the inventory category „light horses/ponies“: 300 kg, see DLG (2005), pg. 54.

A German value for the annual intake of digestible energy (DE) is given in DLG (2005), pg. 54. It is 21.0 GJ per place and year (or 58 MJ per place and day). The DE intake isn't used in the emission calculations, but it serves as a basis for the estimation of the CH<sub>4</sub> emission factor for enteric fermentation of light horses/ponies:

According to the (rounded) difference of the DE intakes between heavy horses and light horses/ponies, the GE intake of light horses/ponies is estimated to be two thirds of the GE intake of heavy horses (which is given in Chapter 7.2.1): 73 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

The estimation of the emission factor for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation of light horses/ponies is described in the subsequent chapter.

Pferdegewichte werden in der verwendeten einfachen Emissionsberechnungsmethodik nicht benötigt. Allerdings erfordern die CRF-Tabellen die Angabe eines mittleren Pferdegewichtes, das aus der Mittelung der Gewichte von Großpferden und Kleinpferden/Ponys berechnet wird, siehe Kapitel 7.4.1.

Als Gewicht für Kleinpferde/Ponys wird das Gewicht von deutschen Reitponys angesetzt: 300 kg nach DLG (2005), S. 54.

Die jährliche Aufnahme von verdaulicher Energie (DE) beträgt nach DLG (2005), S. 54, pro Platz jährlich 21,0 GJ bzw. täglich 58 MJ. Auch diese Angabe geht nicht in die Emissionsberechnung ein, wird aber für die Schätzung der Gesamtenergieaufnahme (GE) und des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung von Kleinpferden/Ponys benötigt:

Entsprechend dem Unterschied in der Aufnahme von verdaulicher Energie wird für Kleinpferde und Ponys eine gegenüber Großpferden (siehe Kapitel 7.2.1) umgerundet - ein Drittel geringere Aufnahme an Gesamtenergie (GE) angenommen: 73 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Auf die Schätzung des Emissionsfaktors für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung von Kleinpferden/Ponys geht das nachfolgende Kapitel ein.

#### 7.3.2 Methane from enteric fermentation / Methane aus der Verdauung

CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2).

CH<sub>4</sub> aus der Verdauung wird nach dem Stufe-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet.

While for heavy horses the emission factor is  $18 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (see Chapter 7.2.2), the inventory uses an emission factor for light horses/ponies that is lower by one third, resulting in  $12 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . This lower EF is estimated on the basis of the ratio of the energy intake rates of heavy horses and light horses/ponies. (This result agrees reasonably well with  $11.4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  which is obtained by application of the IPCC scaling approach in the footnote of Table 10.10 in 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  $30 \%$ . This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the  $95 \%$  confidence interval. A normal distribution is assumed.

### 7.3.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.3.4.1.

The daily VS excretion rate is estimated from that of heavy horses ( $2,13 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , see Chapter 7.2.3), using the ratio of the energy intake rates of both horse categories (see Chapters 7.2.1 and 7.3.1):  $2,13 \cdot 21/32,5 = 1,38 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

Methane producing capacity  $B_0$  and the Methane conversion factors  $MCF$  are listed in Table 7.1 (Chapter 7.1.2).

German data on the uncertainty of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management do not exist. 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. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be  $20 \%$ . This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the  $95 \%$  confidence interval. A normal distribution is assumed.

### 7.3.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

### 7.3.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

According to DLG (2005), pg. 55, light horses with a weight of  $300 \text{ kg an}^{-1}$  with mixed stabling and grazing and occasional work excrete  $33,4 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$ . A fraction of  $0,6 \text{ kg kg}^{-1}$  is assumed to be TAN (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. For the properties of straw and the

Während für Großpferde der Emissionsfaktor bei  $18 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  liegt (siehe Kapitel 7.2.2), wird im Inventar für Kleinpferde entsprechend dem geringeren Energiebedarf (siehe Kapitel 7.3.1) ein proportional zum Energiebedarf um ein Drittel geringerer  $\text{CH}_4$ -Emissionsfaktor von  $12 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  angesetzt. (Dieses Ergebnis steht in guter Übereinstimmung mit dem Ergebnis von  $11,4 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  des IPCC-Skalierungsansatzes, der in Fußnote zu Table 10.10 in IPCC (2006)-10.28 beschrieben ist).

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  $30 \%$  ausgegangen. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes  $95 \%$ -Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Zur Bestimmung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.4.1) angewandt.

Die täglichen VS-Ausscheidungen der Kleinpferde werden aus denen der Großpferde ( $2,13 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , siehe Kapitel 7.2.3) abgeleitet, indem diese mit dem Verhältnis der Energieaufnahme (siehe Kapitel 7.2.1 und 7.3.1) multipliziert werden:  $2,13 \cdot 21/32,5 = 1,38 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ .

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  und die Methan-Umwandlungsfaktoren  $MCF$  sind in Table 7.1 (Kapitel 7.1.2) aufgelistet.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. 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. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-1-Verfahren auf  $30 \%$ . Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes  $95 \%$ -Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitponys bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht  $300 \text{ kg an}^{-1}$ ) und leichter Arbeit  $33,4 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  ausgeschieden. Der relative TAN-Anteil wird mit  $0,6 \text{ kg kg}^{-1}$  (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9) angesetzt.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Zu den Eigenschaften von Stroh

mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2. Due to lack of data  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  of straw fresh matter containing  $24.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  or  $12.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  are used in relation to the amount used with heavy horses.

For the emission factors see Chapter 7.1.3.

For indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management see Chapter 7.1.3.

$\text{NO}$  emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

For the uncertainties of the emission factors and the the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen. In Ermangelung von Daten werden in Relation zu den Großpferden  $5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$  Strohfrischmasse bzw.  $24.9 \cdot 10^{-3} \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  angenommen (entsprechend  $12.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg TAN (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$ ).

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.1.3.

Zu Indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 7.1.3.

$\text{NO}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

### 7.3.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

For the calculation method for particle emissions see Chapter 3.3.4.5. Due to the lower weight compared to larger horses, the emission factors for mules and asses are used as provided in EMEP(2016)-3B-53, Table 3.5. They are shown in Table 7.6. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Aufgrund des verglichen mit Großpferden geringeren Gewichts werden die Emissionsfaktoren für Esel und Maultiere nach EMEP(2016)-3B-53, Table 3.5, verwendet. Sie sind in Table 7.6 dargestellt. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 7.6: Light horses and ponies, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{10}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$
straw based	strohbasiert	0.34	0.16	0.10

Source: see text

### 7.3.7 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 7.7: Light horses and ponies, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	$\text{CH}_4$ enteric fermentation	EM1004.19	
		$\text{CH}_4$ manure management	EM1005.19	
		NMVOC	EM1007.19	
		$\text{NH}_3$	EM1009.55	EM1009.57
		$\text{N}_2\text{O}$	EM1009.109	
		$\text{NO}$	EM1009.139	
		TSP	EM1010.19	
		$\text{PM}_{10}$	EM1010.49	
		$\text{PM}_{2.5}$	EM1010.79	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.22	
Emission factors	Emissionsfaktoren	$\text{CH}_4$ enteric fermentation	IEF1004.19	
		$\text{CH}_4$ manure management	IEF1005.19	
		NMVOC	IEF1007.19	
		$\text{NH}_3$	IEF1009.52	IEF1009.54
		$\text{N}_2\text{O}$	IEF1009.102	
		$\text{NO}$	IEF1009.130	
		TSP	IEF1010.18	
		$\text{PM}_{10}$	IEF1010.46	
		$\text{PM}_{2.5}$	IEF1010.74	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.212	AI1005PSH.222

## 7.4 Equidae – collective description / Equiden - zusammenfassende Daten

### 7.4.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme

The mean weight of all equids is derived from the weights of the two subcategories “heavy horses” and “light horses/ponies” weighted with the respective animal numbers. Asses and mules are included, see Chapter 7.1. The mean weight varies only slightly from year to year. Averaging over the time series yields ca. 490 kg an<sup>-1</sup>.

The mean gross energy (GE) intake of all equidae is calculated in analogy to the above described approach. The result is a value of 101 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

These mean values do, due to the simple calculation methods used, not affect the emission results.

Das mittlere Gewicht aller Equiden ergibt sich aus der tierzahlgewichteten Mittelung über die beiden Unterkategorien „Großpferde“ und „Kleinpferde/Ponys“. Esel und Maultiere sind darin enthalten, siehe Kapitel 7.1. Die Variation des mittleren Gewichtes von Jahr zu Jahr ist sehr gering. Der Mittelwert seit 1990 beträgt ca. 490 kg an<sup>-1</sup>.

In analoger Weise erhält man als mittlere Aufnahme an Gesamtenergie (GE) aller Equiden von 101 MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Diese Mittelwerte sind wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

### 7.4.2 Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen

The mean excretions of VS and N are calculated as follows (weighted mean):

$$VS_{\text{mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot VS_{\text{mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot VS_{\text{mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad (7.1)$$

$$m_{\text{excr, mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot m_{\text{excr, mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot m_{\text{excr, mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad (7.2)$$

$VS_{\text{mean, horses}}$	mean amount of VS excreted by horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_{\text{ho}}$	number of heavy horses (in pl)
$VS_{\text{mean, ho}}$	mean amount of VS excreted by heavy horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$VS_{\text{mean, po}}$	mean amount of VS excreted by light horses, ponies, asses and mules (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_{\text{po}}$	number of light horses, ponies, asses and mules (in pl)
$m_{\text{excr, mean, horses}}$	mean amount of N excreted by horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excr, mean, ho}}$	mean amount of N excreted by heavy horses (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{excr, mean, po}}$	mean amount of N excreted by light horses, ponies, asses and mules (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

### 7.4.3 International comparison / Internationaler Vergleich

Within the framework of quality assurance a comparison of input data and inventory results was made on European level. (For details of the procedure of the comparison see Chapter 4.3.10.)

The comparison is intended for horses including mules and asses, because Germany is reporting its emission results for the single animal category “horses, mules and asses”. However, Czech Republic, Denmark and Poland report data for horses only. The United Kingdom takes mules and asses explicitly into account for air pollutants, while it is not mentioned whether mules and asses are included in GHG results. Nevertheless, as mules and asses have only very small populations in Central Europe, their impact on total emission of the category “horses, mules and asses” emission results is small as well. Hence, the data provided by the ten countries are compared without further considerations regarding mules and asses.

Table 7.8 provides the implied emission factors (IEF) and emission explaining variables.

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleuropäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.10.)

Der Vergleich ist für Pferde einschließlich Esel und Maultiere gedacht, weil Deutschland diese Tiere als Sammelkategorie berichtet. Tschechien, Dänemark und Polen berichten aber nur Daten für Pferde. Das Vereinigte Königreich berücksichtigt nur bei den Luftschadstoffen explizit Esel und Maultiere, und macht bei den Treibhausgasen keine Angaben dazu, ob Esel und Maultiere einbezogen wurden. Da Esel und Maultiere in Mitteleuropa nur sehr geringe Populationsgrößen erreichen, ist ihr Einfluss auf das Gesamtergebnis der Sammelkategorie „Pferde, Esel und Maultiere“ nur sehr gering. Daher werden im Folgenden die Daten aller zehn Vergleichsländer ohne weitere Differenzierung in diesem Punkt gegenübergestellt.

Table 7.8 zeigt die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärenden Variablen.

**Table 7.8: Equidae, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM)**

	mean animal weight  kg a <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> direct N <sub>2</sub> O (without spreading)  kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	
Austria	NA	NA	47.90	18.00	1.56	13.71	0.301
Belgium	461	NE	179.81	16.97	1.46	3.01	0.247
Czech Republic	498	NA	47.00	18.00	1.56	7.94	0.030
Denmark <sup>a</sup>	600	3.70	39.56	21.81	2.72	4.34	0.311
France	543	2.05	57.24	21.12	1.55	14.22	0.187
<b>Germany</b>	<b>490</b>	<b>1.95</b>	<b>48.79</b>	<b>16.57</b>	<b>2.57</b>	<b>13.66</b>	<b>1.063</b>
Netherlands	n/a	NE	n/a	17.98	1.56	1.14	n/a
Poland	NA	NA	55.00	18.00	1.56	16.51	0.335
Switzerland	NA	1.65	36.46	14.51	2.40	7.34	0.230
United Kingdom	NE	2.13	50.00	18.00	1.56	12.81	NO
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, devel- oped countries <sup>b</sup>	Tier 1: 550 Tier 2: 377	2.13	52.20	18	1.56		
EMEP (2013)-3B-14, 27			47.5			14.8 <sup>c</sup>	
EMEP (2016)-3B-16, 29			47.5			7.0 <sup>d</sup>	

Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables; CEIP (2017), NFR

n/a, NA, NE, NO: No data available for different reasons

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

<sup>b</sup> IPCC N excretions: calculated using the IPCC Tier 1 default animal weight (550 kg)

<sup>c</sup> The EMEP 2013 default value includes NH<sub>3</sub> from housing, storage and spreading.

<sup>d</sup> The EMEP 2016 default value includes NH<sub>3</sub> from housing, storage but not spreading.

Half the countries do not provide animal weights, probably because emissions have been calculated with the Tier 1 methodology that does need animal weight as input. The Czech and German weights are on the same level. The Belgian value is somewhat lower, while the Danish value is considerably higher. Like for sheep and goats the IPCC default values for Tier 1 and Tier 2 methodology are inconsistent.

As to the VS excretions, as well, half the countries do not provide data. The United Kingdom uses the IPCC default value. The German value is relatively close to the IPCC default value. The Danish value appears to be very high.

In contrast, the Danish N excretion is found at the lower end of the range (second lowest value after Switzerland), which is between 36.46 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> and 57.24 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, if the Belgian outlier value is disregarded. Germany is at the level of the mean of all comparable countries. This mean value is comparable to the EMEP default value. The IPCC value of 52.2 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> calculated according to IPCC calculation rules is thus approximately 10 % above the mean value.

As to the IEF for CH<sub>4</sub> from enteric fermentation some countries use the IPCC default emission factor 18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. The German IEF, which is about the level of the Belgian value, is lower than the IPCC default emission factor, because Germany applies different emission factors for heavy horses and light horses/ponies. This differentiation and the underlying emission factors (and hence the resulting overall emission factor as well) have been accepted by the ERT of the In Country Review in September 2016.

Die Hälfte der Länder geben kein Tiergewicht an (vermutlich, weil das Tiergewicht in der Stufe-1-Methodik ohne Bedeutung ist). Der deutsche und der tschechische Wert liegen auf gleichem Niveau. Belgien liegt etwas darunter, Dänemark aber deutlich darüber. Wie bei den Schafen und den Ziegen sind die IPCC-Defaultwerte für Stufe-1- und Stufe-2-Verfahren inkonsistent.

Auch bei den VS-Ausscheidungen machen die Hälfte aller Länder keine Angaben. Das Vereinigte Königreich verwendet den IPCC-Defaultwert, dem Deutschland mit seinem nationalen Wert relativ nahe kommt. Der dänische Wert erscheint sehr hoch.

Im Gegensatz dazu ist die dänische N-Ausscheidung am unteren Ende der Schwankungsbreite zu finden (zweitniedrigster Wert nach der Schweiz), die sich zwischen 36,46 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> und 57,24 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> erstreckt, wenn der belgische Ausreißerwert unberücksichtigt bleibt. Deutschland liegt auf dem Niveau des Mittelwertes aller Vergleichsländer, der dem EMEP-Defaultwert vergleichbar ist. Der nach IPCC-Rechenregeln berechnete IPCC-Wert von 52,2 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> liegt damit rund ca. 10 % über dem Mittelwert.

Beim IEF für CH<sub>4</sub> aus der Verdauung greifen einige Länder auf den IPCC-Defaultwert von 18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> zurück. Der deutsche IEF, der ungefähr auf dem Niveau des belgischen Wertes liegt, ist niedriger als der IPCC-Defaultwert, da unterschiedliche Emissionsfaktoren für Groß- und Kleinpferden zugrunde gelegt werden. Diese Differenzierung und die zugehörigen tierkategorie-spezifischen Emissionsfaktoren (und damit implizit auch der resultierende IEF) wurden durch das ERT des In-Country-Review im September 2016 akzeptiert.



The IEF for CH<sub>4</sub> from manure management of the individual states shows a noticeable variation. This can not be explained with the available information.

The NH<sub>3</sub> emission factors cannot easily be compared. Hence, for all countries the ratios of NH<sub>3</sub> emission factor to N excretion have been calculated (not shown in Table 7.8) in order to obtain a measure for the emissivity of horse husbandry. One obtains 0.186 kg kg<sup>-1</sup> for Austria, 0.300 kg kg<sup>-1</sup> for Poland and 0.256 kg kg<sup>-1</sup> for United Kingdom. Germany fits well here with 0.280 kg kg<sup>-1</sup>.

The German N<sub>2</sub>O emission factor for manure management is significantly higher than the values reported by the other countries. This is almost completely due to the national emission factor used by Germany for manure management (solid manure system). This emission factor is 0.013 kg kg<sup>-1</sup> and therefore about twice as high as the IPCC default value of 0.005 kg kg<sup>-1</sup>.

Der IEF für CH<sub>4</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management der einzelnen Staaten weist eine merkliche Variation auf. Diese kann mit den verfügbaren Informationen nicht erklärt werden.

Die NH<sub>3</sub>-IEF-Werte sind direkt nur schwer vergleichbar. Berechnet man den Quotienten NH<sub>3</sub>-IEF/N-Ausscheidung (in Table 7.8 nicht gezeigt) als Indikator für die Emissionsanfälligkeit der Pferdehaltung, so erhält man für Österreich 0,286 kg kg<sup>-1</sup>, Polen 0,300 kg kg<sup>-1</sup> und Vereinigtes Königreich 0,256 kg kg<sup>-1</sup>. Deutschland fügt sich hier mit 0,280 kg kg<sup>-1</sup> gut ein.

Der deutsche N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktor für das Wirtschaftsdünger-Management liegt merklich über dem Niveau der anderen Länder. Der Hauptgrund dafür ist der von Deutschland für das Wirtschaftsdünger-Management verwendete nationale Emissionsfaktor von 0,013 kg kg<sup>-1</sup>, der gut zweieinhalb mal so hoch ist wie der IPCC-Defaultwert mit 0,005 kg kg<sup>-1</sup>.

#### 7.4.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 7.9: Horses, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	EM1004.20	
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.20	
		NMVOC	EM1007.20	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.58	EM1009.60
		N <sub>2</sub> O	EM1009.110	
		NO	EM1009.140	
		TSP	EM1010.20	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.50	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.80	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.23	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation	IEF1004.20	
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.20	
		NMVOC	IEF1007.20	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.55	IEF1009.57
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.103	
		NO	IEF1009.131	
		TSP	IEF1010.19	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.47	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.75	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.223	AI1005PSH.241
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.78	EXCR.80

## 8 Poultry / Geflügel

### 8.1 Formation of subcategories / Untergliederung in Subkategorien

For greenhouse gases, emissions have to be reported for poultry as a single category. For air pollutants, a differentiation has to be made between laying hens, broilers, turkeys and “other poultry”.

Differences in housing and feeding of the subcategories result in considerable differences in the respective emission generating processes within poultry production. Therefore, emissions are calculated separately for each subcategory. In addition, for turkeys, male and female animals are considered. The results obtained are finally aggregated to serve the reporting obligations (see Chapter 8.9).

Treibhausgasemissionen sind für Geflügel insgesamt zu berichten. Bei den luftverschmutzenden Gasen und Stoffen ist nach Legehennen, Masthähnchen und –hühnchen, Puten sowie „anderes Geflügel“ zu unterscheiden.

Bedingt durch unterschiedliche Haltung und Fütterung weisen alle Geflügel-Unterkategorien ein unterschiedliches Emissionsverhalten auf. Um diesem Umstand gerecht zu werden, erfolgt die Emissionsberechnung zunächst getrennt nach Unterkategorien, wobei zusätzlich noch zwischen männlichen und weiblichen Puten unterschieden wird. Die Ergebnisse werden anschließend den Berichtspflichten entsprechend aggregiert, siehe Kapitel 8.9.

**Table 8.1: Poultry, categorisation and characterisation**

Animal category according to German census		Animal categories used in this inventory			
type	category	type	category	weight 1 <sup>a</sup>	weight 2 <sup>a</sup>
AA <sup>b</sup>	Legehennen	lh	laying hens	$w_{\text{start, lh}}$	$w_{\text{fin, lh}}$
AB <sup>b</sup>	Junghennen	pu	pullets	$45 \text{ g an}^{-1}$	$w_{\text{start, lh}}$
AC	Schlacht- und Masthähne und –hühner sowie sonstige Hähne einschl. der hierfür bestimmten Küken	br	broilers	—	—
AD	Gänse	ge	geese	$7 \text{ kg an}^{-1}$	
AE	Enten	du	ducks	$3 \text{ kg an}^{-1}$	
AF	Truthühner	tm	turkeys, males	$60 \text{ g an}^{-1}$	$w_{\text{fin, tm}}$
		tf	turkeys, females		$w_{\text{fin, tf}}$

<sup>a</sup> 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  
<sup>b</sup> For the distinction between pullets and laying hens in German censuses see Chapters 8.3 and 8.5.

## 8.2 Emission factors used for all poultry subcategories / Für alle Geflügel-Unterkategorien gültige Emissionsfaktoren

Due to lack of data, the inventory does not distinguish between dried excretions and poultry farmyard manure: als poultry manure is considered to be farmyard manure. While this simplification is of no significance for the  $N_2O$  emissions (because of the undifferentiated emission factors), the  $NH_3$  emissions from poultry farmyard manure are higher than from dried excretions. Hence the inventory is likely to overestimate  $NH_3$  emissions to some extent.

Aufgrund fehlender Daten wird nicht zwischen Trockenkot und Geflügelmist unterschieden: Der gesamte Geflügel-Wirtschaftsdünger wird als Geflügelmist angesehen. Für die  $N_2O$ -Emissionen ist diese Unterscheidung mangels differenzierter Emissionsfaktoren zwar ohne Bedeutung; für  $NH_3$  wird dagegen der gesamte Wirtschaftsdünger aus der Geflügelhaltung in konservativer Weise als der emissionsreichere Geflügelmist angesehen.

### 8.2.1 $N_2O$ , NO and $N_2$ from housing and storage / $N_2O$ , NO und $N_2$ aus Stall und Lager

According to IPCC (2006) there are two different categories of  $N_2O$  emissions from animal husbandry: Direct emissions from the compartments housing and storage, and indirect emissions. The German inventory considers only the indirect emissions due to deposition of reactive nitrogen that is a consequence of emissions of  $NH_3$  and NO from the compartments housing and storage, see Chapter 3.3.4.3.6.

Nach IPCC (2006) werden der Tierhaltung neben direkten  $N_2O$ -Emissionen aus dem Bereich Stall/Lager auch indirekte  $N_2O$ -Emissionen zugeordnet. Im deutschen Inventar werden dabei lediglich die indirekten Emissionen aufgrund der Deposition von reaktivem Stickstoff berücksichtigt, die auf die Emissionen von  $NH_3$  und NO aus dem Bereich Stall/Lager zurückgeht. Siehe dazu auch Kapitel 3.3.4.3.6.

The emission factor for direct  $N_2O$  is a combined factor for house and storage. The data used are taken from IPCC(2006)-10.63. The emission factors for NO and  $N_2$  are derived from the  $N_2O$  emission factor, see Chapter 3.3.4.3.5.

Der Emissionsfaktor für direktes  $N_2O$  fasst die Emissionen aus Stall und Lager zusammen und wurde IPCC(2006)-10.63 entnommen. Die Emissionsfaktoren für NO und  $N_2$  werden aus dem  $N_2O$ -Emissionsfaktor abgeleitet, siehe Kapitel 3.3.4.3.5.

The emission factors are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

The resulting partial emission factors for  $N_2O$ , NO and  $N_2$  from storage, which are used for all poultry categories in the inventory, are listed in Table 8.2.

Die resultierenden, für alle Geflügelkategorien einheitlichen partiellen Emissionsfaktoren für  $N_2O$ , NO und  $N_2$  sind in Table 8.2 angegeben.

According to IPCC (2006), the anaerobic digestion of manure represents a separate type of manure storage. This storage type, however, in the German methodology, consists of three compartments: pre-stoage, digester, storage of digestate. The effective emission factor of this combination is not a constant and must be calculated (see Chapter 3.3.4.4).

Die Vergärung von Wirtschaftsdünger wird nach IPCC (2006) als eigenständiger Lagertyp aufgefasst. Dieser umfasst im deutschen Inventar prinzipiell die drei Komponenten Vorlager, Fermenter und Gärrestelager. Der effektive Emissionsfaktor für diese Kombination ist nicht konstant und muss berechnet werden (siehe Kapitel 3.3.4.4).

**Table 8.2: Poultry, partial emission factors for  $N_2O$ -N, NO-N, and  $N_2$ -N from housing and storage (applied to  $N_{\text{excr}} + N_{\text{straw}}$ )**

$N_2O$	poultry manure	Geflügelkot	0.001	kg kg <sup>-1</sup>
NO	poultry manure	Geflügelkot	0.0001	kg kg <sup>-1</sup>
$N_2$	poultry manure	Geflügelkot	0.003	kg kg <sup>-1</sup>

Source: see text

Indirect  $N_2O$  emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

Indirekte  $N_2O$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirect  $N_2O$  emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

(Indirekte  $N_2O$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

### 8.2.2 *NH<sub>3</sub> emission factors / NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren*

The NH<sub>3</sub> emission factors for housing and storage are different for the different poultry categories. Hence, these emission factors are dealt with separately in the respective sub-chapters of the poultry chapters.

The partial NH<sub>3</sub>-N emission factors used for spreading are identical for each of the various poultry categories (see Table 8.3). They refer to UAN which is in the inventory equated with TAN (see Chapter 3.3.3.2).

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für Stall und Lager unterscheiden sich für die verschiedenen Geflügelkategorien. Sie werden daher in den nachfolgenden Geflügel-Kapiteln gesondert behandelt.

Die partiellen NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren für die Ausbringung sind für die verschiedenen Geflügelkategorien gleich, siehe Table 8.3. Sie beziehen sich auf UAN, welches mit TAN gleich gesetzt wird, siehe Kapitel 3.3.3.2.

**Table 8.3: Poultry, emission factors for NH<sub>3</sub>-N from application of poultry manure (related to UAN)**

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg <sup>-1</sup> )
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.90
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.18
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.396
broadcast, incorporation ≤ 24 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h	0.45
calculated according to Döhler et al. (2002), S. 78, completed (expert judgement KTBL)		

No NH<sub>3</sub>-N emission factors are available for the application of poultry manures after anaerobic digestion. Hence, according to Chapter 3.3.4.4.3, the emission factors of untreated *cattle slurry* were used (see Table 4.6).

Emission factors for N<sub>2</sub>O emissions due to spreading of manure or digestate are provided in chapters 11 and 12.

Für die Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Geflügelkot sind keine NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktoren verfügbar. Nach Kapitel 3.3.4.4.3 wurden daher die Emissionsfaktoren für die Ausbringung von unbehandelter *Rindergülle* übernommen, siehe Table 4.6.

Zu Emissionsfaktoren für die Berechnung von N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Gärresten siehe Kapitel 11 und 12.

### 8.2.3 *Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Hinweis: Nur für Legehennen gibt es die Möglichkeit für Freilandaufenthalt („Weidegang“).)

### 8.3 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 8.5 (pullets).

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 8.4.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Weibliche Hühner in der reproduktiven Phase werden als Legehennen bezeichnet. Die Legeperiode beginnt, wenn sie etwa 18 Wochen alt sind. Zuvor werden die Tiere als Junghennen bezeichnet (siehe Kapitel 8.5)

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.4 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 8.4: Laying hens, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		no method
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

#### 8.3.1 Animal numbers / Tierzahlen

Poultry numbers have been surveyed in each agricultural-structure surveys, i.e. until 1996 in each even year, from 1999 to 1997 in each odd year, 2010 in the LZ 2010 census (STATLA C III 1 – vj 4, see also Chapter 3.4.2.1), and 2013 and 2016 in agricultural structure surveys. For 2011, 2012, 2014 and 2015 no official poultry numbers are available. They were estimated by linear interpolation. The striking increase of animal numbers between 2010 and 2013 is, for the most part, due to the fact that the number of farms questioned in 2013 was higher than in 2010 (see Chapter 3.4.2.1). For 2014 and 2015 again no official poultry numbers are available. The estimates for these two years are based on linear interpolation between 2013 and 2016.

The German censuses up to and including 2007 differentiated hens according to animal age: Hens younger than half a year and hens older than half a year. This means: In official surveys including 2007, pullets up to the age of six months were counted, although in common husbandry practice pullets are considered laying hens when they complete their 18th week of life. For the inventory, therefore, a fraction of the pullets was shifted into the laying-hen category up to and including 2007. This correction assumed that the number of pullets produced be equal to the number of hens slaughtered. In addition, the sum of the recalculated numbers of pullets and laying hens had to be equal to the total of animal numbers in both poultry categories. The subsequent equation describes the resulting modification of the laying hen numbers:

Geflügelzahlen wurden in jeder Agrarstrukturerhebung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren, 1999 bis 2007 in allen ungeraden Jahren, 2010 in der LZ 2010 (STATLA C III 1 – vj 4, siehe auch Kapitel 3.4.2.1) und 2013 sowie 2016 in einer Agrarstrukturerhebung. Für 2011, 2012, 2014 und 2015 wurden keine offiziellen Geflügelzahlen erhoben, weshalb sie durch lineare Interpolation geschätzt wurden. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Für 2014 und 2015 hat das Statistische Bundesamt keine Geflügelzahlen erhoben; ihre Schätzung beruht auf einer linearen Interpolation zwischen 2013 und 2016.

Bei den Zählungen bis 2007 einschließlich wurde bei der Erfassung von Hennen in Deutschland danach unterschieden, ob die Tiere jünger oder älter als ein halbes Jahr sind. Das bedeutet: Junghennen wurden bis einschließlich der Erhebung 2007 entgegen der Haltungspraxis (Aufstallung als Legehenne bereits nach der 18. Woche, wie es im Inventar auch berücksichtigt ist) offiziell bis zu einem Alter von 6 Monaten gezählt. Daher wurde für das Inventar bis einschließlich 2007 ein Teil der Junghennen in die Legehennen-Kategorie verschoben, wobei die Gesamtsumme aus Jung- und Legehennen nicht verändert wurde. Für diese Modifizierung der Tierzahlen wurde angenommen, dass genau so viele Junghennen aufgezogen werden, dass frei werdende Legehennenplätze wieder besetzt werden können. Die nachstehende Gleichung beschreibt diese Berechnung:

$$n_{lh} = (n_{AA} + n_{AB}) \cdot \frac{\tau_{round, lh}}{\tau_{round, lh} + \tau_{round, pu}} \quad (8.1)$$

$n_{lh}$	modified number of laying hen places, used in the inventory for the years 1990 - 2007
$n_{AA}$	animal place numbers of type AA in the German census until 2007, see Table 8.1
$n_{AB}$	animal place numbers of type AB in the German census until 2007, see Table 8.1
$\tau_{round, pu}$	duration of round for pullets ( $\tau_{round, pu} = 142$ d), see Chapter 8.5.2
$\tau_{round, lh}$	duration of round for laying hens ( $\tau_{round, lh} = 441$ d), see Chapter 8.3.2

The next official survey after 2007 took place in 2010. As of this survey the numbers of pullets and laying hens were counted according to the above mentioned husbandry practice. Hence no animal number shifting is applied as of the 2010 survey and the laying hen numbers are  $n_{lh} = n_{AA}$ .

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

### 8.3.2 Data on laying hen husbandry and egg production / Haltungs- und Legeleistungsdaten

Data on the frequencies of housing systems are available for each year as of 1993. The data are provided, on request and annually, by the Federal Statistical Office. The data gap 1990 - 1992 was closed by adopting the data of 1993.

Regarding laying hens, only laying performance data (average number of eggs per hen and year) are being surveyed and reported by the Federal Statistical Office. Lifespan as laying hen (or duration of production), animal weights at the beginning and the end of the production cycle (start weight, final weight) and egg weights are not surveyed officially. Hence other data sources are needed for the emission inventory calculations.

For lifespan ( $\tau_{\text{lifespan, lh}}$ ), KTBL (2004), pg. 481, provides a value of 434 days and for the duration of the production cycle ( $\tau_{\text{round, lh}}$ ) a value of 441 days. According to KTBL (2014), pg. 720, the duration of production cycle of 441 days marks the upper threshold, along with lifespans between 315 and 420 days. While this means a shortening of the duration of production cycle in comparison to KTBL (2004), there are reports on a considerable lengthening for up to 9 % of the entire laying hens population (see e. g. URSELMANS UND DAMME, 2015; POTTGÜTER, 2016; MMB, 2016). As already mentioned above there is no statistical survey on lifespans and/or durations of production cycles. Hence the emission calculations continue to use the model approach described by HAENEL UND DÄMMGEN (2007b), which is based on a lifespan of 434 days and duration of production cycle of 441 days, see Chapter 8.3.3.

Data on start weights, final weights and egg weights is recorded in performance contests, breed comparisons and feeding tests and are reported in the DGS-Magazin, the official journal of the Zentralverband der Deutschen Geflügelwirtschaft (German Poultry Association): 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), URSELMANS and DAMME (2011), URSELMANS and DAMME (2012). The frequency of those investigations decreased more and more with the years. Hence the most recent data are available for the situation in 2011.

Table 8.5 shows the data available. Data on starting weights, final live weights and egg weights are listed for the years when the respective investigations were performed. Due to limited space in Table 8.5, every other year is omitted in the years before 2010.

Die nächste Geflügelzählung nach 2007 fand 2010 statt. Ab dieser Zählung wurden die Tierzahlen von Junghennen und Legehennen entsprechend der oben erwähnten Haltungspraxis erhoben. Daher entfällt ab 2010 eine Umrechnung nach Gleichung (8.1) und es gilt  $n_{lh} = n_{AA}$ .

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

Ab 1993 liegen für jedes Jahr Angaben zur Verteilung der Haltungsformen vor. Die Daten werden auf Anfrage jährlich durch das Statistische Bundesamt bereitgestellt. Die Datenlücke 1990 bis 1992 wurde durch Übernahme des Wertes von 1993 geschlossen.

Das Statistische Bundesamt erhebt und berichtet bzgl. Legehennen lediglich die Legeleistung (mittlere Anzahl der pro Henne und Jahr gelegten Eier). Lebensdauer als Legehenne (oder: Legedauer, Produktionsdauer), Tiergewichte zu Beginn und Ende der Produktionsdauer (Anfangs- und Endgewicht) sowie Eigewicht werden nicht offiziell erfasst, so dass für das Emissionsinventar andere Datenquellen benötigt werden.

KTBL (2004), S. 481, gibt die Lebensdauer bzw. Legedauer ( $\tau_{\text{lifespan, lh}}$ ) mit 434 Tagen und die Durchgangsdauer ( $\tau_{\text{round, lh}}$ ) mit 441 Tagen an. Nach KTBL (2014), S. 720, stellt eine Durchgangsdauer von 441 Tagen die Obergrenze dar, verbunden mit Lebensdauern bzw. Legedauern zwischen 315 und 420 Tagen. Dieser Verkürzung der Legedauern gegenüber KTBL (2004) stehen allerdings Berichte zu einer merklichen Verlängerung bei bis zu 9 % des Legehennenbestandes gegenüber (siehe z.B. URSELMANS UND DAMME, 2015; POTTGÜTER, 2016; MMB, 2016). Da es, wie weiter oben bereits erwähnt, keine statistische Erhebung zur Lebensdauer bzw. Legedauer gibt, beruht die Emissionsberechnung weiterhin auf dem von HAENEL UND DÄMMGEN (2007b) beschriebenen Modellsansatz, der von 434 Tagen für die Legedauer und 441 Tagen für die Durchgangsdauer ausgeht, siehe Kapitel 8.3.3.

Für Daten zu Anfangs- und Endgewicht sowie Eigewicht wurde auf Ergebnisse von Leistungsprüfungen, Herkunftsvergleichen und Futtertests zurückgegriffen, die im DGS-Magazin, dem offiziellen Organ des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft, veröffentlicht wurden: HARTMANN and HEIL (1992), HEIL und HARTMANN (1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000), ANONYMUS (2001a, 2003, 2005, 2007a, 2007b, 2007c), WIEDMANN and DAMME (2008), DAMME (2009), URSELMANS und DAMME (2011), URSELMANS und DAMME (2012). Die Häufigkeit solcher Untersuchungen ist immer weiter zurückgegangen, so dass die neuesten verfügbaren Daten sich auf das Jahr 2011 beziehen.

Table 8.5 zeigt die verfügbaren Daten. Die Daten zu Anfangs- und Endgewicht sowie Eigewicht wurden den Jahren zugeordnet, in denen die o. g. Untersuchungen stattfanden. Aus Platzgründen wurden in Table 8.5 vor 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

**Table 8.5: Laying hens, performance data**

quantity <sup>a</sup>	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
$W_{\text{start}}$	1.550	1.520	1.370	1.360		1.276	1.245	1.303			1.293	1.293					
$W_{\text{fin}}$	2.070	2.070	1.960	1.860		1.799	1.733	2.026	1.927	1.887	1.850	1.850					
eggs produced	269.9	273.9	275.9	282.5	286.2	289.4	288.1	291.4	291.6	298.7	294.4	297.5	298.2	294.3	292.5	294.0	296.5
egg weight	64.6	65.4	64.4	63.1		62.6	63.8	65.3	64.0	62.8	64.4	64.4					

<sup>a</sup> Units: (live weights in kg an<sup>-1</sup>; average number of eggs produced per hen in eg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>; mean egg weight in g eg<sup>-1</sup>)

Sources: see text

The data on start weights, final weights and egg weights is subject to numerous factors like the choice of feed in performance tests and breed comparisons, the ratio of brown layers to white layers or the choice of breed in feed contests. However, the impacts of these factors cannot be statistically analyzed as there is not enough data. In addition, it is unclear how to close data gaps properly.

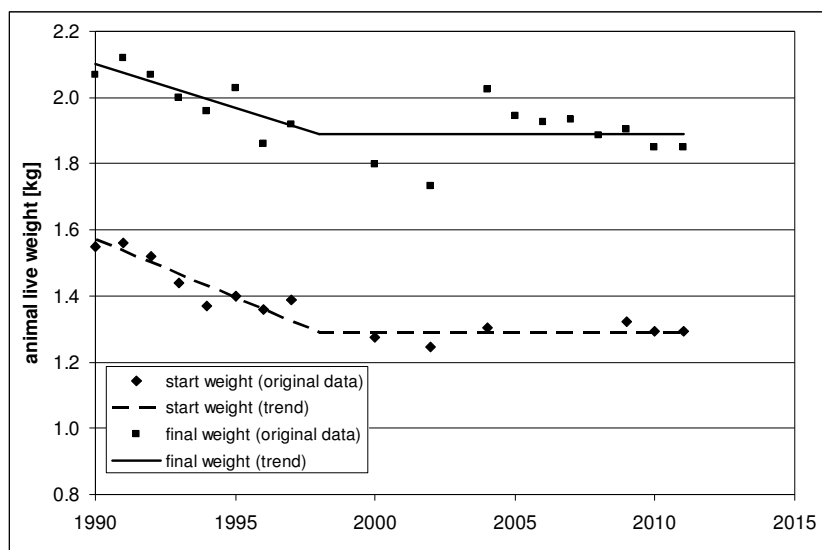
Hence the method of the least squares was applied to the data in order to derive the relevant temporal trends, see Figure 8.1. They allow for a straightforward method of data gap closure. Due to the lack of regional differentiation of the data the resulting trends are assumed to be valid for entire Germany.

Based on the trends the animal weights are assumed to constant as of 1998. They are maintained for the years after 2011 until more recent data will be available.

Die Daten zu Anfangs- und Endgewicht sowie Eigewicht unterliegen zahlreichen Einflüssen (u. a. Wahl des Futters bei Leistungs- und Herkunftsversuchen, Verhältnis Braunleger/Weißleger, Wahl der Rasse bei Fütterungsversuchen), die wegen des geringen Datenumfangs statistisch nicht isoliert werden können. Überdies stellt sich die Frage nach einer geeigneten Schließung von Datenlücken.

Es wurden daher aus dem Datenmaterial mithilfe der Methode der kleinsten Fehlerquadrate die relevanten zeitlichen Trends abgeleitet, siehe Figure 8.1. Mit ihrer Hilfe ist auch eine einfache Schließung der Datenlücken möglich. Mangels räumlicher Differenzierung der Daten werden die Trends als für ganz Deutschland gültig angenommen.

Die ab 1998 gleichbleibenden Gewichtsdaten werden auch für die Jahre nach 2011 beibehalten bis neue Daten verfügbar sind.

**Figure 8.1: Laying hens, animal live weight data and related trends**

The egg weight data shows no significant trend. Hence the inventory calculations use the temporal mean egg weight (64.3 g per egg) for all years of the time series. This value is used for entire Germany.

Die Eigewichte zeigen keinen signifikanten Trend und werden in den Emissionsberechnungen für alle Jahre durch den zeitlichen Mittelwert (64,3 g pro Ei) ersetzt. Dieser Wert wird für ganz Deutschland verwendet.



### 8.3.3 Energy requirements / Energiebedarf

#### 8.3.3.1 Metabolisable energy / Umsetzbare Energie

The overall requirements of daily metabolisable energy requirements per place (averaged over the lifespan as laying hen) are given by the following relation:

$$ME_{lh} = ME_m + ME_f + ME_{egg} + ME_g \quad (8.2)$$

$ME_{lh}$	daily requirements of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_m$	daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_f$	daily metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{egg}$	daily metabolisable energy for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_g$	daily metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

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). As there is no more recent information on this issue, GfE (2000) is kept as basis for the calculation of energy requirements.

Für den über die Lebensdauer als Legehenne gemittelten Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz gilt:

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). Da es keine vergleichbaren neueren Informationen gibt, wird GfE (2000) als Grundlage für die Energiebedarfsberechnung beibehalten.

#### 8.3.3.2 Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie

The calculation of  $ME_m$  takes ambient temperatures into account.  $ME_m$  is calculated as follows:

$$ME_m = (\eta_{ME, m} + \eta_{ME, mt}) \cdot \frac{1}{\tau_{lifespan, lh}} \cdot \Sigma W \quad (8.3)$$

$ME_m$	daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, m}$	specific metabolisable energy required for daily maintenance ( $\eta_{ME, m} = 0,48 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ , 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> ), see below
$\tau_{lifespan, lh}$	lifespan of laying hens (in d), see Chapter 8.3.2
$\Sigma W$	cumulative metabolic weight (in kg d pl <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  $\eta_{ME, mt} = 0$ .

According to HAENEL and DÄMMGEN (2007b),  $\Sigma W$  is a function of  $w_{start, lh}$  and  $w_{fin, lh}$ , combined with a characteristic time parameter  $\tau_{char, g, lh}$  ( $\tau_{char, g, lh} = 56 \text{ d}$ ).  $\tau_{char, g, lh}$  is based on a lifespan of  $\tau_{lifespan, lh} = 434 \text{ d}$ . For the choice of  $\tau_{lifespan, lh}$  see also Chapter 8.3.2.

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.

Nach HAENEL und DÄMMGEN (2007b) wird  $\Sigma W$  als Funktion von Start- und Endgewicht mithilfe eines charakteristischen Zeitparameters ( $\tau_{char, g, lh} = 56 \text{ d}$ ) berechnet, der auf der Lebensdauer  $\tau_{lifespan, lh} = 434 \text{ d}$  beruht. Zur Wahl von  $\tau_{lifespan, lh}$  siehe auch Kapitel 8.3.2.

$$\Sigma W = w_{m, ref} \cdot \left[ \tau_{char, g, lh} \cdot \left( \frac{w_{start}}{w_{ref}} \right)^{0.75} + (\tau_{lifespan} - \tau_{char, g, lh}) \cdot \left( \frac{w_{fin}}{w_{ref}} \right)^{0.75} \right] \quad (8.4)$$

$\Sigma W$	cumulative metabolic weight (in kg d an <sup>-1</sup> )
$w_{m, ref}$	reference weight ( $w_{m, ref} = 1 \text{ kg an}^{-1}$ )
$\tau_{char, g, lh}$	characteristic time scale of growth (in d)
$w_{start}$	animal weight at the beginning of egg production (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{lifespan, lh}$	lifespan of laying hens (in d), see Chapter 8.3.2
$w_{fin}$	animal weight at the end of egg production (in kg an <sup>-1</sup> )

### 8.3.3.3 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 or small group housing systems.

Bei Legehennen wird der mittlere tägliche Energiebedarf  $ME_f$  für die Nahrungsaufnahme mit der Bewegungsmöglichkeit in dem jeweiligen Haltungssystem verbunden und als Mehrbedarf gegenüber einer Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung ausgedrückt:

$$ME_f = (c_{\text{system}} - 1) \cdot (ME_m + ME_{\text{egg}} + ME_g) \quad (8.5)$$

$ME_f$	metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$c_{\text{system}}$	correction factor for different housing systems (in MJ MJ <sup>-1</sup> )
$ME_m$	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{\text{egg}}$	metabolisable energy for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )

According to GfE (2000, pg. 29),  $c_{\text{system}} = 1.00$  MJ MJ<sup>-1</sup> for tempered cages or small group housing systems, 1.10 MJ MJ<sup>-1</sup> for a deep bedding house, and 1.15 MJ MJ<sup>-1</sup> for free range hens. For aviaries no value is known. However, it should be similar to the one used for deep bedding houses. Thus, a factor  $c_{\text{system}} = 1.10$  MJ MJ<sup>-1</sup> is used for aviaries.

Der Parameter  $c_{\text{system}}$  beträgt nach GfE (2000, S. 29) 1,00 MJ MJ<sup>-1</sup> für temperierte Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung, 1,10 MJ MJ<sup>-1</sup> für Bodenhaltung und 1,15 MJ MJ<sup>-1</sup> für Freilandhaltung. Für Volierenhaltung ist kein Wert bekannt; er dürfte dem der Bodenhaltung am nächsten kommen und wird deshalb mit 1,10 MJ MJ<sup>-1</sup> angesetzt.

### 8.3.3.4 Metabolisable energy needed for egg production / Energiebedarf für Eiproduktion

The mean daily requirements is calculated from the mean weight per egg, the mean number of eggs laid per day and the specific energy requirement  $\eta_{\text{egg}}$ :

Der mittlere tägliche Bedarf berechnet sich aus der mittleren Masse eines Eies, der mittleren Eizahl pro Tag und einem spezifischen Energiebedarf  $\eta_{\text{egg}}$  nach:

$$ME_{\text{egg}} = \eta_{\text{ME, egg}} \cdot \frac{n_{\text{eggs}}}{\alpha} \cdot \mu_{\text{egg}} \quad (8.6)$$

$ME_{\text{egg}}$	metabolisable energy required for egg production (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{ME, egg}}$	specific metabolisable energy required for egg production ( $\eta_{\text{ME, egg}} = 9.6$ MJ kg <sup>-1</sup> , cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1)
$n_{\text{eggs}}$	number of eggs per place and year (in eg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 8.3.2
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$\mu_{\text{egg}}$	average egg mass (in kg eg <sup>-1</sup> ), see Chapter 8.3.2

### 8.3.3.5 Metabolisable energy for growth / Energiebedarf für Wachstum

The mean daily requirements result from mean weight gain and the specific energy consumption for growth:

Der mittlere tägliche Bedarf ergibt sich aus der mittleren Gewichtszunahme und dem spezifischen Energiebedarf:

$$ME_g = \eta_{\text{ME, g}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{lh}}}{\tau_{\text{lifespan, lh}}} \quad (8.7)$$

$ME_g$	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{\text{ME, g}}$	specific metabolisable energy required for growth ( $\eta_{\text{ME, g}} = 23$ MJ kg <sup>-1</sup> , cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1)
$\Delta w_{\text{lh}}$	weight gain during lifespan as laying hen, according to Chapter 3.1.2.5 (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lifespan, lh}}$	lifespan of laying hens (in d), see Chapter 8.3.2

## 8.3.4 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 8.6 (adopted from HAENEL and DÄMMGEN, 2007b). These data represent a

Der Futterbedarf ergibt sich aus der Forderung, dass die mit dem Futter aufgenommene Energie dem tierischen Energiebedarf entsprechen soll. Zu den im Inventar verwendeten Futterkennwerten siehe Table 8.6 (aus HAENEL und DÄMMGEN, 2007b). Es handelt sich, mit Aus-

typical single-phase diet composition (except for NP reduced feed). Due to the lack of frequency distribution data, multi-phase feeding cannot be accounted for in the inventory. The same holds for the use of NP reduced feed.

In the absence of statistical surveys on the composition of the diets, the values given in Table 8.6 are assumed to be valid for all years from 1990 and all regions in Germany.

From the data in Table 8.6 follows a digestibility of energy XDE, lh = 0.791 MJ MJ<sup>-1</sup> and a metabolisability of energy XME, lh = 0.733 MJ MJ<sup>-1</sup>.

nahme des Rohproteingehaltes bei NP-reduzierter Fütterung, um Kennwerte eines typischen Einphasen-Futters. Mehrphasenfütterung kann im Inventar mangels Daten zur Verbreitung nicht berücksichtigt werden. Das Gleiche gilt für die NP-reduzierte Fütterung.

Mangels statistischer Erhebungen zur Rationsgestaltung werden die in Table 8.6 angegebenen Werte für alle Jahre ab 1990 und alle Regionen in Deutschland als gültig angenommen.

Mit den Daten in Table 8.6 ergibt sich für die Energie-Verdaulichkeit XDE, lh = 0,791 MJ MJ<sup>-1</sup> und die Energie-Umsetzbarkeit XME, lh = 0,733 MJ MJ<sup>-1</sup>.

**Table 8.6: Laying hens, diets used in laying hen feeding, related energies and crude protein content**

The specific energies  $\eta_{GE}$  (gross energy),  $\eta_{DE}$  (digestible energy) and  $\eta_{ME}$  (metabolizable energy) as well as the contents of crude protein ( $X_{XP}$ ) and ash ( $X_{ash}$ ) are related to dry matter.  $X_{DOM}$  is the digestibility of organic matter.

Major components	$\eta_{GE}$ in MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{DE}$ in MJ kg <sup>-1</sup>	$\eta_{ME}$ in MJ kg <sup>-1</sup>	$X_{XP}$ in kg kg <sup>-1</sup>	$X_{DOM}$ in kg kg <sup>-1</sup>	$X_{ash}$ in kg kg <sup>-1</sup>
wheat, soybean meal, maize, wheat bran, vegetable fat	15.37	12.15	11.26	0.172	0.713	0.145

Sources:

- Feed composition and overall ash content: DEUKA DEUTSCHE TIERNÄHRUNG GMBH & CO. KG (Kleine-Klausing, private communication)
- Energy content, XP content, ash content and digestibility of organic matter in normal feed components: BEYER et al. (2004)
- XP content of N reduced feed: KTBL (2004), cf. discussion in HAENEL and DÄMMGEN (2007b)

The specific N content of the feed is obtained by dividing the XP content by 6.25.

The daily feed intake (dry matter) as a mean over the entire lifespan as a laying hen is calculated as follows:

$$m_{F, DM} = \frac{ME_{lh}}{\eta_{ME, feed}} \quad (8.8)$$

$m_{F, DM}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$ME_{lh}$	daily requirements of metabolisable energy (in MJ pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$\eta_{ME, feed}$	content of metabolisable energy in feed, related to dry matter (MJ kg <sup>-1</sup> ), see Table 8.6

Der spezifische N-Gehalt des Futters ergibt sich aus dem XP-Gehalt (Division durch 6.25).

Die über die Lebensdauer gemittelte tägliche Fut-  
teraufnahme (Trockenmasse) wird wie folgt berechnet:

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

### 8.3.5 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).

### 8.3.6 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 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the required data see Chapter 8.3.4.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_o$  is 0.39 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (kg VS)<sup>-1</sup>. Due to lack of German data for the methane conversion factor  $MCF$ , the default value of IPCC(2006)-10.82 is applied to all laying hen husbandry systems, irrespective of their type: 0.015 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

Zur Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Für die erforderlichen Daten siehe Kapitel 8.3.4.

Nach IPCC(2006)-10.82 beträgt die maximale Methan-Freisetzungs-kapazität  $B_o$  0,39 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> (kg VS)<sup>-1</sup>. Mangels deutscher Daten zum  $MCF$  wird der Defaultwert aus IPCC(2006)-10.82 für alle in Deutschland vorkommenden Legehennen-Haltungssysteme und Temperaturen verwendet: 0,015 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>.

The MCF for anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

### 8.3.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

### 8.3.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of the emissions of nitrogen species is based on the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of N<sub>org</sub> in UAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage (see Chapter 3.3.4.4.1).

#### 8.3.8.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as a function of performance and feed properties.

The annual N excretion on an average animal place (for the definition of the average animal place see Chapter 3.1.2.2) results from N mass balance. As input data are constant in space, the calculated N excretion is the same for all federal states.

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{eggs}} - m_{\text{g}} \quad (8.9)$$

$m_{\text{excr}}$	annual amount of nitrogen excreted (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{feed}}$	annual amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{eggs}}$	annual amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{g}}$	annual amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The annual amount of N intake with feed on an average animal place is a function of the amount of feed and the crude protein (XP) content of the feed:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot m_{\text{F, DM}} \quad (8.10)$$

$m_{\text{feed}}$	annual amount of nitrogen intake with feed (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N, XP}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in feed, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Table 8.6
$m_{\text{F, DM}}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 8.3.4

Der MCF-Wert für die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung wird berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N<sub>org</sub> in UAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Die Ausscheidungen werden in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung berechnet.

Die jährliche N-Ausscheidung auf einem mittleren Tierplatz (zur Tierplatzdefinition siehe Kapitel 3.1.2.2) wird über die N-Bilanz errechnet. Mangels räumlicher Differenzierung der Eingangsdaten ist das Ergebnis für alle Bundesländer gleich.

Die Menge des jährlich auf einem mittleren Tierplatz mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs ist eine Funktion von Futteraufnahme und Rohprotein (XP)-Gehalt im Futter:

For the XP content of N reduced feed Table 8.6. However, no information is available on the frequencies of N reduced feed usage. Hence, the N excretion calculations for the inventory are based on the assumption of a nationwide used "normal" feed composition.

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:

$$m_{\text{eggs}} = n_{\text{eggs}} \cdot x_{\text{XP, eggs}} \cdot x_{\text{N}} \cdot \mu_{\text{egg}} \quad (8.11)$$

$m_{\text{eggs}}$	amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_{\text{eggs}}$	number of eggs per place and year (in eg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> ), see Chapter 8.3.2
$x_{\text{XP, eggs}}$	crude protein content of eggs (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25$ kg kg <sup>-1</sup> )
$\mu_{\text{egg}}$	average egg mass (in kg eg <sup>-1</sup> ), see Chapter 8.3.2

The information on  $x_{\text{XP, eggs}}$  provided by the literature varies, e.g. 0.112 kg kg<sup>-1</sup> XP in GfE (2000, pg. 58) and 0.121 kg kg<sup>-1</sup> XP in GEFLÜGELJAHRBUCH (2005, pg. 212). The value used in this inventory (0.119 kg kg<sup>-1</sup> XP) is based on the N content of eggs provided in LfL (2006a), Table 8.

The N retention is obtained from the weight gain, the lifespan as laying hen and the mean XP content of the animals:

$$m_{\text{g}} = x_{\text{N, ret, lh}} \cdot \alpha \cdot \frac{\Delta w_{\text{lh}}}{\tau_{\text{lifespan, lh}}} \quad (8.12)$$

$m_{\text{g}}$	annual amount of nitrogen retained with growth (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N, ret, lh}}$	N retained per kg live weight of a laying hen ( $x_{\text{N, ret, lh}} = 0.035$ kg kg <sup>-1</sup> , see LfL, 2006a, Tabelle 8)
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365$ d a <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{\text{lh}}$	weight gain during lifespan as laying hen, according to Chapter 3.1.2.5 (in kg an <sup>-1</sup> )
$\tau_{\text{lifespan, lh}}$	lifespan of laying hens (in d), see Chapter 8.3.2

The share of UAN in the N excretions is calculated. The results are close to the EMEP standard value of 70 % (EMEP, 2016-3B-29, Table 3.9).

Table 8.6 gibt auch den XP-Gehalt von N-reduziertem Futter an. Informationen zur Verbreitung von N-angepasster Fütterung sind allerdings nicht verfügbar. Daher erfolgen die Ausscheidungsrechnungen für das Inventar durchgängig mit nicht N-reduziertem Futter.

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  $x_{\text{XP, eggs}}$ , z. B. 0,112 kg kg<sup>-1</sup> in GfE (2000, S. 58) und 0,121 kg kg<sup>-1</sup> im GEFLÜGELJAHRBUCH (2005, S. 212). Der für das Inventar verwendete Wert 0,119 kg kg<sup>-1</sup> beruht auf Angaben in LfL (2006a), Tabelle 8, zum N-Gehalt von Eiern.

Aus der Gewichtszunahme, der Lebensdauer als Legehennen und dem mittleren N-Gehalt der Tiere folgt für die N-Retention:

Der UAN-Gehalt im ausgeschiedenen N wird berechnet und liegt dicht beim EMEP-Standardwert von 70 % (EMEP, 2016-3B-29, Table 3.9).

### 8.3.8.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For all housing systems except cages or small group housing systems, N inputs with straw (bedding material) are taken into account. Based on the data provided in KTBL (2006), pg. 544, 546 and 548, an amount of straw fresh matter input of 0.5 kg per place and year is assumed to be a representative estimate.

For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

Für alle Haltungssysteme außer Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung wird ein N-Eintrag mit dem als Einstreu eingebrachten Stroh vorgesehen. Unter Berücksichtigung der Angaben in KTBL (2006), S. 544, 546 und 548 wird eine Einstreumenge von 0,5 kg Strohfrischmasse pro Platz und Jahr angenommen.

Zu Stroh-Eigenschaften siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

### 8.3.8.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

The various housing systems for laying hens are associated with different emission potentials (DÖHLER et al., 2002, S. 60).

Since submission 2011 the inventory takes into account only three housing system categories: cages/small

Die verschiedenen Legehennen-Haltungsformen sind mit unterschiedlichen Emissionspotentialen verbunden (DÖHLER et al., 2002, S. 60).

Seit der Submission 2011 beschränkt sich die Emissionsberichterstattung auf die Berücksichtigung dreier

group housing systems, aviary/floor management, and free range. The differentiation between cages/small group housing systems with dung pit, dung belt without drying and dung belt with drying which is relevant for emission calculations is implicitly accounted for by using a weighted mean emission factor (RÖSEMANN et al., 2011, pp 263/264). Due to the ban of traditional cages as of 2010, modified cage types are now used. These new housing systems are called “small group housing systems” in order to facilitate the differentiation between the former cages and the new housing systems (EURICH-MENDEN et al., 2011). The emission factors of cages and small group housing systems are different. As described above, from 2012 onwards housing systems and manure management techniques are not considered in the inventory; instead a weighted mean emission factor is used. Emission factors incorporated in the weighted mean are based on a national consensus (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe EURICH-MENDEN et al., 2011). The weighting reflects the frequencies of housing systems as derived from the agricultural census 2010 (LZ2010) by Statistisches Bundesamt.

The emission factors provided by DÖHLER et al. (2002) as well as by EURICH-MENDEN et al. (2011) refer to calculations of emissions per animal place. Therefore they had to be adjusted to the requirements of the inventory by converting them into emission factors related to N excretions. In the case of the emission factors provided by DÖHLER et al. (2002) this was done with the N excretion of  $0,74 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  according to DÖHLER et al., 2002, pg. 14A. The emission factors provided by EURICH-MENDEN et al. (2011) were converted on the basis of the DLG default N excretion of  $0,786 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  referring to a housing utilization of 94 % (see DLG, 2005, pg. 47). This is equivalent to  $0,836 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  for a housing utilization of 100 % as used in the inventory.

The housing systems “aviary” and “floor management with a one-time removal of manure per round” are differentiated in DÖHLER et al. (2002). From submission 2011 onwards both housing systems were combined to the housing system “aviary/floor management” (RÖSEMANN et al., 2011, pp 263/264). The emission factor of “floor management with a one-time removal of manure per round” is used in the inventory due to the fact that this housing system was considerable more common in the 1990s than the “aviary”. This turned into the opposite from 2010 onwards (EURICH-MENDEN B/KTBL, und HEIDENREICH TH/Sächsische Landesanstalt Köllitsch, personal communication). Therefore the emission factor for “aviary” is to be used for 2010 and subsequent years (KTBL-working group „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, see EURICH-MENDEN et al., 2011). As described for the housing system “aviary/floor management” the emission factors had to be converted by analogy.

On the basis of a national consensus 1,1 times the emission factor for “aviary/floor management” is applied in the inventory for “free range” (KTBL-working group „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, see EURICH-MENDEN et al., 2011).

Haltungsformen: Käfig/Kleingruppenhaltung, Voliere/Bodenhaltung sowie Freiland. Die emissionsrelevante Differenzierung zwischen Käfigen/Kleingruppenhaltung mit Kotgrube, belüftetem oder unbelüftetem Kotband geschieht implizit durch einen gewichteten mittleren Emissionsfaktor (RÖSEMANN et al., 2011, S. 263/264). Wegen des Verbotes der herkömmlichen Käfige ab 2010 werden inzwischen andersartig gestaltete Käfigformen eingesetzt, die zur Abgrenzung gegenüber den früher üblichen Käfigen als „Kleingruppenhaltung“ bezeichnet werden (EURICH-MENDEN et al., 2011) und auch abweichende Emissionsfaktoren aufweisen. Allerdings wird für die Emissionsberichterstattung ab 2012 auch bei der „Kleingruppenhaltung“ nicht zwischen den verschiedenen Käfigformen und ihren Kotentsorgungsvarianten unterschieden, sondern ein gewichteter mittlerer Emissionsfaktor verwendet. Die in die Mittelung eingehenden Emissionsfaktoren beruhen auf nationalem Konsens (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe EURICH-MENDEN et al., 2011). Die Gewichte entsprechen den Haltungsform-Anteilen, wie sie aus der Landwirtschaftszählung 2010 (LZ2010) des Statistischen Bundesamtes hervorgegangen sind.

Sowohl die in DÖHLER et al. (2002) als auch die in EURICH-MENDEN et al. (2011) angegebenen Emissionsfaktoren sind auf den Tierplatz bezogen und waren deshalb für die Inventarberechnungen auf einen Bezug auf die N-Ausscheidung umzurechnen. Dies geschah für die Emissionsfaktoren aus DÖHLER et al. (2002) mit dem dort angegebenen N-Ausscheidungswert von  $0,74 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$  (DÖHLER et al., 2002, S. 14A), während für die Umrechnung der Emissionsfaktoren aus EURICH-MENDEN et al. (2011) das DLG-Standardniveau der N-Ausscheidung zugrunde gelegt wurde. Dieser beläuft sich auf  $0,836 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  (abgeleitet aus  $0,786 \text{ kg N (pl} \cdot \text{a)}^{-1}$  bei 94 % Stallauslastung, siehe DLG, 2005, S. 47).

Die bei DÖHLER et al. (2002) getrennt aufgelisteten Haltungsformen „Voliere“ und „Bodenhaltung mit einmaliger Entmistung pro Durchgang“ wurden ab Submission 2011 (RÖSEMANN et al., 2011, S. 263/264) zu „Bodenhaltung/Voliere“ zusammengefasst. Als Emissionsfaktor wurde der für Bodenhaltung mit einmaliger Entmistung pro Durchgang gewählt, da diese Haltungsform in den 1990er Jahren deutlich häufiger vorkam als die Volierenhaltung. Dieses Verhältnis hat sich bis 2010 ins Gegenteil verkehrt (EURICH-MENDEN B/KTBL, und HEIDENREICH TH/Sächsische Landesanstalt Köllitsch, persönl. Mitteilung), so dass in der Submission 2012 ab dem Bezugsjahr 2010 der Emissionsfaktor für Volieren verwendet wird (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe EURICH-MENDEN et al., 2011). Auch hier war eine Umrechnung der Emissionsfaktoren auf die N-Ausscheidung erforderlich, die analog zum oben beschriebenen Vorgehen für die Käfighaltung/Kleingruppenhaltung erfolgte.

Für die Freilandhaltung wird dem nationalen Konsens entsprechend das 1,1-Fache des Emissionsfaktors für Bodenhaltung/Voliere verwendet (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, siehe EURICH-MENDEN et al., 2011).

Table 8.7 provides an overview of the emission factors used for the submission 2012.

Table 8.7 gibt einen Überblick über die ab der Submission 2012 eingesetzten Emissionsfaktoren.

**Table 8.7: Laying hens, partial emission factors for NH<sub>3</sub> losses from housing (in kg NH<sub>3</sub>-N per kg N excreted)**

years		≤ 2000	2001 - 2009	≥ 2010
cages; from 2010 onwards: small group housing systems	Käfighaltung; ab 2010: Kleingruppenhaltung	0.164		0.066
floor management, aviary	Bodenhaltung, Voliere	0.351	linear interpolation	0.090
free range, organic farming	Intensive Auslaufhaltung, Freilandhaltung, ökologische Erzeugung	0.099		

Sources: see text

For the partial NH<sub>3</sub>-N emission factor for storage, the value given in EMEP(2013)-3B-27, Table 3-7, is used: 0.14 kg kg<sup>-1</sup>. The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.3.3.2). Due to lack of more detailed informations, this emission factor is used for all poultry storage systems.

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage. The respective emission factors are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

The emission factor of NH<sub>3</sub> from manure spreading is given in Table 8.3.

The factors for direct N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for housing and storage. They are given in Table 8.2 (Chapter 8.2).

The emission factors for the separate storage type "anaerobic digestion of poultry manure" are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 14.5).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 14.4.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

Der partielle NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2013)-3B-27, Table 3-7, mit 0,14 kg kg<sup>-1</sup> angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.3.3.2). Der Emissionsfaktor wird mangels besserer Kenntnis für alle Lagerverfahren in der Geflügelhaltung angewendet.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Die NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren für die Ausbringung sind in Table 8.3 zu finden.

Die für Stall und Lager zusammen geltenden Emissionsfaktoren für direktes N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> sind Table 8.2 (Kapitel 8.2) zu entnehmen.

Die zum eigenständigen Lagertyp „Vergärung von Geflügelkot“ gehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 14.4.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktor wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

#### 8.3.8.4 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)



### 8.3.8.5 *Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of the emission factors and the the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Hinweis: Nur für Legehennen gibt es die Möglichkeit für Freilandaufenthalt.)

### 8.3.9 *Emissions of particulate matter / Partikelemissionen*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 8.8. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 8.8 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 8.8: Laying hens, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
all types	alle Systeme	0.19	0.04	0.003

Source: EMEP(2016)-3B-19, Table 3.5

### 8.3.10 *References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung*

**Table 8.9: Laying hens, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.21	
		NMVOC	EM1007.21	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.61	EM1009.63
		N <sub>2</sub> O	EM1009.111	
		NO	EM1009.141	
		TSP	EM1010.21	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.51	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.81	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.25	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.21	
		NMVOC	IEF1007.21	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.58	IEF1009.60
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.104	
		NO	IEF1009.132	
		TSP	IEF1010.20	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.48	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.76	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.01	AI1005POU.19
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.81	EXCR.82

## 8.4 Broilers / Masthähnchen und –hühnchen

Broilers are special chicken lines reared for meat production.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 8.10.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Masthähnchen und –hühnchen sind auf Fleischproduktion spezialisierte Hühnerrassen.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.10 genannten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 8.10: Broilers, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		no method
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 8.4.1 Animal numbers / Tierzahlen

Poultry numbers have been surveyed in each agricultural-structure surveys, i.e. until 1996 in each even year, from 1999 to 1997 in each odd year, 2010 in the LZ 2010 census (STATLA C III 1 – vj 4, see also Chapter 3.4.2.1), and 2013 and 2016 in agricultural structure surveys. For 2011 and 2012 no official poultry numbers are available. They were estimated by linear interpolation between 2010 and 2013. The striking increase of animal numbers between 2010 and 2013 is, for the most part, due to the fact that the number of farms questioned in 2013 was higher than in 2010 (see Chapter 3.4.2.1). For 2014 and 2015 again no official poultry numbers are available. The estimates for these two years are based on linear interpolation between 2013 and 2016.

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Geflügelzahlen wurden in jeder Agrarstrukturerhebung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren, 1999 bis 2007 in allen ungeraden Jahren, 2010 in der LZ 2010 (STATLA C III 1 – vj 4, siehe auch Kapitel 3.4.2.1) und 2013 sowie 2016 in einer Agrarstrukturerhebung. Für 2011 und 2012 wurden keine offiziellen Geflügelzahlen erhoben, weshalb sie durch lineare Interpolation zwischen 2010 und 2013 geschätzt wurden. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Für 2014 und 2015 hat das Statistische Bundesamt keine Geflügelzahlen erhoben; ihre Schätzung beruht auf einer linearen Interpolation zwischen 2013 und 2016.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

### 8.4.2 Meat production / Fleischproduktion

#### 8.4.2.1 Mean duration of fattening / Mittlere Mastdauer

In Germany there are different systems of broiler fattening with differing durations of fattening (see e. g. TÜLLER, 1989, and BERK, 2010). There are no statistical surveys of frequencies of fattening durations and no times series since 1990.

Based on recommendations for phase feeding and mean data of experimental studies in TÜLLER (1989) it is assumed that the typical duration of broiler fattening was 40 days in 1989. It seems plausible that this value also holds for 1990.

For 2010 it is concluded, based on data given in STREITZ (2008), that the so-called “Mittellangmast” with a fattening duration of 36 to 38 days can represent the mean conditions of broiler fattening. Hence it is assumed for the inventory that the mean fattening duration in 2010 was 37 days.

For the time after 2010 there is no evidence of a change in the duration of broiler fattening. Hence the 37 days estimated for 2010 are used for the years after 2010 as well.

Masthähnchen und –hühnchen wurden und werden in Deutschland unterschiedlich lange gemästet (siehe z. B. TÜLLER, 1989, und BERK, 2010). Es gibt keine statistischen Erhebungen zur Häufigkeit der verschiedenen Mastdauern und deren Zeitreihe seit 1990.

Anhand von Vorgaben für die Phasenfütterung sowie Durchschnittswerten von Versuchsreihen in TÜLLER (1989) wird für 1989 auf eine typische Mastdauer von 40 Tagen geschlossen. Dieser Wert wird auch für 1990 als gültig angesehen.

Für 2010 wurde in Anlehnung an Daten in STREITZ (2008) angenommen, dass die Mittellangmast mit einer Mastdauer von 36 bis 38 Tagen (siehe BERK, 2010) die mittlere Mastdauerhältnisse repräsentiert. Für das Inventar wurde daher für 2010 eine mittlere Mastdauer von 37 Tagen angesetzt.

Für die Zeit nach 2010 liegen keine Anhaltspunkte für eine Veränderung der Hähnchenmast vor. Daher wird die für 2010 geschätzte mittlere Mastdauer für die Jahre danach beibehalten.

The forementioned assumptions for the duration of broiler fattening were not used in the emission calculations but to estimate the emission-relevant feed conversion factor (see Chapter 8.4.7.2).

#### 8.4.2.2 *Animal weights / Tiergewichte*

##### 8.4.2.2.1 *Live weight / Lebendgewicht*

Official statistics do not report data on final live weights. Based on the estimates of mean fattening durations in Chapter 8.4.2.1, it is assumed that the mean final live weight was about 1.6 kg in 1990 and 2 to 2.2 kg in 2010. However, these values were not used in the emission calculations. The calculation of the mean poultry weight (see Chapter 8.9.1.2), that isn't used in the emission calculations as well, is based on a mean broiler live weight of 1 kg (rough estimate over the entire broiler lifetime).

Diese Annahmen zur Mastdauer gehen nicht unmittelbar in die Emissionsberechnung ein, sondern dienen der Schätzung des emissionsrelevanten Futterverwertungskoeffizienten (siehe Kapitel 8.4.7.2).

Die Officialstatistik berichtet keine Lebendendgewichte. Nach den Schätzungen der Mastdauer in Kapitel 8.4.2.1 wäre von einem mittleren Endgewicht von rund 1,6 kg (1990) bzw. 2 bis 2,2 kg (2010) auszugehen. Diese Werte gehen aber nicht in die Emissionsberechnung ein. Für die Berechnung des mittleren Geflügelgewichtes (siehe Kapitel 8.9.1.2), das ebenfalls nicht in die Emissionsberechnungen eingeht, wurde ein über die Lebensdauer eines Tieres gemittelt Gewicht von 1 kg unterstellt.

##### 8.4.2.2.2 *Broiler meat production and carcass weight / Hähnchenfleischproduktion und Ausschachtungsgrad*

The main input quantity for the emission calculations is the gross broiler meat production  $\Sigma w_{BMP, gross}$ . This quantity is not surveyed by German official statistics. However, data is 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). The estimates are based on national data provided by German statistics on the net production of broilers (they include the production in minor slaughter houses) as well as on import and export of broilers. The Federal Statistical Office judges the broiler production data provided by ZMP/MEG/AMI for 2006 and the years before to be realistic, while in subsequent years the the broiler production data provided by ZMP/MEG/AMI is likely to significantly underestimate the actual development.

Therefore an agreement was reached with the Federal Statistical Office to establish a time series of national gross broiler production as follows: The estimates of ZMP for the years 1990 to 1999 were used without alterations. For the years after 1999, a methodology to estimate gross broiler meat production was developed that fits the time series from 1990 to 1999 and is able to reproduce the subsequent time series until 2006 provided by ZMP/MEG/AMI as best as possible.

Table 8.11 shows the resulting total time series of gross broiler meat production used for establishment of the inventory. The calculation for the last year of the time series is always based on provisional input data; the definite result will be obtained only by the calculations for the next submission. For the same reason the value for the second last year of the time series has been modified in comparison to last year's submission.

Die zur Berechnung der Emissionen benötigten Brutto-Hähnchenfleischproduktion  $\Sigma w_{BMP, gross}$  wird durch die deutsche Officialstatistik nicht erhoben. Es liegen jedoch jährliche Schätzungen auf nationaler Ebene vor (ZMP "Eier und Geflügel", jährliche Reihe; für die Daten ab 2005 MEG/AMI „Eier und Geflügel“, jährliche Reihe). Die Schätzungen beruhen auf nationalen Daten des Statistischen Bundesamtes zur Netto-Eigenerzeugung von Jungmasthühnern (incl. einer Zuschätzung für die Netto-Erzeugung in kleinen Schlachtbetrieben) sowie der Ein- und Ausfuhr von Jungmasthühnern. Nach Einschätzung des Statistischen Bundesamts sind die ZMP/MEG/AMI-Werte der Brutto-Hähnchenfleischproduktion bis 2006 einschließlich als realistisch einzustufen, während die Werte in den Jahren danach die tatsächliche Entwicklung wahrscheinlich deutlich unterschätzen.

Daher wurde mit dem Statistischen Bundesamt folgendes Konzept zur Erstellung einer Zeitreihe der nationalen Brutto-Hähnchenfleischproduktion vereinbart: Die Schätzwerte von ZMP für 1990 - 1999 werden direkt verwendet. Für die Jahre danach wurde mit dem Statistischen Bundesamt ein Schätzverfahren entwickelt, das nahtlos an die ZMP-Werte 1990 bis 1999 anschließt und die noch als verlässlich eingestuften ZMP/MEG-Werte bis 2006 bestmöglich reproduziert.

Table 8.11 zeigt die resultierende, in der Emissionsberechnung verwendete Zeitreihe der Brutto-Hähnchenfleischproduktion. Dabei beruht die Berechnung für das letzte Jahr der Zeitreihe immer auf vorläufigen Eingabedaten; das endgültige Ergebnis kann erst im Rahmen der nächsten Submission ermittelt werden. Aus dem gleichen Grund wurde der Wert für das vorletzte Jahr der Zeitreihe gegenüber der letztjährigen Submission aktualisiert.

**Table 8.11: Broilers, national total of German broiler meat production (in Gg a<sup>-1</sup>)**

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
535.3	562.0	571.9	618.5	702.7	740.9	749.2	826.6	881.3	956.7
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
1065.7	1156.0	1178.3	1212.9	1268.0	1298.8	1286.7			

For data sources see text.

### 8.4.3 Feed intake / Futteraufnahme

The usual multiphase feeding in practice can not be represented in the inventory due to the lack of statistical surveys on the characteristics of the feeding. The inventory is therefore based on the concept of an average feed conversion coefficient and average feed properties.

Accordingly, starting from the gross broiler production according to Chapter 8.4.2.2.2, the annual feed intake for the average animal area (definition see Chapter 3.1.2.2) is calculated as follows, whereby the low initial weight of the animals is conservatively neglected:

$$m_{F, FM} = x_{\text{feed, br}} \cdot \frac{1}{n_{\text{br}}} \cdot \frac{\Sigma w_{\text{BMP, gross}}}{x_{\text{br, cw}}} \quad (8.13)$$

$m_{F, FM}$	annual feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{\text{feed, br}}$	mean feed conversion factor: diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below
$n_{\text{br}}$	annual mean number of animal places (see Chapter 8.4.1)
$\Sigma w_{\text{BMP, gross}}$	gross broiler meat production, see Chapter 8.4.2.2.2
$x_{\text{br, cw}}$	relative carcass weight, i. e. ratio of carcass weight to final live weight (in kg kg <sup>-1</sup> )

A relative carcass weight of  $x_{\text{br, cw}} = 0.73 \text{ kg kg}^{-1}$  is used (Federal Statistical Office, personal communication).

This immediately leads to the annual intake of dry matter:

$$m_{F, DM} = x_{DM} \cdot m_{F, FM} \quad (8.14)$$

$m_{F, DM}$	annual feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{F, FM}$	annual feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$x_{DM}$	dry matter content of feed (kg kg <sup>-1</sup> ), see below

The dry matter content of feed is assumed to be 88 %.

The feed conversion factor  $x_{\text{feed, br}}$  increases with the duration of fattening; however, it has generally decreased since 1990 due to progress in broiler rearing. Based on the data in TÜLLER (1989) and the assumption of a mean fattening duration of 40 days (see Chapter 8.4.2.1), a feed conversion factor of  $1.87 \text{ kg kg}^{-1}$  was derived for 1990. For 2010 a feed conversion factor of  $1.72 \text{ kg kg}^{-1}$  was derived; it is based on the assumption of a fattening duration of 37 days (see Chapter 8.4.2.1) and data of BERK (2010). These feed conversion factors were linearly interpolated between 1990 and 2010. For the time after 2010 there is no evidence of a change

Die in der Praxis übliche Mehrphasenfütterung kann im Inventar nicht abgebildet werden, da statistische Erhebungen zu den Fütterungskennwerten fehlen. Das Inventar stützt sich daher auf das Konzept eines mittleren Futterverwertungskoeffizienten sowie mittlere Futtereigenschaften.

Demnach wird, ausgehend vom Bruttoschlachtfleischprodukt nach Kapitel 8.4.2.2.2, die jährliche Futteraufnahme für den mittleren Tierplatz (Definition siehe Kapitel 3.1.2.2) wie folgt berechnet, wobei in konservativer Weise das geringe Anfangsgewicht der Tiere vernachlässigt wird:

Der Ausschlagungsgrad  $x_{\text{br, cw}}$  wird mit  $0,73 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt (Statistisches Bundesamt, persönliche Mitteilung M. Dieterle).

Daraus ergibt sich direkt die jährliche Trockenmasseaufnahme:

Der Trockenmassegehalt des Futters wird mit 88 % angesetzt.

Der Koeffizient für die Futterverwertung ( $x_{\text{feed, br}}$ ) wächst mit der Mastdauer an; generell aber hat sich sein Niveau durch züchterische Maßnahmen seit 1990 verringert. Anhand der Daten in TÜLLER (1989) wurde für 1990 bei einer mittleren Mastdauer von 40 Tagen (siehe Kapitel 8.4.2.1) ein Futterverwertungskoeffizient von  $1,87 \text{ kg kg}^{-1}$  abgeleitet. Für 2010 ergab sich für die unterstellte mittlere Mastdauer von 37 Tagen (siehe Kapitel 8.4.2.1) nach BERK (2010) ein Futterverwertungskoeffizient von  $1,72 \text{ kg kg}^{-1}$ . Diese Werte wurden zwischen 1990 und 2010 linear interpoliert. Für die Zeit nach 2010 liegen keine Anhaltspunkte für eine Veränderung der

in the duration of broiler fattening. Hence the 2010 feed conversion factor is kept for the years after 2010.

Additional feed properties are needed for the calculation of excretions of VS and N:

No data are available for the digestibility of energy  $X_{DE, br}$ . Hence, the value used for pullets is used instead ( $X_{DE, br} = 0.779 \text{ MJ MJ}^{-1}$ ).

The digestibility of organic matter  $X_{DOM, br}$  is likewise not known. It is replaced by  $X_{DE, br}$ . Due to the fact that the digestibility of energy is somewhat lower than of organic matter this assumption leads to a slight overestimation of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management.

The ash content of feed amounts 6,5 % of fresh matter (RHG, 2006), i. e. 7,4 % of dry matter (based on a matter content of 88 %).

Due to lack of information, the aforementioned feed properties are assumed to be constant with time and space.

In contrast to that, the mean content of raw protein ( $x_{XP, feed}$ ) is estimated as time series using data given in HAENEL UND DÄMMGEN (2009a), see Table 8.12. The content of raw protein is needed for the calculation of N intake with feed, see Chapter 8.4.7.2. The 2007 content of raw protein of standard diets can be assumed to be representative also for the subsequent years (cf. HALLE UND TZSCHENTKE, 2009; SIMON UND STEGEMANN, 2009; DAMME UND LEMME, 2010; HILLER ET AL., 2011; HILLER UND NANNEN, 2015). After 2015 new information is not yet available; hence the value of raw protein content keeps on being used.

Dividing  $x_{XP, feed}$  by 6.25 yields the N content.

Hähnchenmast vor. Daher wird der Futterverwertungskoeffizient von 2010 für die Jahre danach beibehalten.

Für die Berechnung von VS- und N-Ausscheidung werden weitere Futtereigenschaften benötigt:

Für die Verdaulichkeit von Energie  $X_{DE, br}$  konnten keine Daten ermittelt werden, weshalb der Junghennen-Wert  $0,779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  verwendet wird.

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM, br}$  ist ebenfalls nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{DE, br}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der Aschegehalt des Futters beträgt nach RHG (2006) 6,5 % der Frischmasse. Bezogen auf einen Trockenmassegehalt von 88 % entspricht dies 7,4 %.

Mangels besserer Informationen werden die vorgenannten Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Der für die Berechnung der N-Aufnahme mit dem Futter (siehe Kapitel 8.4.7.2) benötigte mittlere Rohproteingehalt des Futters ( $x_{XP, feed}$ ) wird dagegen unter Bezug auf HAENEL UND DÄMMGEN (2009a) als Zeitreihe definiert, siehe Table 8.12. Der Rohproteingehalt von 2007 kann dabei auch für die nachfolgenden Jahre als repräsentativ für Standardfutterrationen angesehen werden (vgl. HALLE UND TZSCHENTKE, 2009; SIMON UND STEGEMANN, 2009; DAMME UND LEMME, 2010; HILLER ET AL., 2011; HILLER UND NANNEN, 2015). Nach 2015 liegen noch keine Informationen vor, so dass der Wert des Rohproteingehalts weiterhin konstant beibehalten wird.

Division von  $x_{XP, feed}$  durch 6,25 ergibt den N-Gehalt.

**Table 8.12: Broilers, time series of mean raw protein content in feed  $x_{XP, feed}$  ( $\text{kg kg}^{-1}$ ), related to fresh matter**

<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>
0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.220
<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
0.220	0.220	0.220	0.210	0.210	0.210	0.205	0.205	0.205	0.205
<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>			
0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205			

Sources: see text.

#### 8.4.4 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).

#### 8.4.5 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$\text{CH}_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the required data see Chapter 8.4.3.

The manure of broilers is stored as solid.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conver-

Zur Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Für die erforderlichen Daten siehe Kapitel 8.4.3.

Der Mist von Masthähnchen und –hähnchen wird trocken gelagert.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungs-kapazität  $B_0$   $0,36 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  und der Me-

sion factor  $MCF$  are  $0.36 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  and  $0.015 \text{ kg kg}^{-1}$  respectively. (IPCC 1996 does not differentiate between various species among poultry.)

The  $MCF$  for anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

German data on the uncertainty of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

#### 8.4.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

than-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen  $0,015 \text{ kg kg}^{-1}$ . (In IPCC(1996) finden sich keine nach Geflügelart differenzierten Angaben.)

Der  $MCF$ -Wert für die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestlagerung wird berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

#### 8.4.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of the emissions of nitrogen species is based on the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $\text{N}_{\text{org}}$  in UAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage (see Chapter 3.3.4.4.1).

Die Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $\text{N}_{\text{org}}$  in UAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

##### 8.4.7.1 N excretion / N-Ausscheidung

N excretions are calculated as a function of performance and feed properties.

The annual N excretion on an average animal place (for the definition of the average animal place see Chapter 3.1.2.2) results from N mass balance. As input data are constant in space, the calculated N excretion is the same for all federal states.

Die Ausscheidungen werden in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung berechnet.

Die jährliche N-Ausscheidung auf einem mittleren Tierplatz (zur Tierplatzdefinition siehe Kapitel 3.1.2.2) wird über die N-Bilanz errechnet. Mangels räumlicher Differenzierung der Eingangsdaten ist das Ergebnis für alle Bundesländer gleich.

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (8.15)$$

$m_{\text{excr}}$	amount of nitrogen excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), see Chapter 8.4.7.1
$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), see Chapter 8.4.7.2
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ), see Chapter 8.4.7.3

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:

$$\text{UAN}_{\text{excr}} = X_{\text{XP}} \cdot m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (8.16)$$

$\text{UAN}_{\text{excr}}$	amount of UAN excreted (in $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ )
$X_{\text{XP}}$	crude protein digestibility $X_{\text{XP}}$ (in $\text{kg kg}^{-1}$ )



$m_{\text{feed}}$	amount of nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), see Chapter 8.4.7.3

As  $X_{\text{XP}}$  is not available, the digestibility of energy  $X_{\text{DE}}$  is used. It is assumed that it can be adopted from pullets (see Chapter 8.5.8.1) as, at the time being, no data is available for broilers.

In Ermangelung von  $X_{\text{XP}}$  wird ersatzweise mit der Verdaulichkeit von Energie  $X_{\text{DE}}$  gerechnet. Der Wert hierfür wird von den Junghennen (siehe Kapitel 8.5.8.1) übernommen, da für Masthähnchen und -hühnchen derzeit kein  $X_{\text{DE}}$ -Wert verfügbar ist.

#### 8.4.7.2 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter

The annual amount of N taken in with feed can be calculated from the amount of feed and the crude protein (XP) content of the feed:

Die Menge des jährlich mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs berechnet sich mithilfe von Futtermenge und Rohprotein-(XP-)Gehalt:

$$m_{\text{feed}} = x_{\text{N,XP}} \cdot x_{\text{XP,feed}} \cdot m_{\text{F,FM}} \quad (8.17)$$

$m_{\text{feed}}$	annual nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$x_{\text{N,XP}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$x_{\text{XP,feed}}$	crude protein content of feed, related to fresh matter (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see Chapter 8.4.3
$m_{\text{F,FM}}$	annual feed intake, fresh matter (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ ), see Chapter 8.4.3

No information is available on the frequencies of N reduced feed usage. Hence, the N excretion calculations are based on the assumption of a nationwide used "normal" feed composition, see Table 8.12.

Mangels Informationen zur Verbreitung von N-angepasster Fütterung erfolgen die Ausscheidungsrechnungen für das Inventar durchgängig mit nicht N-reduziertem Futter (siehe Table 8.12).

#### 8.4.7.3 N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper

In order to calculate the N excretion in Chapter 8.4.7.1 the N retention per animal place and year ( $m_{\text{g}}$ ) must be known. It is calculated as follows:

Zur Berechnung der N-Ausscheidung in Kapitel 8.4.7.1 wird die N-Retention pro Tierplatz und Jahr ( $m_{\text{g}}$ ) benötigt. Diese berechnet sich wie folgt:

$$m_{\text{g}} = x_{\text{N,ret}} \cdot \frac{1}{n_{\text{br}}} \cdot \frac{\sum w_{\text{BMP,gross}}}{x_{\text{br,cw}}} \quad (8.18)$$

$m_{\text{g}}$	amount of nitrogen retained with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$x_{\text{N,ret}}$	specific N retention as function of duration of fattening, gender-averaged (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see below
$n_{\text{br}}$	mean annual number of animal places (see Chapter 8.4.1)
$\sum w_{\text{BMP,gross}}$	gross broiler meat production, see Chapter 8.4.2.2.2
$x_{\text{br,cw}}$	relative carcass weight, i. e. ratio of carcass weight to final live weight (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see Chapter 8.4.2.2.2

LFL (2006a), Table 8, quantify the specific N retention with  $x_{\text{N,ret}} = 0.035 \text{ kg kg}^{-1}$ . The description of broilers by GfE (2000, Table 2.3.1) suggests a smaller specific N retention, depending on animal age and, to some extent, on its gender. If the dependency on gender is neglected, the mean specific N retention of broilers can well be approximated by a function of the fattening duration (HAENEL and DÄMMGEN, 2009a). This function is valid for fattening durations between 21 und 56 days:

Nach LfL (2006a), Tabelle 8, ist die spezifische N-Retention  $x_{\text{N,ret}} = 0,035 \text{ kg kg}^{-1}$ . Tabelle 2.3.1 in GfE (2000,) deutet auf eine niedrigere spezifische N-Retention hin, die alters- und in geringem Maße geschlechtsabhängig ist. Unter Vernachlässigung der Geschlechtsabhängigkeit ergibt sich in guter Näherung eine Formel für die mittlere spezifische N-Retention, die für Haltungsdauern von 21 bis 56 Tage anwendbar ist (HAENEL und DÄMMGEN, 2009a):

$$x_{\text{N,ret}} = a_{\text{ret}} + b_{\text{ret}} \cdot k_{\text{fin}} + c_{\text{ret}} \cdot k_{\text{fin}}^2 \quad (8.19)$$

$x_{\text{N,ret}}$	specific N retention as function of duration of fattening, gender-averaged (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$k_{\text{fin}}$	number of final day of fattening period
$a_{\text{ret}}$	constant ( $a_{\text{ret}} = 2.3806 \cdot 10^{-2} \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ )
$b_{\text{ret}}$	constant ( $b_{\text{ret}} = 2.5244 \cdot 10^{-4} \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ )
$c_{\text{ret}}$	constant ( $c_{\text{ret}} = -1.9964 \cdot 10^{-6} \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ )



Based on a mean fattening duration of 40 days in 1990 (see Chapter 8.4.2.1), Equation (8.19) yields a N retention of  $x_{N, \text{ret}} = 0.0304 \text{ kg kg}^{-1}$ . For 2010, with a mean fattening duration of 37 days, one obtains  $x_{N, \text{ret}} = 0.0307 \text{ kg kg}^{-1}$ . In order to avoid underestimation of N excretions (and, as a consequence, N emissions) the inventory calculation used  $x_{N, \text{ret}} = 0.03 \text{ kg kg}^{-1}$ .

#### 8.4.7.4 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. According to KTBL (2006), pg. 586, an amount of straw fresh matter input of 1.4 kg per place and year is assumed.

For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

Nach Kapitel 8.4.2.1 beträgt die mittlere Mastdauer für 1990 40 Tage und für 2010 37 Tage. Nach Gleichung (8.19) ergibt sich damit  $x_{N, \text{ret}} = 0,0304 \text{ kg kg}^{-1}$  für 1990 und  $x_{N, \text{ret}} = 0,0307 \text{ kg kg}^{-1}$  für 2010. Zu Vermeidung einer Unterschätzung der N-Ausscheidung (und damit der N-Emissionen) wurden die Inventarberechnungen mit  $x_{N, \text{ret}} = 0,03 \text{ kg kg}^{-1}$  durchgeführt.

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Nach KTBL (2006), S. 586, wird eine Einstreumenge von 1,4 kg Strohfrischmasse pro Platz und Jahr angenommen

Zu Stroh-Eigenschaften siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

#### 8.4.7.5 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

The partial  $\text{NH}_3$ -N emission factor is based on emission factors collated by the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, EURICH-MENDEN et al., 2011). However, as these emission factors are defined per place and year and depend on the duration of the fattening period (see Table 8.13) they had to be recalculated in order to obtain a partial emission factor related to N excreted. The recalculation is demonstrated in Table 8.13. The resulting two emission factors only slightly differ with the duration of the fattening period. Hence it is assumed that for the inventory the partial  $\text{NH}_3$  emission factor can be taken as a constant which is set to the higher value listed in Table 8.13.

Der partielle  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktor für den Stall basiert auf den Ergebnissen der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (EURICH-MENDEN et al., 2011), die die  $\text{NH}_3$ -Emission pro Tierplatz und Jahr in Abhängigkeit von der Mastdauer angibt, siehe Table 8.13. Für das Inventar ist eine Umrechnung von  $\text{NH}_3$  auf  $\text{NH}_3$ -N sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge erforderlich. Table 8.13 zeigt diese Umrechnung. Die beiden resultierenden Emissionsfaktoren unterscheiden sich so wenig, dass davon auszugehen ist, dass der auf die N-Ausscheidung bezogene Emissionsfaktor *keine* Funktion der Mastdauer ist. Für das Inventar wird daher in konservativer Wahl der höhere der beiden in Table 8.13 berechneten Emissionsfaktoren verwendet.

**Table 8.13: Broilers, derivation of partial emission factors for  $\text{NH}_3$ -N losses from housing**

Fattening period d	EF <sup>a</sup> kg $\text{NH}_3$ (pl · a) <sup>-1</sup>	EF <sup>b</sup> kg $\text{NH}_3$ -N (pl · a) <sup>-1</sup>	Standard N excretion <sup>c</sup> kg N (pl · a) <sup>-1</sup>	EF related to standard N excretion kg $\text{NH}_3$ -N (kg N <sub>excr</sub> ) <sup>-1</sup>	EF used in the inventory kg $\text{NH}_3$ -N (kg N <sub>excr</sub> ) <sup>-1</sup>
33	0.035	0.029	0.319	0.090	0.090
42	0.0486	0.040	0.469	0.085	

<sup>a</sup> Source: EURICH-MENDEN et al. (2011)

<sup>b</sup> Source: EURICH-MENDEN et al. (2011), data multiplied by 14/17 to transform from  $\text{NH}_3$  to  $\text{NH}_3$ -N units

<sup>c</sup> Source: DLG (2005), pg. 49/50

For the partial  $\text{NH}_3$ -N emission factor for storage, the value given in EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, is used:  $0.17 \text{ kg kg}^{-1}$ . The factor relates to the UAN amount entering the storage. (For UAN see Chapter 3.3.3.2).

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage. The respective emission factors are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

For spreading a  $\text{NH}_3$ -N emission factor of  $0.45 \text{ kg kg}^{-1}$  related to UAN is chosen, reflecting the fact that incorporation is likely within 24 hours (see Table 8.3).

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 8.2, Table 8.2.

The emission factors for the separate storage type “anaerobic digestion of poultry manure” are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

Der partielle  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, mit  $0,17 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.3.3.2).

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Für die Ausbringung wird ein partieller  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktor von  $0,45 \text{ kg kg}^{-1}$  in Bezug auf vorhandenes UAN angesetzt (vgl. Table 8.3, Einarbeitung innerhalb 24 Stunden).

Die Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  gelten für Stall und Lager zusammen, siehe Kapitel 8.2, Table 8.2.

Die zum eigenständigen Lagertyp „Vergärung von Geflügelkot“ gehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 14.5).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor for the combination "housing/storage" see Chapter 14.4.1. Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ siehe Kapitel 14.4.1. Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

#### 8.4.7.6 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 8.4.7.7 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Hinweis: Nur für Legehennen gibt es die Möglichkeit für Freilandaufenthalt („Weidegang“).)

#### 8.4.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 8.14. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 8.14 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 8.14: Broilers, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.04	0.02	0.002

Source: EMEP(2016)-3B-19, Table 3.5

#### 8.4.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

The subsequent table lists the references to information provided in the data collection (see Chapter 2.4).

Die nachfolgende Tabelle enthält Verweise auf die Informationen in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

**Table 8.15: Broilers, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.22	
		NM VOC	EM1007.22	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.64	EM1009.66
		N <sub>2</sub> O	EM1009.112	
		NO	EM1009.142	
		TSP	EM1010.22	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.52	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.82	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.26	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.22	
		NM VOC	IEF1007.22	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.61	IEF1009.63
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.105	
		NO	IEF1009.133	
		TSP	IEF1010.21	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.49	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.77	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.20	AI1005POU.34
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.83	EXCR.84

## 8.5 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 methods compiled in Table 8.16.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Junghennen sind Hennen zwischen Schlüpfen und Einstellung als Legehennen (18. Lebenswoche). Junghennen legen noch keine Eier.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.16 zusammengestellten Methoden

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 8.16: Pullets, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 8.5.1 Animal numbers / Tierzahlen

Poultry numbers have been surveyed in each agricultural-structure surveys, i.e. until 1996 in each even year, from 1999 to 1997 in each odd year, 2010 in the LZ 2010 census (STATLA C III 1 – vj 4, see also Chapter 3.4.2.1), and 2013 and 2016 in agricultural structure surveys. For 2011 and 2012 no official poultry numbers are available. They were estimated by linear interpolation between 2010 and 2013. The striking increase of animal numbers between 2010 and 2013 is, for the most part, due to the fact that the number of farms questioned in 2013 was higher than in 2010 (see Chapter 3.4.2.1). For 2014 and 2015 again no official poultry numbers are available. The estimates for these two years are based on linear interpolation between 2013 and 2016.

Before 2010 the German census differentiated hens according to animal age: Hens younger than half a year and hens older than half a year. This means: In official surveys including 2007, young chickens up to the age of six months were counted as pullets, although in common husbandry practice pullets are considered laying hens when they complete their 18th week of life. For the inventory, therefore, a fraction of the pullets was shifted into the laying-hen category up to and including 2007. This correction assumed that the number of pullets produced be equal to the number of hens slaughtered. In addition, the sum of the recalculated numbers of pullets and laying hens had to be equal to the total of animal numbers in both poultry categories. The subsequent equation describes the resulting modification of the laying hen numbers:

Geflügelzahlen wurden in jeder Agrarstrukturhebung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren, 1999 bis 2007 in allen ungeraden Jahren, 2010 in der LZ 2010 (STATLA C III 1 – vj 4, siehe auch Kapitel 3.4.2.1) und 2013 sowie 2016 in einer Agrarstrukturhebung. Für 2011 und 2012 wurden keine offiziellen Geflügelzahlen erhoben, weshalb sie durch lineare Interpolation zwischen 2010 und 2013 geschätzt wurden. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Für 2014 und 2015 hat das Statistische Bundesamt keine Geflügelzahlen erhoben; ihre Schätzung beruht auf einer linearen Interpolation zwischen 2013 und 2016.

Vor 2010 wurde bei der Erfassung von Hennen in Deutschland danach unterschieden, ob die Tiere jünger oder älter als ein halbes Jahr sind. Das bedeutet: Weibliche Jungtiere wurden bis einschließlich der Erhebung 2007 entgegen der Haltungspraxis (Aufstallung als Legehennen bereits nach der 18. Woche, wie es im Inventar auch berücksichtigt ist) offiziell bis zu einem Alter von 6 Monaten als Junghennen gezählt. Daher wurde für das Inventar bis einschließlich 2007 ein Teil der Junghennen in die Legehennen-Kategorie verschoben, wobei die Gesamtsumme aus Jung- und Legehennen nicht verändert wurde. Für diese Modifizierung der Tierzahlen wurde angenommen, dass genau so viele Junghennen aufgezogen werden, dass frei werdende Legehennenplätze wieder besetzt werden können. Die nachstehende Gleichung beschreibt diese Berechnung:

$$n_{pu} = (n_{AA} + n_{AB}) \cdot \frac{\tau_{round, pu}}{\tau_{round, lh} + \tau_{round, pu}} \quad (8.20)$$

$n_{pu}$	modified of pullet places considered, used in the inventory for the years 1990 - 2007
$n_{AA}$	animal place numbers of type AA in the German census until 2007, see Table 8.1
$n_{AB}$	animal place numbers of type AB in the German census until 2007, see Table 8.1
$\tau_{round, lh}$	duration of round for laying hens ( $\tau_{round, lh} = 441$ d), see Chapter 8.3.2
$\tau_{round, pu}$	duration of round for pullets ( $\tau_{round, pu} = 142$ d), see Chapter 8.5.2

The next official survey after 2007 took place in 2010. As of this survey the numbers of pullets and laying hens were counted according to husbandry practice. Hence no animal number shifting is applied as of the 2010 survey and the laying hen numbers are  $n_{pu} = n_{AB}$ .

The animal numbers between 2007 and 2010 were estimated by linear interpolation where the underlying animal numbers of 2007 had been modified before as described above.

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Die nächste Geflügelzählung nach 2007 fand 2010 statt. Ab dieser Zählung wurden die Tierzahlen von Junghennen und Legehennen entsprechend der Hal- tungspraxis erhoben. Daher entfällt ab 2010 eine Um- rechnung nach Gleichung (8.20) und es gilt  $n_{pu} = n_{AB}$ .

Die Tierzahlen zwischen 2007 und 2010 wurden durch lineare Interpolation geschätzt, wobei für 2007 die oben beschriebenen modifizierten Tierzahlen zu- grunde gelegt wurden.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

### 8.5.2 Animal weights and husbandry details / Tiergewichte und Haltungsdetails

Lifespan, duration of production cycle, animal weights (start weight, final weight) and egg weights are not surveyed officially. Hence other data sources are needed for the emission inventory calculations.

According to the date of adoption as laying hen (see KTBL, 2004, pg. 481) the lifespan of a pullet ( $\tau_{lifespan, pu}$ ) is assumed to be 128 d. This leads to a production cycle of  $\tau_{round, pu} = 142$  d, if a cleansing time of 14 days is taken into account (see HAENEL et al., 2007a). The start weight is 45 g, see DAENISCHESSEN (2006). The final weight of pullets equals the start weight of laying hens, see Chap- ter 8.3.2.

Lebensdauer, Anfangs- und Endgewicht sowie Eige- wicht werden nicht offiziell erhoben, so dass für das Emissionsinventar andere Datenquellen herangezogen werden müssen.

Die Lebensdauer ( $\tau_{lifespan, pu}$ ) wird nach dem Termin für die Einstellung als Legehenne (siehe KTBL, 2004, S. 481) mit 128 Tagen angesetzt. HAENEL et al. (2007a) leiteten daraus unter Annahme einer Reinigungsdauer von 14 Tagen eine Durchgangsdauer von  $\tau_{round, pu} = 142$  d ab. Für das Anfangsgewicht gibt DAENISCHESSEN (2006) 45 g an. Als Endgewicht entspricht dem Anfangsgewicht der Legehennen (siehe Kapitel 8.3.2).

### 8.5.3 Energy requirements /Energiebedarf

The overall requirements of daily metabolisable en- ergy requirements per place (averaged over the lifespan as pullet) are given by the following relation:

$$ME_{pu} = ME_m + ME_f + ME_g \quad (8.21)$$

$ME_{pu}$	daily requirements of metabolisable energy (in MJ $pl^{-1} d^{-1}$ )
$ME_m$	daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ $pl^{-1} d^{-1}$ )
$ME_f$	daily metabolisable energy needed to obtain food (in MJ $pl^{-1} d^{-1}$ )
$ME_g$	daily metabolisable energy consumed for growth (in MJ $pl^{-1} d^{-1}$ )

Assuming a feed intake according to the require- ments, the mean daily requirements of metabolizable energy can be calculated from the amount of feed in- take and the ME content of the feed:

Für den über die Lebensdauer als Junghenne gemit- telten Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz gilt:

$$ME_{pu} = \eta_{ME, feed} \cdot m_{F, FM} \quad (8.22)$$

$ME_{pu}$	daily requirements of metabolisable energy (in MJ $pl^{-1} d^{-1}$ )
$\eta_{ME, feed}$	content of metabolisable energy in pullet diet, related to fresh matter (in MJ $kg^{-1}$ ), see Chapter 8.5.4
$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in $kg pl^{-1} d^{-1}$ ), see Chapter 8.5.4

### 8.5.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

Pullets are normally fed in four to five phases, at least in two phases.

KTBL (2006), pg. 576, provides the amount of feed required for 4 phases, see Table 8.17. As no data on the intake of metabolizable energy (ME) is mentioned by

Die Junghennen-Fütterung erfolgt in der Regel in vier bis fünf Phasen, mindestens aber in zwei Phasen.

KTBL (2006), S. 576, gibt den Futterbedarf für 4 Pha- sen an, siehe Table 8.17. Da KTBL keine entsprechenden Angaben zur Aufnahme an umsetzbarer Energie (ME)

KTBL, Table 8.17 was complemented with data on the content of metabolizable energy provided by HALLE (2002), Table 1. This leads to a weighted mean ME content of the feed of  $\eta_{ME, feed} = 11.22 \text{ MJ kg}^{-1}$  (related to fresh matter).

macht, wurde Table 8.17 mit Daten zum Gehalt an umsetzbarer Energie nach HALLE (2002), Tabelle 1, ergänzt. Daraus folgt als gewichtetes Mittel des ME-Gehaltes im Futter  $\eta_{ME, feed} = 11,22 \text{ MJ kg}^{-1}$  (bezogen auf Frischmasse).

**Table 8.17: Pullets, phase-related diet mass intake (fresh matter) and ME contents of feed**

phase	lifetime period, weeks	total of diet intake per phase (fresh matter) <sup>a</sup> kg	ME content <sup>b</sup> MJ kg <sup>-1</sup>
1	1 to 3	0.350	11.29
2	4 to 8	1.302	11.29
3	9 to 15	2.933	11.20
4	16 to 18	1.596	11.20
overall	1 to 18	6.181	11.22 <sup>c</sup>

Sources: <sup>a</sup> KTBL (2006), pg. 576; <sup>b</sup> HALLE (2002), Table 1; <sup>c</sup> weighted mean

The daily feed intake (fresh matter) is calculated as follows (average over the lifespan as pullet):

Für die tägliche Futteraufnahme (Frischmasse) gilt (Mittelwert über Junghennen-Lebensdauer):

$$m_{F, FM} = x_{feed, pu} \cdot \frac{\Delta w_{pu}}{\tau_{lifespan, pu}} \quad (8.23)$$

$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$x_{feed, pu}$	pullet diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below
$\Delta w_{pu}$	weight gain during lifetime as pullet (in kg an <sup>-1</sup> ), see Chapter 8.5.2
$\tau_{lifespan, pu}$	duration of lifetime as pullet (in d), see Chapter 8.5.2

For the weight gain-related amount of feed intake (fresh matter) the inventory uses  $x_{feed, pu} = 5.12 \text{ kg kg}^{-1}$  (see HAENEL and DÄMMGEN, 2007a).

This leads to the daily intake of dry matter (average over all days of a production cycle):

Für die auf den Gewichtszuwachs bezogene Futteraufnahme (Frischmasse) rechnet das Inventar mit  $x_{feed, pu} = 5,12 \text{ kg kg}^{-1}$ , siehe HAENEL und DÄMMGEN (2007a).

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

$$m_{F, DM} = x_{DM} \cdot m_{F, FM} \quad (8.24)$$

$m_{F, DM}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> )
$x_{DM}$	dry matter content of feed (kg kg <sup>-1</sup> ), see below

The inventory assumes a dry matter content of pullet feed of  $0.88 \text{ kg kg}^{-1}$  and a nitrogen content of  $0.0247 \text{ kg kg}^{-1}$  (related to dry matter). Both values are based on the feed compositions described in HALLE (2002), Table 1, and the dry matter and raw protein contents of the various feed components as given in BEYER et al. (2004). By analogy, the GE and DE values provided by BEYER et al. (2004) lead to a mean specific GE content of  $\eta_{GE, feed} = 15.77 \text{ MJ kg}^{-1}$  and a mean specific DE content of  $\eta_{DE, feed} = 12.28 \text{ MJ kg}^{-1}$  (both related to fresh matter) which results in a digestibility of energy  $X_{DE} = 0.779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  and a metabolizability of energy  $X_{ME} = 0.711 \text{ MJ MJ}^{-1}$  (HAENEL and DÄMMGEN, 2007a).

The digestibility of organic matter  $X_{DOM}$  is unknown. It is replced with  $X_{DE}$ . As the digestibility of energy is somewhat lower than that of organic matter, the assumption  $X_{DOM} \approx X_{DE}$  leads to a slight overestimation of CH<sub>4</sub> emissions from manure management.

Das Inventar rechnet für das Junghennenfutter mit einem Trockenmassegehalt von  $0,88 \text{ kg kg}^{-1}$  und einem auf Trockenmasse bezogenen N-Gehalt von  $0,0247 \text{ kg kg}^{-1}$ . Beide Werte ergeben sich aus den den in HALLE (2002), Tabelle 1 angegebenen Futtermischungen und entsprechenden, aus BEYER et al. (2004) entnommenen Trockenmasse- und Rohproteingehalten der einzelnen Futterkomponenten. Daraus ergeben sich – bezogen auf Frischmasse – ein mittlerer spezifischer GE-Gehalt von  $\eta_{GE, feed} = 15,77 \text{ MJ kg}^{-1}$  und ein mittlerer spezifischer DE-Gehalt von  $\eta_{DE, feed} = 12,28 \text{ MJ kg}^{-1}$ , sowie die Verdaulichkeit von Energie  $X_{DE} = 0,779 \text{ MJ MJ}^{-1}$  und die Umsetzbarkeit von Energie  $X_{ME} = 0,711 \text{ MJ MJ}^{-1}$  (HAENEL und DÄMMGEN, 2007a).

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM, br}$  ist nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{DE, br}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

The ash content of feed is 6.5 % according to RHG (2006), related to fresh matter. Related to a typical dry matter content of 88 % the ash content is 7.4 %.

Due to lack of information, the feeding-related data are assumed to be constant with time and space.

Feeding data provided in DLG (2005), pg. 46, for N reduced feeding allow for the derivation of a fresh matter raw protein content of  $0.146 \text{ kg kg}^{-1}$  (averaged over all feeding phases). This corresponds to a fresh matter N content of  $0.0234 \text{ kg kg}^{-1}$ . Related to dry matter (using a dry matter content of  $88 \text{ kg kg}^{-1}$ , see above), this leads to a N content of  $0.0206 \text{ kg kg}^{-1}$ . However, due to lack of data on the temporal and spatial distribution, the N reduced feeding cannot be account for in the inventory.

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

#### 8.5.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Der Aschegehalt des Futters beträgt nach RHG (2006) 6,5 % der Frischmasse bzw. 7,4 % der Trockenmasse (typischer Trockenmassegehalt von 88 %).

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Aus Fütterungsdaten in DLG (2005), S. 46, lässt sich für die N-reduzierte Fütterung ein über alle Phasen gemittelter Frischmasse-Rohproteingehalt von  $0,146 \text{ kg kg}^{-1}$ , entsprechend einem N-Gehalt in der Futterfrischmasse von  $0,0234 \text{ kg kg}^{-1}$ , ableiten. Bezogen auf Trockenmasse (bei einem Trockenmassegehalt von  $0,88 \text{ kg kg}^{-1}$ , s. o) ist das ein N-Gehalt von  $0,0206 \text{ kg kg}^{-1}$ . Eine N-reduzierte Fütterung kann im Inventar aber mangels Informationen zur räumlichen und zeitlichen Verteilung nicht berücksichtigt werden.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

#### 8.5.6 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 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1..

For the required data see Chapter 8.5.4.

IPCC (2006) does not provide  $B_0$  and  $MCF$  default data for pullets. Hence, as there are no national data, Germany uses the high  $B_0$  value provided by IPCC (2006), Table 10A-9, for laying hens:  $0.39 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ . For the  $MCF$  the inventory uses the value provided by IPCC (2006) for laying hens, broilers, ducks and turkeys ( $0.015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

The  $MCF$  for anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. 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 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Für die erforderlichen Daten siehe Kapitel 8.5.4.

IPCC (2006) gibt für Junghennen keine Defaultwerte für  $B_0$  und  $MCF$  an. In Ermangelung eines nationalen Wertes wird in konservativer Weise der in IPCC (2006), Table 10A-9 angegebene hohe  $B_0$ -Wert von Legehennen verwendet:  $0,39 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ . Für den  $MCF$  wird der in IPCC (2006) für Legehennen, Masthähnchen, Enten und Puten angegebene Wert angesetzt:  $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

Der  $MCF$ -Wert für die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestlagerung wird berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 8.5.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.



### 8.5.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of the emissions of nitrogen species is based on the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  in UAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage (see Chapter 3.3.4.4.1).

Die Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  in UAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

#### 8.5.8.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

The annual N excretion on an average animal place (for the definition of the average animal place see Chapter 3.1.2.2) results from N mass balance. As input data are constant in space, the calculated N excretion is the same for all federal states.

Die jährliche N-Ausscheidung auf einem mittleren Tierplatz (zur Tierplatzdefinition siehe Kapitel 3.1.2.2) wird über die N-Bilanz errechnet. Mangels räumlicher Differenzierung der Eingangsdaten ist das Ergebnis für alle Bundesländer gleich.

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (8.25)$$

$m_{\text{excr}}$	annual nitrogen excretion (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$m_{\text{feed}}$	annual nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$m_{\text{g}}$	annual nitrogen retention with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )

The annual feed intake on an average animal place is given by:

Für die jährliche Futteraufnahme auf einem mittleren Tierplatz gilt:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N}} \cdot m_{\text{F, DM}} \quad (8.26)$$

$m_{\text{feed}}$	annual nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N}}$	nitrogen content of feed, related to dry matter (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see Chapter 8.5.4
$m_{\text{F, DM}}$	daily feed intake, dry matter (in $\text{kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), see Chapter 8.5.4

LFL (2006a), Table 8, report a specific N retention of  $0.035 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ . Thus, N retained on an average animal place amounts to

Die spezifische Retention beträgt nach LFL (2006a), Tabelle 8,  $0,035 \text{ kg kg}^{-1} \text{N}$ . Daraus folgt für die N-Retention auf einem mittleren Tierplatz:

$$m_{\text{g}} = \alpha \cdot x_{\text{N, ret, pu}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{pu}}}{\tau_{\text{lifespan, pu}}} \quad (8.27)$$

$m_{\text{g}}$	annual nitrogen retention with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N, ret, pu}}$	nitrogen retained per kg weight gain (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see above
$\Delta w_{\text{pu}}$	weight gain during lifetime as pullet, according to Chapter 3.1.2.5 (in $\text{kg an}^{-1}$ ), see Chapter 8.5.2
$\tau_{\text{lifespan, pu}}$	duration of lifetime as pullet (in d), see Chapter 8.5.2

The share of UAN in the N excretions is calculated. The results are close to the standard value of 70 % given in EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9 for various poultry categories (where, however, pullets are not mentioned explicitly).

Der UAN-Gehalt im ausgeschiedenen N wird berechnet und liegt dicht beim Standardwert von 70 %, wie er von EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9, für verschiedene Geflügelkategorien angegeben wird (wobei Junghennen allerdings nicht explizit erwähnt werden).

#### 8.5.8.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. According to KTBL (2006), pg. 568 and 570, an amount of straw fresh matter input of 0.75

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Nach KTBL (2006), S. 568 und 570, wird eine Einstreumenge von 0,75 kg Strohfrischmasse

kg per place and year is assumed. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

pro Platz und Jahr angenommen. Zu den Stroh-Eigenschaften siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

#### 8.5.8.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

A survey discussed in EURICH-MENDEN et al. (2011) reveals that for pullets no data exist that allow for the derivation of a  $\text{NH}_3$  emission factor (emission per place and year) for pullet houses. The approach suggested in EURICH-MENDEN et al. (2011) uses fixed emission factors per place cannot be used, as the inventory calculations presuppose emission factors related to the rate of N excreted per place. However, there is a similarity of pullet housing with the keeping of laying hens in floor management or aviaries and the broiler housing. Both for laying hens and broilers the respective  $\text{NH}_3$  emission factor used in the inventory is  $0.09 \text{ kg kg}^{-1}$  related to N excretion (see Chapters 8.3.8.3 and 8.4.7.5). This emission factor is adopted for pullets accordingly.

For storage no partial  $\text{NH}_3$ -N emission factor is known. Hence, in the inventory the value given by EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, for broilers is adopted for pullets:  $0.17 \text{ kg kg}^{-1}$ . The factor relates to the amount of UAN entering the storage. (For UAN see Chapter 3.3.3.2).

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage. The respective emission factors are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

It is assumed that manure is broadcast with incorporation within 24 hours. The respective  $\text{NH}_3$ -N emission factor is  $0.45 \text{ kg kg}^{-1}$  related to UAN (see Table 8.3).

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 8.2, Table 8.2.

The emission factors for the separate storage type "anaerobic digestion of poultry manure" are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

NO emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 14.5).

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 14.4.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

Nach einer Literaturrecherche in EURICH-MENDEN et al. (2011) existieren für Junghennen keine Daten zur Ableitung eines auf den Tierplatz bezogenen nationalen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors für den Stall. Die in EURICH-MENDEN et al. (2011) vorgeschlagene Schätzung des Emissionsfaktors ist für das Inventar nicht verwendbar, da letzteres einen auf die N-Ausscheidung bezogenen Emissionsfaktor erfordert. Einen Ausweg bietet die Ähnlichkeit des Junghennenhaltungsverfahrens mit der Bodenhaltung von Legehennen und der Haltung von Masthähnchen. In beiden Fällen verwendet das Inventar einen auf die N-Ausscheidung bezogenen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor von  $0,09 \text{ kg kg}^{-1}$  (siehe Kapitel 8.3.8.3 und 8.4.7.5). Dieser Emissionsfaktor wird für Junghühner übernommen.

Für das Lager ist kein partieller  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktor bekannt. Es wird der für Masthähnchen in EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, angegebene Wert übernommen:  $0,17 \text{ kg kg}^{-1}$ . Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt. (Zu UAN siehe Kapitel 3.3.3.2).

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelage stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Es wird von einer Ausbringung mit Breitverteiler und einer Einarbeitung innerhalb von 24 h ausgegangen. Hierfür beträgt nach Table 8.3 der  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktor  $0,45 \text{ kg kg}^{-1}$  (bezogen auf vorhandenes UAN).

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 8.2, Table 8.2.

Die zum eigenständigen Lagertyp „Vergärung von Geflügelkot“ gehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 14.4.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

#### 8.5.8.4 Indirect $\text{N}_2\text{O}$ from manure management / Indirektes $\text{N}_2\text{O}$ aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. (Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. (Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

### 8.5.8.5 *Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of the emission factors and the the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range (“grazing”).)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Hinweis: Nur für Legehennen gibt es die Möglichkeit für Freilandaufenthalt („Weidegang“).)

### 8.5.9 *Emissions of particulate matter / Partikelemissionen*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

EMEP(2016)-3B-19, Table 3.5, does not provide emission factors for pullets. Based on the assumption that conditions in pullet and broiler husbandry are comparable, the emission factors for broilers are adopted. The emission factors are listed in Table 8.18. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5..

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

EMEP(2016)-3B-19, Table 3.5 gibt für Junghennen keine Emissionsfaktoren an. Unter der Annahme vergleichbarer Verhältnisse bei der Junghennen- und Masthähnchen-Haltung werden die Emissionsfaktoren von Masthähnchen übernommen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 8.18 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 8.18: Pullets, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.04	0.02	0.002

Source: see text

### 8.5.10 *References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung*

**Table 8.19: Pullets, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.23	
		NM VOC	EM1007.23	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.67	EM1009.69
		N <sub>2</sub> O	EM1009.113	
		NO	EM1009.143	
		TSP	EM1010.23	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.53	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.83	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.28	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.23	
		NM VOC	IEF1007.23	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.64	IEF1009.66
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.106	
		NO	IEF1009.134	
		TSP	IEF1010.22	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.50	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.78	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.35	AI1005POU.51
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.85	EXCR.86

## 8.6 Geese / Gänse

In Germany, the production of geese is of minor importance only. Data are sparse.

Geese are kept in in stables with an adjacent free-range area. However, due to the simple description of geese, this cannot be accounted for in the inventory.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 8.20.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Gänse-Haltung ist in Deutschland von untergeordneter Bedeutung. Die Verfügbarkeit von Daten ist eingeschränkt.

Gänse werden im Stall mit Freilandhaltung gehalten. Dies findet wegen der einfachen Behandlung der Gänse im Inventar aber keine Berücksichtigung.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.20 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 8.20: Geese, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	1	EMEP
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	1	IPCC
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 8.6.1 Animal numbers / Tierzahlen

Poultry numbers have been surveyed in each agricultural-structure surveys, i.e. until 1996 in each even year, from 1999 to 1997 in each odd year, 2010 in the LZ 2010 census (STATLA C III 1 – vj 4, see also Chapter 3.4.2.1), and 2013 and 2016 in agricultural structure surveys. For 2011 and 2012 no official poultry numbers are available. They were estimated by linear interpolation between 2010 and 2013. The striking increase of animal numbers between 2010 and 2013 is, for the most part, due to the fact that the number of farms questioned in 2013 was higher than in 2010 (see Chapter 3.4.2.1). For 2014 and 2015 again no official poultry numbers are available. The estimates for these two years are based on linear interpolation between 2013 and 2016.

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Geflügelzahlen wurden in jeder Agrarstrukturerhebung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren, 1999 bis 2007 in allen ungeraden Jahren, 2010 in der LZ 2010 (STATLA C III 1 – vj 4, siehe auch Kapitel 3.4.2.1) und 2013 sowie 2016 in einer Agrarstrukturerhebung. Für 2011 und 2012 wurden keine offiziellen Geflügelzahlen erhoben, weshalb sie durch lineare Interpolation zwischen 2010 und 2013 geschätzt wurden. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Für 2014 und 2015 hat das Statistische Bundesamt keine Geflügelzahlen erhoben; ihre Schätzung beruht auf einer linearen Interpolation zwischen 2013 und 2016.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

### 8.6.2 Animal weights / Tiergewichte

In Germany, geese are – almost without exception – produced in a way that they are slaughtered in November/December with a weight of 7 kg an<sup>-1</sup>. Predominant is a mean weight gain ("Mittelmast") (KTBL, 2005a, pg. 719).

Gänse werden in Deutschland praktisch ausschließlich so produziert, dass sie im November/Dezember mit einem Gewicht von ca. 7 kg an<sup>-1</sup> geschlachtet werden. Regelform der Mast ist die Mittelmast (KTBL, 2005a, S. 719).

### 8.6.3 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).

### 8.6.4 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 3.3.4.1.

This method requires the knowledge of VS excretions. However, due to the lack of a description of feed

Die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit dem Stufe-2-Verfahren berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die dafür benötigten VS-Ausscheidungen können mangels Beschreibung der Futter- und Energieaufnahme

and energy intake by geese, VS excretions cannot be calculated. In addition, no default value is available, cf. IPCC (2006), Table 10A-9. Hence VS excretions had to be estimated. The estimation procedure is based on the assumption that the ratio of VS excretion to N excretion equals that of ducks. For the N excretion of geese see Chapter 8.6.6. The excretions of N and VS of ducks are dealt with in Chapter 8.7. The resulting estimate of VS excretions of geese is  $8.5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (ca.  $0,023 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). This estimate implicitly considers, like the N excretions of geese, the fact that geese places are occupied only part of the year.

IPCC (2006) does not provide  $B_0$  and MCF default data for geese. However, as the estimate of VS excretion of geese is based on data used for ducks (see above), the value for  $B_0$  is also taken from ducks:  $0.36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ . For the MCF the inventory uses the value provided by IPCC (2006) for laying hens, broilers, ducks and turkeys ( $0.015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ).

The MCF for anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

German data on the uncertainty of  $\text{CH}_4$  emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

### 8.6.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

### 8.6.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of emissions of nitrogen species is based on data on N excretion, its relative UAN content and assumptions for spreading techniques.

Input data are constant in space and time, implying the same for the calculation results.

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage (see Chapter 3.3.4.4.1).

According to DLG (2005), pg. 53, geese excrete  $554 \text{ g an}^{-1} = 554 \text{ g pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . This value is, in spite of the higher animal weight, lower than N excretion of ducks. The reason is that a geese place is occupied only for half a year.

The UAN content of the N excretions is assumed to be 70 % (see EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

Due to lack of data, N inputs with bedding material are not taken into account.

der Gänse aber nicht berechnet werden. Ein VS-Defaultwert existiert ebenfalls nicht, vgl. IPCC(2006), Table 10A-9. Daher werden die VS-Ausscheidungen geschätzt. Das Schätzverfahren beruht auf der Annahme, dass das Verhältnis von VS- zu N-Ausscheidung dem von Enten gleicht (zur N-Ausscheidung von Gänsen siehe Kapitel 8.6.6; zur Ausscheidung von VS und N bei Enten wird auf Kapitel 8.7 verwiesen). Daraus ergibt sich für Gänse eine jährliche VS-Ausscheidung von  $8,5 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  (ca.  $0,023 \text{ kg pl}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ). Dieser Wert berücksichtigt wie die N-Ausscheidungen der Gänse bereits implizit den Umstand, dass ein Gänsemastplatz nicht ganzjährig besetzt ist.

IPCC (2006) gibt für Gänse keine Defaultwerte für  $B_0$  und MCF an. Da aber die Schätzung der VS-Ausscheidung auf Enten-Daten beruht (s. o.), wird auch der  $B_0$ -Wert von Enten verwendet:  $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ . Für den MCF wird der in IPCC (2006) für Legehennen, Masthähnchen, Enten und Puten angegebene Wert angesetzt:  $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ .

Der MCF-Wert für die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung wird berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies beruht auf Vorgaben zur N-Ausscheidung und deren UAN-Gehalt sowie Annahmen zur Ausbringung.

Eine räumlicher und zeitliche Differenzierung ist mangels entsprechender Eingangsdaten nicht möglich.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

DLG (2005), S. 53, gibt für die N-Ausscheidung  $554 \text{ g an}^{-1} = 554 \text{ g pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ . Dieser Wert ist trotz höheren Tiergewichts niedriger als die N-Ausscheidung von Enten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein Gänseplatz im Mittel nur bis zu einem halben Jahr besetzt ist.

Der UAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird nach EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9, mit 70 % angenommen.

N-Einträge durch Einstreu werden mangels Daten nicht berücksichtigt.

As no national value is available for the  $\text{NH}_3\text{-N}$  housing emission factor, the EMEP default emission factor of  $0.57 \text{ kg kg}^{-1}$  (related to UAN excretion; for UAN see Chapter 3.3.3.2) is used in the inventory (EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9).

For the partial  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for storage, the value given in EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9, is used:  $0.16 \text{ kg kg}^{-1}$ . The factor relates to the UAN amount entering the storage.

For spreading, a partial  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission 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 8.3).

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter 8.2, Table 8.2.

The emission factors for the separate storage type "anaerobic digestion of poultry manure" are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

NO emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

In Ermangelung eines nationalen Wertes für den partiellen  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor für den Stall wird nach EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9, ein  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor von  $0,57 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf die UAN-Ausscheidung angesetzt.

Der partielle  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP (2016)-3B-29, Table 3.9, mit  $0,16 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Für die Ausbringung wird unter der Annahme einer Einarbeitung innerhalb von 24 Stunden ein partieller  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor von  $0,45 \text{ kg kg}^{-1}$  bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 8.3, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 8.2, Tabelle 8.2.

Die zum eigenständigen Lagertyp „Vergärung von Geflügelkot“ gehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Hinweis: Nur für Legehennen gibt es die Möglichkeit für Freilandaufenthalt („Weidegang“).)

### 8.6.7 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The  $\text{PM}_{2.5}$  emission factor provided by von EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5, is different from the emission factor given in EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, only by rounding to two decimals. In order to avoid an apparent change in emissions from one emission reporting submission to the next, the original emission  $\text{PM}_{2.5}$  factor provided by EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, was kept, see Table 6.3. In this overview the emission factors of TSP,  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  correspond to the data provided in EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6.

For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Der von EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5, angegebenen Emissionsfaktor für  $\text{PM}_{2.5}$  unterscheidet sich von dem entsprechenden Emissionsfaktor aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, nur durch Rundung auf zwei Dezimalstellen. Um aber eine scheinbare Emissionsänderung von einer Berichterstattung zur nächsten nur wegen Rundung des Emissionsfaktors zu vermeiden, wird der ursprüngliche Emissionsfaktor aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, beibehalten. In dieser Zusammenstellung entsprechen die Emissionsfaktoren von TSP,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  den Angaben in EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 8.21: Geese, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{10}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$	Emission factor for $\text{PM}_{2.5}$ $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$
straw based	strohbasierend	0.24	0.24	0.032

Source: EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6 (with TSP = ID [inhalable dust])

### 8.6.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 8.22: Geese, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.24	
		NMVOC	EM1007.24	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.70	EM1009.72
		N <sub>2</sub> O	EM1009.114	
		NO	EM1009.144	
		TSP	EM1010.24	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.54	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.84	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.30	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.24	
		NMVOC	IEF1007.24	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.67	IEF1009.69
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.107	
		NO	IEF1009.135	
		TSP	IEF1010.23	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.51	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.79	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.52	AI1005CAT.66
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.87	EXCR.88



## 8.7 Ducks / Enten

In Germany, the better part of ducks produced is Peking ducks (expert judgement HÖPPNER). Hence, the inventory interpretes all officially counted ducks as Peking ducks.

In Germany, ducks are mostly kept in stables with bedding. Due to lack of data, the inventory does not consider duck husbandry in free ranges.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 8.23.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

In Deutschland werden überwiegend Pekingenten produziert (Expertenurteil HÖPPNER), weshalb das Inventar alle offiziell gezählten Enten als Pekingenten rechnet.

Enten werden in Deutschland vornehmlich in Ställen mit Einstreu gehalten. Freilandhaltung kann im Inventar mangels Daten nicht berücksichtigt werden.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.23 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 8.23: Ducks, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC
NM VOC	manure management	1	EMEP
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	2	EMEP

### 8.7.1 Animal numbers / Tierzahlen

Poultry numbers have been surveyed in each agricultural-structure surveys, i.e. until 1996 in each even year, from 1999 to 1997 in each odd year, 2010 in the LZ 2010 census (STATLA C III 1 – vj 4, see also Chapter 3.4.2.1), and 2013 and 2016 in agricultural structure surveys. For 2011 and 2012 no official poultry numbers are available. They were estimated by linear interpolation between 2010 and 2013. The striking increase of animal numbers between 2010 and 2013 is, for the most part, due to the fact that the number of farms questioned in 2013 was higher than in 2010 (see Chapter 3.4.2.1). For 2014 and 2015 again no official poultry numbers are available. The estimates for these two years are based on linear interpolation between 2013 and 2016.

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Geflügelzahlen wurden in jeder Agrarstrukturerhebung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren, 1999 bis 2007 in allen ungeraden Jahren, 2010 in der LZ 2010 (STATLA C III 1 – vj 4, siehe auch Kapitel 3.4.2.1) und 2013 sowie 2016 in einer Agrarstrukturerhebung. Für 2011 und 2012 wurden keine offiziellen Geflügelzahlen erhoben, weshalb sie durch lineare Interpolation zwischen 2010 und 2013 geschätzt wurden. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Für 2014 und 2015 hat das Statistische Bundesamt keine Geflügelzahlen erhoben; ihre Schätzung beruht auf einer linearen Interpolation zwischen 2013 und 2016.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

### 8.7.2 Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer

The duckling weight is 0,055 kg an<sup>-1</sup>, the final weight 3.0 kg an<sup>-1</sup> (BREHME, 2007).

The total lifespan (rearing and fattening) is assumed to be 49 d (cf. TÜLLER, 1999, pg. 131). This means that about 7.4 animals are produced annually on a mean animal place (see Chapters 3.1.2.2 und 3.1.2.3).

Das Kükengewicht beträgt 0,055 kg an<sup>-1</sup>, das mittlere Endgewicht 3,0 kg an<sup>-1</sup> (BREHME, 2007).

Die Lebensdauer (Aufzucht und Mast) wird mit 49 d angesetzt (vgl. TÜLLER, 1999, S. 131). Damit werden auf einem mittleren Tierplatz (siehe Kapitel 3.1.2.2 und 3.1.2.3) rund 7,4 Tiere pro Jahr produziert.

### 8.7.3 Energy requirements / Energiebedarf

Assuming a feed intake according to the requirements, the mean daily requirements of metabolizable energy can be calculated from the amount of feed intake and the ME content of the feed:

Der mittlere tägliche Bedarf an metabolisierbarer Energie kann unter der Annahme bedarfsgerechter Fütterung aus Futteraufnahme und ME-Gehalt des Futters berechnet werden:

$$ME_{du} = \eta_{ME, feed} \cdot m_{F, FM}$$

(8.28)

$ME_{du}$	daily metabolisable energy required (in MJ $pl^{-1} d^{-1}$ )
$\eta_{ME, feed}$	content of metabolisable energy in duck diet, related to fresh matter (in MJ $kg^{-1}$ )
$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in $kg pl^{-1} d^{-1}$ ), see Chapter 8.7.4

#### 8.7.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

The daily feed intake (fresh matter) per place is calculated as follows (averaged over lifespan):

Für die tägliche Futteraufnahme (Frischmasse) pro Tierplatz gilt (Mittelwert über Lebensdauer):

$$m_{F, FM} = x_{feed, du} \cdot \frac{\Delta w_{du}}{\tau_{lifespan, du}} \quad (8.29)$$

$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in $kg pl^{-1} d^{-1}$ )
$x_{feed, du}$	duck diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in $kg kg^{-1}$ ), see below
$\Delta w_{du}$	animal weight gain during lifespan as defined in Chapter 3.1.2.4 (in $kg an^{-1}$ ), see below
$\tau_{lifespan, du}$	duration of lifetime (in d), see Chapter 8.7.2

The feed conversion factor  $x_{feed, du}$  is estimated by linear interpolation of feed consumption data given by TÜLLER (1999), pg. 131, as function of total weight gain (final weight minus duckling weight):

Die Futterverwertung  $x_{feed, du}$  wird durch Interpolation der in TÜLLER (1999), S 131, angegebenen Daten zum Futterverbrauch in Abhängigkeit vom Zuwachs (Endgewicht abzgl. Kükengewicht) geschätzt:

$$x_{feed, du} = \frac{1}{\Delta w_{du}} \cdot \left( F_{du, 1} + w_{fin} \cdot \frac{F_{du, 2} - F_{du, 1}}{w_2 - w_1} \right) \quad (8.30)$$

$x_{feed, du}$	duck diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in $kg kg^{-1}$ )
$\Delta w_{du}$	animal weight gain during lifespan as defined in Chapter 3.1.2.4 (in $kg an^{-1}$ ), see below
$F_{du, 1}$	amount of feed needed to reach weight $w_1$ ( $F_{du, 1} = 6.140$ kg, see TÜLLER, 1999, pg. 131)
$w_{fin}$	final life weight (in kg, see Chapter 8.7.2)
$F_{du, 2}$	amount of feed needed to reach weight $w_2$ ( $F_{du, 2} = 7.761$ kg, see TÜLLER, 1999, pg. 131)
$w_1$	animal weight related to amount of feed $F_{du, 1}$ ( $w_1 = 2.823$ kg, see TÜLLER, 1999, pg. 131)
$w_2$	animal weight related to amount of feed $F_{du, 2}$ ( $w_2 = 3.180$ kg, see TÜLLER, 1999, pg. 131)

The calculation of the weight gain  $\Delta w_{du}$  is based on duckling weight and final weight, see Chapter 8.7.2. With a final weight of  $3 kg an^{-1}$  (duckling weight  $0.055 kg an^{-1}$ ),  $x_{feed, du}$  amounts to  $2,357 kg kg^{-1}$ .

Die Gewichtszunahme  $\Delta w_{du}$  berechnet sich aus Küken- und Endgewicht, siehe Kapitel 8.7.2. Bei einem Endgewicht von  $3 kg an^{-1}$  (Anfangsgewicht  $0.055 kg an^{-1}$ ) ergibt sich  $x_{feed, du} = 2,357 kg kg^{-1}$ .

This leads to the daily intake of dry matter (average over lifespan):

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über Lebensdauer):

$$m_{F, DM} = x_{DM} \cdot m_{F, FM} \quad (8.31)$$

$m_{F, DM}$	daily feed intake, dry matter (in $kg pl^{-1} d^{-1}$ )
$m_{F, FM}$	daily feed intake, fresh matter (in $kg pl^{-1} d^{-1}$ )
$x_{DM}$	dry matter content of feed ( $kg kg^{-1}$ ), see below

According to JEROCH und DÄNICKE (2005), pg. 166, the ME content of duck fattening ( $\eta_{ME, feed}$ ) diet related to fresh matter is  $11.5 MJ kg^{-1}$ , while BREHME (2007) reports a ME content of  $12 MJ kg^{-1}$  to  $12.5 MJ kg^{-1}$ . The inventory uses  $12 MJ kg^{-1}$ , related to fresh matter.

Nach JEROCH und DÄNICKE (2005), S. 166, liegt der ME-Gehalt von Entenmastfutter ( $\eta_{ME, feed}$ ) bei  $11,5 MJ kg^{-1}$  bezogen auf Frischmasse. BREHME (2007) gibt  $12 MJ kg^{-1}$  bis  $12,5 MJ kg^{-1} an$ . Für das Inventar wird ein Wert von  $12 MJ kg^{-1}$  angesetzt (bezogen auf Frischmasse).

For the content of crude protein in duck feed, data in JEROCH und DÄNICKE (2005), pg. 166, allow for the derivation of a weighted mean:  $x_{XP, feed} = 0.166 kg kg^{-1}$ , related to fresh matter

Für den Rohproteingehalt des Entenfutters ( $x_{XP, feed}$ ) ergibt sich aus Daten in JEROCH und DÄNICKE (2005), S. 166, ein gewichtetes Mittel von  $0,166 kg kg^{-1}$ , bezogen auf Frischmasse.

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 ( $X_{DE, br} = 0.779 MJ MJ^{-1}$ ) (see Chapter 8.5.4).

Für die Verdaulichkeit  $X_{DE, du}$  sind keine Daten bekannt, weshalb (in Ermangelung eines Masthähnchen-Wertes) der Junghennen-Wert  $0,779 MJ MJ^{-1}$  übernommen wird (siehe Kapitel 8.5.4).

The digestibility of organic matter  $X_{DOM}$  is unknown. It is replaced with  $X_{DE}$ . As the digestibility of energy is somewhat lower than that of organic matter, the assumption  $X_{DOM} \approx X_{DE}$  leads to a slight overestimation of  $CH_4$  emissions from manure management.

The ash content of feed is 7.0 % according to RHG (2006), related to fresh matter. Related to a typical dry matter content of 88 % the ash content is 8.0 %.

Due to lack of information, the feeding-related data are assumed to be constant with time and space.

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Die Verdaulichkeit von organischer Substanz  $X_{DOM, br}$  ist nicht bekannt. Sie wird durch  $X_{DE, br}$  ersetzt. Da die Verdaulichkeit von Energie etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der Aschegehalt des Futters beträgt nach RHG (2006) 7,0 % bezogen auf Frischmasse. Bezogen auf einen typischen Trockenmassegehalt von 88 % entspricht dies 8,0 %.

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

#### 8.7.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

#### 8.7.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

$CH_4$  emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the required data see Chapter 8.7.4.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are  $0.36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  and  $0.01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  respectively. The  $MCF$ , however, is considered inconsistent in comparison with other poultry keeping in mind that it is almost impossible to keep a duck house "dry". Thus, this inventory uses an  $MCF$  of  $0.015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  as given for other poultry species.

The  $MCF$  for anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

German data on the uncertainty of  $CH_4$  emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. A normal distribution is assumed.

Zur Berechnung der  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Stufe-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Zu den benötigten Daten siehe Kapitel 8.7.4.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$   $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Der  $MCF$  erscheint allerdings ungerechtfertigt, da es nahezu unmöglich ist, einen Entenstall „trocken“ zu halten. Es wird daher der für andere Geflügelarten angegebene  $MCF$  von  $0,015 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ CH}_4$  verwendet.

Der  $MCF$ -Wert für die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestlagerung wird berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

#### 8.7.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

### 8.7.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of the emissions of nitrogen species 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 as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage (see Chapter 3.3.4.4.1).

Die Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{\text{org}}$  in UAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

#### 8.7.8.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

The annual N excretion on an average animal place (for the definition of the average animal place see Chapter 3.1.2.2) results from N mass balance. As input data are constant in space and time, the calculated N excretion is the same for all federal states and years.

Die jährliche N-Ausscheidung auf einem mittleren Tierplatz (zur Tierplatzdefinition siehe Kapitel 3.1.2.2) wird über die N-Bilanz errechnet. Mangels räumlicher und zeitlicher Differenzierung der Eingangsdaten ist das Ergebnis für alle Bundesländer und Jahre gleich.

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \quad (8.32)$$

$m_{\text{excr}}$	annual nitrogen excretion (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$m_{\text{feed}}$	annual nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$m_{\text{g}}$	annual nitrogen retention with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )

The annual feed intake is given by:

Für die jährliche Futteraufnahme gilt:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot m_{\text{F, FM}} \quad (8.33)$$

$m_{\text{feed}}$	annual nitrogen intake with feed (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N, XP}}$	nitrogen content of crude protein ( $x_{\text{N, XP}} = 1/6.25 \text{ kg kg}^{-1}$ )
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in duck diet ( $\text{kg kg}^{-1}$ ), see Chapter 8.7.4
$m_{\text{F, FM}}$	daily feed intake, averaged over lifespan, fresh matter (in $\text{kg pl}^{-1} \text{d}^{-1}$ ), see Chapter 8.7.4

According to LFL (2006a), Table 8, the specific N retention  $x_{\text{N, ret, du}}$  is assumed to be  $0.035 \text{ kg kg}^{-1}$ . Thus, N retained on an average animal place amounts to

Die spezifische Retention  $x_{\text{N, ret, du}}$  wird nach LFL (2006a), Tabelle 8, mit  $0,035 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt. Daraus folgt für die N-Retention auf einem mittleren Tierplatz:

$$m_{\text{g}} = \alpha \cdot x_{\text{N, ret, du}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{du}}}{\tau_{\text{lifespan, du}}} \quad (8.34)$$

$m_{\text{g}}$	annual nitrogen retention with growth (in $\text{kg pl}^{-1} \text{a}^{-1}$ )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N, ret, du}}$	N retention per kg weight gain (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see above
$\Delta w_{\text{du}}$	animal weight gain during lifespan as defined in Chapter 3.1.2.4 (in $\text{kg a}^{-1}$ ), see below
$\tau_{\text{lifespan, du}}$	duration of lifetime (in d), see Chapter 8.7.2

According to Chapter 3.3.3.2, the share of UAN in the N excretions is calculated using the digestibility given in Chapter 8.7.4. One obtains 49.9 %, a result which is well below the default value of 70 % given in EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7.

Der UAN-Gehalt im ausgeschiedenen N wird entsprechend Kapitel 3.3.3.2 mithilfe der Verdaulichkeit (siehe Kapitel 8.7.4) berechnet: Es ergibt sich ein Wert von 49,9 % (abweichend vom Standardwert von 70 % nach EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7).

#### 8.7.8.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

For straw based systems N inputs with straw are taken into account. During the fattening of one duck about 3 kg straw is used (Brehme, 2007). With 7.4 ani-

Für Systeme mit Einstreu wird der N-Eintrag mit dem Stroh berücksichtigt. Je produzierte Ente werden ca. 3 kg Stroh veranschlagt (Brehme, 2007). Bei 7,4 produzierten

mals produced per mean animal place (see Chapter 8.7.2) this amounts to about 22 kg straw per place and year.

For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

Tieren pro Jahr (siehe Kapitel 8.7.2) entspricht dies einer jährlichen Einstreumenge von rund 22 kg pro Platz und Jahr.

Zu Stroh-Eigenschaften siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

#### 8.7.8.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

The  $\text{NH}_3$  emission factor for housing is based on emission factors collated by the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, EURICH-MENDEN et al., 2011). According to Eurich-Menden et al. (2011) the emission factor is  $0.146 \text{ kg NH}_3 (\text{pl} \cdot \text{a})^{-1}$ . For the inventory, this emission factor has to be converted into an emission factor related to N excreted. DLG (2005), pg. 52, provides a standard N excretion of 1.482 kg N per place and year. This value has to be approximately halved in order to account for the fact that for its derivation the total N excretion during the duck's total lifespan had been related only to the fattening period which is only about one half of the total lifespan. This is confirmed by applying the N excretion formula derived for the inventory to the DLG duck (final weight  $3.4 \text{ kg an}^{-1}$ ) and using the number of production cycles given in DLG (2005), pg. 52 (6.5 cycles per year). It approximately yields half the N excretion given in DLG (2005):  $0.751 \text{ kg N per place and year}$ . This value is used for the conversion of the above mentioned KTBL emission factor of  $0.146 \text{ kg NH}_3 (\text{pl} \cdot \text{a})^{-1}$  to the N excretion-related value of  $0.160 \text{ kg NH}_3\text{-N} (\text{kg} \cdot \text{a})^{-1}$ .

For the partial  $\text{NH}_3$  emission factor for storage, the value given in EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, is used:  $0.24 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ . The factor relates to the UAN amount entering the storage.

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage. The respective emission factors are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

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 8.3).

The emission factors for  $\text{N}_2\text{O}$ , NO and  $\text{N}_2$  are combined factors for house and storage, see Chapter, Table 8.2.

The emission factors for the separate storage type "anaerobic digestion of poultry manure" are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

NO emissions from manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The uncertainty of the  $\text{NH}_3$  emission factor characterizing the overall  $\text{NH}_3$  emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 14.5).

For the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 14.4.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and  $\text{N}_2$  emission factors, the uncertainty of the  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

Der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für den Stall basiert auf den Ergebnissen der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (EURICH-MENDEN et al., 2011), die die  $\text{NH}_3$ -Emission pro Tierplatz und Jahr mit  $0,146 \text{ kg NH}_3 (\text{pl} \cdot \text{a})^{-1}$  angibt. Für das Inventar ist eine Umrechnung auf  $\text{NH}_3\text{-N}$  sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge erforderlich. DLG (2005), S. 52, gibt eine Standard-N-Ausscheidung von  $1,482 \text{ kg N pro Platz und Jahr an}$ . Dieser Wert muss aber in etwa halbiert werden, da er darauf beruht, dass die Gesamtausscheidung während der Lebensdauer auf die reine Mastphase bezogen wurde, die aber nur etwa die Hälfte der gesamten Lebensdauer umfasst. Die Anwendung der für das Inventar entwickelten N-Ausscheidungsformel auf die DLG-Ente (Endgewicht  $3,4 \text{ kg an}^{-1}$ ) liefert unter Berücksichtigung von 6,5 Durchgängen pro Jahr (DLG, 2005, S. 52) denn auch ungefähr die Hälfte der DLG-Standard-N-Ausscheidung:  $0,751 \text{ kg N pro Platz und Jahr}$ . Dieser Wert wird für die Umrechnung des o. g. Emissionsfaktors der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ zugrunde gelegt ( $0,146 \text{ kg NH}_3 (\text{pl} \cdot \text{a})^{-1}$ ), so dass sich der Emissionsfaktor schließlich zu  $0,160 \text{ kg NH}_3\text{-N pro kg N-Ausscheidung und Jahr}$  ergibt.

Der partielle  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, mit  $0,24 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$  angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Für die Ausbringung wird ein Emissionsfaktor von  $0,45 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NH}_3\text{-N}$  bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 8.3, Einarbeitung innerhalb 24 h).

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für  $\text{N}_2\text{O}$ , NO und  $\text{N}_2$  siehe Kapitel 8.2, Table 8.2.

Die zum eigenständigen Lagertyp „Vergärung von Geflügelkot“ gehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Unsicherheit des  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene  $\text{NH}_3$ -Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 14.4.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und  $\text{N}_2$ -Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

#### 8.7.8.4 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

#### 8.7.8.5 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors and the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Hinweis: Nur für Legehennen gibt es die Möglichkeit für Freilandaufenthalt („Weidegang“).)

#### 8.7.9 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5.

The PM<sub>2.5</sub> emission factor provided by von EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5, is different from the emission factor given in EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, only by rounding to two decimals. In order to avoid an apparent change in emissions from one emission reporting submission to the next, the original emission PM<sub>2.5</sub> factor provided by EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, was kept, see Table 6.3. In this overview the emission factors of TSP, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> correspond to the data provided in EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6.

For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Der von EMEP (2016)-3B-19, Table 3.5, angegebenen Emissionsfaktor für PM<sub>2.5</sub> unterscheidet sich von dem entsprechenden Emissionsfaktor aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, nur durch Rundung auf zwei Dezimalstellen. Um aber eine scheinbare Emissionsänderung von einer Berichterstattung zur nächsten nur wegen Rundung des Emissionsfaktors zu vermeiden, wird der ursprüngliche Emissionsfaktor aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, beibehalten. In dieser Zusammenstellung entsprechen die Emissionsfaktoren von TSP, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2.5</sub> den Angaben in EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 8.24: Ducks, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.14	0.14	0.018

Source: EMEP(2016)-3B-53, Table A1.6 (with TSP = ID [inhalable dust])

#### 8.7.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

The subsequent table lists the references to information provided in the data collection (see Chapter 2.4).

Die nachfolgende Tabelle enthält Verweise auf die Informationen in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

**Table 8.25: Ducks, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.25	
		NMVOC	EM1007.25	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.73	EM1009.75
		N <sub>2</sub> O	EM1009.115	
		NO	EM1009.145	
		TSP	EM1010.25	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.55	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.85	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.31	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.25	
		NMVOC	IEF1007.25	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.70	IEF1009.72
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.108	
		NO	IEF1009.136	
		TSP	IEF1010.24	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.52	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.80	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.67	AI1005POU.81
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.89	EXCR.90



## 8.8 Turkeys / Puten

Due to sexual dimorphism cocks and hens are dealt with separately in the emission calculations. Free range husbandry is not considered due to lack of data.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 8.26.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Wegen des Geschlechtsdimorphismus erfolgt die Emissionsberechnung getrennt für Hähne und Hennen. Freilandhaltung wird mangels Daten nicht berücksichtigt.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 8.26 angegebenen Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

**Table 8.26: Turkeys, calculation methods applied**

Species	Origin	Tier	Method applied
CH <sub>4</sub>	enteric fermentation		no method
CH <sub>4</sub>	manure management	2	IPCC / national
NM VOC	manure management	1	EMEP / national
NH <sub>3</sub>	manure management	2	EMEP / national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	manure management	1	EMEP

### 8.8.1 Animal numbers / Tierzahlen

Poultry numbers have been surveyed in each agricultural-structure surveys, i.e. until 1996 in each even year, from 1999 to 1997 in each odd year, 2010 in the LZ 2010 census (STATLA C III 1 – vj 4, see also Chapter 3.4.2.1), and 2013 and 2016 in agricultural structure surveys. For 2011 and 2012 no official poultry numbers are available. They were estimated by linear interpolation between 2010 and 2013. The striking increase of animal numbers between 2010 and 2013 is, for the most part, due to the fact that the number of farms questioned in 2013 was higher than in 2010 (see Chapter 3.4.2.1). For 2014 and 2015 again no official poultry numbers are available. The estimates for these two years are based on linear interpolation between 2013 and 2016.

German statistics do not differentiate between male and female turkeys. In order to generate gender-specific animal numbers, the turkey numbers reported in the census are disaggregated using the fraction of males as in the following relations:

$$n_{tu} = n_{tm} + n_{tf} \quad (8.35)$$

$$n_{tm} = n_{tu} \cdot x_{tm} \quad (8.36)$$

$$n_{tf} = n_{tu} \cdot (1 - x_{tm}) \quad (8.37)$$

$n_{tu}$	number of turkeys (census data) (in pl)
$n_{tm}$	number of male turkeys (in pl)
$n_{tf}$	number of female turkeys (in pl)
$x_{tm}$	fraction of male turkeys produced (in pl pl <sup>-1</sup> )

The fraction of male turkeys  $x_{tm}$  produced is documented in DAMME (2001-2010) for the years 2000 – 2009. For the other years of the time series no data are available. Hence the existing data were averaged and the result (55, 7 %) is used for all years from 1990 onwards.

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Geflügelzahlen wurden in jeder Agrarstrukturerhebung erhoben, d.h. bis 1996 in allen geraden Jahren, 1999 bis 2007 in allen ungeraden Jahren, 2010 in der LZ 2010 (STATLA C III 1 – vj 4, siehe auch Kapitel 3.4.2.1) und 2013 sowie 2016 in einer Agrarstrukturerhebung. Für 2011 und 2012 wurden keine offiziellen Geflügelzahlen erhoben, weshalb sie durch lineare Interpolation zwischen 2010 und 2013 geschätzt wurden. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Für 2014 und 2015 hat das Statistische Bundesamt keine Geflügelzahlen erhoben; ihre Schätzung beruht auf einer linearen Interpolation zwischen 2013 und 2016.

Die deutsche Statistik unterscheidet nicht zwischen weiblichen und männlichen Puten. Zur Erzeugung geschlechtsspezifischer Tierzahlen werden die berichteten Putenzahlen unter Verwendung des Anteils der männlichen Tiere wie folgt aufgeschlüsselt:

Der Anteil männlicher Puten  $x_{tm}$  ist in DAMME (2001 – 2010) für 2000 – 2009 dokumentiert. Für die Jahre davor und danach liegen keine Daten vor, so dass die vorhandenen Daten gemittelt werden und der Mittelwert (55,7 %) für alle berichteten Jahre angenommen wird.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt damit 10 %.

## 8.8.2 Animal performance and feed / Tierische Leistung und Fütterung

Turkey production in Germany is quasi industrial with uniform conditions. Hence, there is no need for regional differentiation.

Die quasi-industrielle Putenmast verläuft in Deutschland unter einheitlichen Bedingungen. Damit erübrigt sich eine regionale Differenzierung.

### 8.8.2.1 Animal weights and fattening period durations / Tiergewichte und Mastdauern

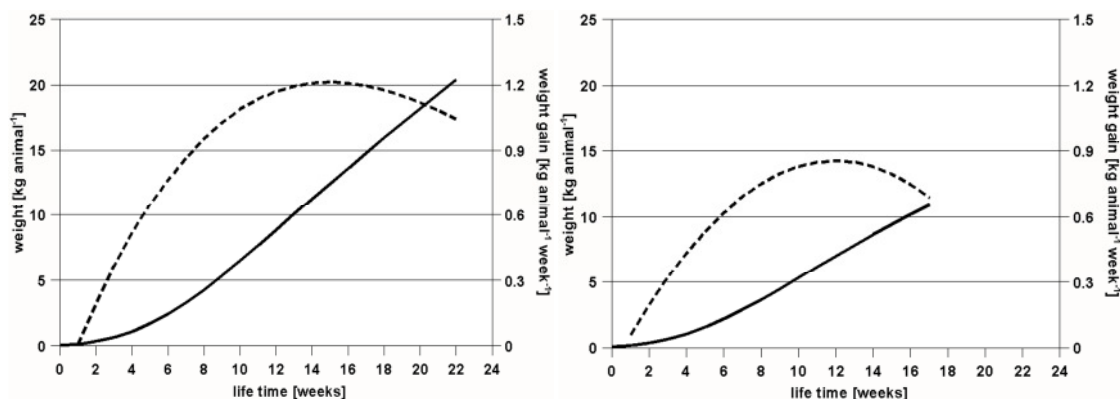
In Germany, the predominant genotype is B.U.T Big 6 (B.U.T.: British United Turkeys Ltd.). The inventory uses a default start weight of 60 g an<sup>-1</sup> (HAUS DÜSSE, 2008). Males have a typical slaughter weight of 18 to 21.5 kg an<sup>-1</sup>, typical production time is 19 to 23 weeks. Females are slaughtered with a weight of 8.5 to 10.5 kg after 14 to 17 weeks of fattening (KTBL, 2006a, pg. 604 ff; FELDHAUS and SIEVERDING, 2007, pg. 31 et seq.). For the duration of the fattening periods used in the inventory see Table 8.27.

The significant difference between the final live weights and the characteristics of the respective fattening process (see Figure 8.2), cocks and hens are treated separately in this inventory. However, the calculation procedures themselves are identical.

Bei der deutschen Putenproduktion dominiert der Genotyp B.U.T Big 6 (B.U.T.: British United Turkeys Ltd.). Das Inventar rechnet mit einem Standard-Anfangsgewicht von 60 g an<sup>-1</sup> (HAUS DÜSSE, 2008). Hähne erreichen ein typisches Mastendgewicht von 18 bis 21,5 kg an<sup>-1</sup> bei einer Mastdauer von 19 bis 23 Wochen. Hennen werden mit 8,5 bis 10,5 kg an<sup>-1</sup> geschlachtet. Ihre Mastdauer beträgt 14 bis 17 Wochen (KTBL 2006a, S. 604 ff; FELDHAUS und SIEVERDING, 2007, S. 31 ff). Zu den im Inventar verwendeten Mastdauern siehe Table 8.27.

Wegen der erheblichen Unterschiede bei Mastverlauf und Mastendgewicht (siehe Figure 8.2) werden Hähne und Hennen im Inventar getrennt behandelt. Das Rechenverfahren selbst ist für beide Unterkategorien gleich.

**Figure 8.2: Turkeys, typical animal weight and weight gain developments**



Left: males, right: females; solid lines: weights; dotted lines: weight gains. (data source: DLG, 2005, pg. 51)

In order to reflect the development in turkey rearing since 1990, the inventory uses year-dependent data for the duration of fattening, final live weight and ratio of feed intake to weight gain. These data sets are taken from the poultry almanacs (PETERSEN, 1993-1999; DAMME, 2000-2013). There is no regional differentiation. However, as turkey rearing is quite uniform all over Germany, the data sets are considered nationally applicable.

For the years 1990 to 1992 and 2010 no data are available from the Poultry Almanacs. Hence the almanac data of 1993 are applied to 1990 to 1992, while for 2010 the data gaps were closed by linear interpolation. For the years 2014 and 2015 no data are available, because the most recent data provided in the poultry almanacs are still the data reported first for 2013. As there is no clear trend in the time series of the poultry almanac data as of the year 2000, the 2013 data are kept for the years 2014 and 2015. Table 8.27 shows the data used for the emission calculations.

Um die züchterische Entwicklung seit 1990 abbilden zu können, stützt sich das Inventar auf zeitlich variable Eingangsdaten zur Mastdauer, Mastendgewicht und Futterverwertungskoeffizient. Diese Daten werden den Geflügeljahrbücher (PETERSEN, 1993-1999; DAMME, 2000-2013) entnommen. Sie sind räumlich nicht differenziert und werden wegen der Einheitlichkeit der Putenhaltung deutschlandweit einheitlich verwendet.

In den Jahren 1990-1992 und 2010 sind keine Daten aus Geflügeljahrbüchern verfügbar, so dass für 1990-1992 die Daten aus 1993 angenommen werden und für 2010 die Datenlücken durch lineare Interpolation geschlossen wurden. Für die Jahre 2014 und 2015 sind keine Daten verfügbar, da die aktuellsten Daten in den Geflügeljahrbüchern 2015 und 2016 weiterhin nur den Angaben für 2013 entsprechen. Da die Zeitreihen in den Jahren ab 2000 keinen ausgeprägten Trend aufweisen, werden daher für 2014 und 2015 die Daten von 2013 beibehalten. Table 8.27 zeigt die den Emissionsberechnungen zugrunde liegenden Daten bzw. Zeitreihen.

The start weight of turkeys is not officially surveyed. The inventory uses a start weight of 0.06 kg (according to HAUS DÜSSE, 2008).

The weighted aggregation of the results of female and male turkeys is based on a fraction of male turkey population of 55.7 %. This value is the arithmetic mean of the fractions reported in the poultry almanacs during the years 2000 to 2009. It is assumed constant, as no more up-to-date values have been reported in the years after 2009.

Das Puten-Anfangsgewicht wird offiziell nicht erhoben und daher einheitlich für alle Jahre der Zeitreihe mit 0,06 kg angesetzt (HAUS DÜSSE, 2008).

Für die gewichtete Aggregation der Ergebnisse von weiblichen und männlichen Puten zum Puten-Gesamtergebnis wird ein Anteil der männlichen Population von 55,7 % zugrunde gelegt. Dieser Wert stellt einen Mittelwert über die Geflügeljahrbuchdaten für die Jahre 2000 bis 2009 dar, der mangels weiterer Daten für die gesamte Zeitreihe als konstant angenommen wird.

**Table 8.27: Turkeys, animal performance and growth-related feed intake**

$\tau_{\text{lifespan}}$ : duration of fattening period;  $w_{\text{fin}}$ : final weight;  $x_{\text{feed}}$ : intake of diet mass (fresh matter) in kg per kg of animal weight gain.  
Data gaps closed are indicated in italics.

	male turkeys			female turkeys		
	$\tau_{\text{lifespan, tm}}$ d	$w_{\text{fin, tm}}$ kg	$x_{\text{feed, tm}}$ kg kg <sup>-1</sup>	$\tau_{\text{lifespan, tf}}$ d	$w_{\text{fin, tf}}$ kg	$x_{\text{feed, tf}}$ kg kg <sup>-1</sup>
1990	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
1991	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
1992	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
1993	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
1994	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
1995	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
1996	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
1997	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
1998	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
1999	150.8	17.9	2.827	103.90	8.00	2.827
2000	147.5	19.8	2.640	111.00	9.99	2.640
2001	146.8	19.9	2.660	111.50	9.95	2.660
2002	146.0	19.5	2.680	112.00	9.87	2.680
2003	146.0	20.3	2.680	112.00	10.10	2.680
2004	145.0	20.3	2.710	111.00	10.07	2.710
2005	146.0	20.6	2.730	111.00	10.20	2.730
2006	146.0	21.1	2.700	112.50	10.69	2.700
2007	145.0	21.0	2.680	111.00	10.57	2.680
2008	141.0	20.5	2.670	108.00	10.17	2.670
2009	145.0	21.2	2.620	111.00	10.83	2.620
2010	144.5	21.1	2.635	111.00	10.77	2.635
2011	144.0	21.0	2.650	111.00	10.70	2.650
2012	143.0	21.5	2.720	113.00	10.79	2.720
2013	145.0	21.4	2.690	113.00	10.86	2.690
2014	145.0	21.4	2.690	113.00	10.86	2.690
2015	145.0	21.4	2.690	113.00	10.86	2.690
2016	145.0	21.4	2.690	113.00	10.86	2.690

Sources: PETERSEN (1993 p.168, 1994 p. 164, 1995 p.181, 1996 p.184, 1997 p.192, 1998 p.193, 1999 p.196), DAMME (2000 p.204, 2001 p.189, 2002 p.201, 2003 p.76, 2004 p.85, 2009 p.87, 2010 p.70, 2013 p. 79, 2014 p. 89, 2014 p. 93); for further information see text.

### 8.8.2.2 Energy requirements / Energiebedarf

Assuming a feed intake according to the requirements, the mean daily requirements of metabolizable energy can be calculated from the amount of feed intake and the ME content of the feed:

Der mittlere tägliche Bedarf an metabolisierbarer Energie kann unter der Annahme bedarfsgerechter Fütterung aus Futteraufnahme und ME-Gehalt des Futters berechnet werden:

$$ME_{\text{tf} / \text{tm}} = \eta_{\text{ME, feed}} \cdot m_{\text{F, FM, tf} / \text{tm}} \quad (8.38)$$

$ME_{\text{tf} / \text{tm}}$  requirements of metabolisable energy (in MJ pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> ME)  
 $\eta_{\text{ME, feed}}$  content of metabolisable energy in turkey diet, related to fresh matter (in MJ kg<sup>-1</sup> ME), see Chapter 8.8.2.3  
 $m_{\text{F, FM, tf} / \text{tm}}$  feed intake (fresh matter) of female or male turkeys (in kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>), see Chapter 8.8.2.3

### 8.8.2.3 Feed intake and feed properties / Futteraufnahme und Futtereigenschaften

In order to calculate VS excretions (see Chapter 8.8.4) the input data needed are the amount of feed taken in per place and year as well as dry matter content and digestibility of the feed.

The daily feed intake is calculated separately for male and female turkeys. Equation (8.39) shows the calculation for female turkeys but applies to male turkeys by analogy.

$$m_{F, FM, tf} = x_{feed, tf} \cdot \frac{w_{fin, tf} - w_{start, tf}}{\tau_{lifespan, tf}} \quad (8.39)$$

$m_{F, FM, tf}$	feed intake (fresh matter) of female turkeys (in kg $pl^{-1} d^{-1}$ )
$x_{feed, tf}$	intake of diet mass (fresh matter) per unit of animal weight gain (in kg $kg^{-1}$ ), see Chapter 8.8.2.1
$w_{start}$	start weight (in kg), see Chapter 8.8.2.1
$w_{fin, tf}$	final weight of female turkeys (in kg), see Chapter 8.8.2.1
$\tau_{lifespan, tf}$	duration of lifetime of female turkeys (in d), see Chapter 8.8.2.1

The unknown digestibility of energy  $X_{DE, tu}$  is approximated by the digestibility of organic matter (67 %) as provided by SESKEVICIENE et al. (2005), i. e.  $X_{DE, tu} = X_{DOM, tu} = 0,67 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . As the digestibility of energy actually is somewhat lower than the digestibility of organic matter, the assumption  $X_{DOM} = X_{DE}$  leads to a slight overestimation of  $CH_4$  emissions from manure management.

According to RHG (2006), the ash content of feed is 8 % for the starter phase, 6.5 % for the main phase and 5 % for the final phase. Taking into account that the main phase represents by far the greatest fraction of the total production cycle, its ash content (6.5 %) is assumed to be representative for the total production cycle. Based on the dry matter content of feed (88 %) the dry matter-related ash content is 7,4 %.

Due to lack of information, the feeding-related data are assumed to be constant with time and space.

In order to establish the N balance of the animal as a basis for the calculation of the emissions of N species the N content of the feed ( $x_N$ ) is needed, see Chapter 8.8.6.1. The N content is derived from national data on turkey phase feeding, weighted with the amount of feed taken in, see Table 8.28. The data sets presented in Table 8.28 also show information on N reduced feeding. However, due to lack of data on the temporal and spatial distribution, the N reduced feeding cannot be accounted for in the inventory.

For the mean specific ME content of the feed ( $\eta_{ME, feed}$ ) see Table 8.28.

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Für die VS-Ausscheidungsrechnung (siehe Kapitel 8.8.4) werden als Eingangsgrößen die pro Tierplatz und Jahr aufgenommene Futtermenge sowie Trockenmassegehalt und Verdaulichkeit des Futters benötigt.

Die tägliche Futtermenge wird für weibliche und männliche Puten getrennt berechnet. Gleichung (8.39) zeigt dies für die weiblichen Puten. Die Berechnung für die männlichen Puten erfolgt analog.

Die nicht bekannte Verdaulichkeit von Energie  $X_{DE, tu}$  wird durch die von SESKEVICIENE et al. (2005) Verdaulichkeit von organischer Substanz approximiert:  $X_{DE, tu} = X_{DOM, tu} = 0,67 \text{ MJ MJ}^{-1}$ . Da die Verdaulichkeit von Energie eigentlich etwas niedriger als die von organischer Substanz ist, bewirkt diese Annahme eine leichte Überschätzung der  $CH_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management.

Der Aschegehalt des Futters beträgt, bezogen auf Frischmasse, nach RHG (2006) 8 % für die Starterphase, 6,5 % für die Mittelmast und 5 % für die Endmast. In Anbetracht des überwiegenden Zeitanteils der Mittelmast wird der entsprechende Aschegehalt als repräsentativ angesehen (6.5 %). Unter Berücksichtigung des Trockenmassegehaltes von 88 % ergibt sich daraus ein auf Trockenmasse bezogener Aschegehalt von 7,4 %.

Mangels besserer Informationen werden die Futterkennwerte als zeitlich und räumlich konstant angesehen.

Zur Erstellung der tierischen N-Bilanz als Grundlage für die Berechnung der Emissionen von N-Spezies wird der N-Gehalt  $x_N$  im Futter benötigt, siehe Kapitel 8.8.6.1. Dieser wird als mit der Futtermenge gewichtetes Mittel aus nationalen Daten zur Phasenfütterung abgeleitet, siehe Table 8.28. Diese Datenaufstellung zeigt auch Informationen zur N-reduzierten Fütterung. Mangels Daten zur regionalen und zeitlichen Verteilung kann eine mögliche N-reduzierte Fütterung in den Emissionsberechnungen derzeit aber nicht berücksichtigt werden.

Der mittlere spezifische ME-Gehalt des Futters ( $\eta_{ME, feed}$ ) ist Table 8.28 zu entnehmen.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

**Table 8.28: Turkeys, phase feeding, feed nitrogen contents ( $x_N$ ) and specific ME contents ( $\eta_{ME, feed}$ ); amounts of feed in fresh matter, nitrogen contents and specific ME contents related to fresh matter**

Phase	lifetime period, weeks	feed intake, males <sup>a</sup> kg	feed intake, females <sup>a</sup> kg	$x_N$ <sup>a</sup> kg kg <sup>-1</sup>	$x_N, N$ reduced feed <sup>a</sup> kg kg <sup>-1</sup>	$\eta_{ME, feed}$ <sup>b</sup> MJ kg <sup>-1</sup>
turkeys A	1 to 2	0.47	0.43	0.0464	0.0464	11.0
turkeys B	3 to 5	2.44	2.02	0.0424	0.0424	11.0
turkeys C	6 to 9	7.38	5.97	0.0384	0.0368	11.4
turkeys D	10 to 13	11.09	8.80	0.0336	0.0320	11.4
turkeys E	14 to 17	13.90	10.68	0.0288 males 0.0296 females	0.0288 males 0.0296 females	11.8
turkeys F	18 to 22	21.50	---	0.0256	0.0240	12.6
overall feed intake (kg)		56.78	27.90			
weighted mean (in kg kg <sup>-1</sup> )				0.0305 males 0.0339 females	0.0294 males 0.0331 females	11.93 males 11.52 females

<sup>a</sup> Source: DLG, 2005, pg. 51<sup>b</sup> Source: KTBL (2006), pg. 618

### 8.8.3 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).

### 8.8.4 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 3.3.4.1.

Volatile solids (VS) excretion rates are calculated using the modified IPCC approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the required data see Chapter 8.8.2.3.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity  $B_0$  and the methane conversion factor  $MCF$  are  $0.36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$  and  $0.01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  respectively.

The  $MCF$  for anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

German data on the uncertainty of CH<sub>4</sub> emissions from manure management do not exist. IPCC(2006)-10.48 estimates the uncertainty of Tier 2 approaches to be 20 %. This value is, according to the definition of uncertainty used in Chapter 3 in IPCC (2006a), interpreted as half the 95 % confidence interval. 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 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidungen („volatile solids“) werden nach dem gegenüber IPCC modifizierten Verfahren von DÄMMGEN et al. (2011a) berechnet, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Für die erforderlichen Daten siehe Kapitel 8.8.2.3.

Nach IPCC(2006)-10.82 liegt die maximale Methan-Freisetzungskapazität  $B_0$  bei  $0,36 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 (\text{kg VS})^{-1}$ , und der Methan-Umwandlungsfaktor  $MCF$  wird mit  $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  angesetzt.

Der  $MCF$ -Wert für die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung wird berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Stufe-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

### 8.8.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of NMVOC emissions follows the EMEP(2013) methodology, for emission factors and uncertainties see Chapter 3.3.4.2.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen werden nach EMEP(2013) berechnet, für Emissionsfaktoren und Angaben zur Unsicherheit siehe Kapitel 3.3.4.2.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

### 8.8.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of the emissions of nitrogen species is based on the knowledge of N excretions (their

Die Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen

amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of  $N_{org}$  in UAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage (see Chapter 3.3.4.4.1).

(Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von  $N_{org}$  in UAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

#### 8.8.6.1 N excretion rates / N-Ausscheidungen

The annual N excretion on an average animal place (for the animal place definition see Chapter 3.1.2.2) results from N mass balance. As input data are assumed to be constant in space (see Chapter 8.8.2.1), the calculated N excretion is the same for all federal states.

The respective equations are given for female turkeys but apply to male turkeys by analogy:

$$m_{\text{excr,tf}} = m_{\text{feed,tf}} - m_{\text{g,tf}} \quad (8.40)$$

$m_{\text{excr,tf}}$	annual nitrogen excretion (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{feed,tf}}$	annual nitrogen intake with feed (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{g,tf}}$	annual nitrogen retention with growth (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

with

$$m_{\text{feed,tf}} = \alpha \cdot m_{\text{F,FM,tf}} \cdot x_{\text{N}} \quad (8.41)$$

$m_{\text{feed,tf}}$	annual nitrogen intake with feed (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$m_{\text{F,FM,tf}}$	daily intake of feed, fresh matter (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ), see Chapter 8.8.2.3
$x_{\text{N}}$	mean nitrogen content of feed (in kg kg <sup>-1</sup> ), see Chapter 8.8.2.3

and

$$m_{\text{g,tf}} = \alpha \cdot x_{\text{N,ret,tu}} \cdot \frac{w_{\text{fin,tf}} - w_{\text{start,tf}}}{\tau_{\text{lifespan,tf}}} \quad (8.42)$$

$m_{\text{g,tf}}$	annual nitrogen retention with growth (female turkeys) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\alpha$	time units conversion factor ( $\alpha = 365 \text{ d a}^{-1}$ )
$x_{\text{N,ret,tu}}$	mean N content of turkeys ( $x_{\text{N,ret,tu}} = 0.035 \text{ kg kg}^{-1}$ , see LFL, 2006a, Tabelle 8)
$w_{\text{start}}$	start weight (in kg), see Chapter 8.8.2.1
$w_{\text{fin,tf}}$	final weight of female turkeys (in kg), see Chapter 8.8.2.1
$\tau_{\text{lifespan,tf}}$	duration of lifetime of female turkeys (in d), see Chapter 8.8.2.1

The share of UAN in the N excretions is calculated: 63 %. It is lower than the EMEP standard value of 70 % (EMEP, 2016-3B-29, Table 3.9).

Der UAN-Gehalt im ausgeschiedenen N wird berechnet und liegt bei rund 63 % und damit unter dem EMEP-Standardwert von 70 % (EMEP, 2016-3B-29, Table 3.9).

#### 8.8.6.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh

N inputs with bedding material is taken into account. Bedding material is assumed to be straw. According to KTBL (2006), pg. 604, an input of straw fresh matter of 10.3 kg per place and year is assumed.

For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

Der N-Eintrag durch Einstreu wird in Form von Stroh-N berücksichtigt. Nach KTBL (2006), S. 604, wird eine Einstreumenge von 10,3 kg Strohfrischmasse pro Platz und Jahr angenommen.

Zu Kennwerten von Stroh siehe Kapitel 3.3.4.3.2.

#### 8.8.6.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren

For male and female turkeys the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“, EURICH-

Für Hähne gibt die KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (EURICH-MENDEN et al., 2011) (Landtechnik-Artikel) einen platzbezogenen Stall-



MENDEN et al., 2011) provide emission factors of 0.680 kg NH<sub>3</sub> and 0,387 kg NH<sub>3</sub>, respectively (per place and year). The conversion into emission factors related to N excreted is presented in Table 8.29. This conversion is needed for the inventory. However, considering the similarity of housing conditions for hens and cocks, the resulting difference between both emission factors is unplausible. Hence, the arithmetic mean is used.

For the partial NH<sub>3</sub>-N emission factor for storage, the value given in EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, is used: 0.24 kg kg<sup>-1</sup>. The emission factor relates to the UAN amount entering the storage.

Emissionsfaktor von 0,680 kg NH<sub>3</sub> pro Platz und Jahr an, für Hennen 0,387 kg NH<sub>3</sub> pro Platz und Jahr. Die für das Inventar erforderliche Umrechnung auf NH<sub>3</sub>-N sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge sind in Table 8.29 dargestellt. Der sich dabei ergebende Unterschied ist in Anbetracht vergleichbarer Haltungsverfahren nicht plausibel, weshalb im Inventar mit dem Mittelwert der beiden Emissionsfaktoren gerechnet wird.

Der partielle NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, mit 0,24 kg kg<sup>-1</sup> angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

**Table 8.29: Turkeys, derivation of partial emission factors for NH<sub>3</sub> losses from housing**

	EF <sup>a</sup>	EF <sup>b</sup>	standard N excretion <sup>c</sup>	standard N excretion <sup>d</sup>	EF related to standard N excretion	EF used in the inventory <sup>e</sup>
	kg NH <sub>3</sub> (pl · a) <sup>-1</sup>	kg NH <sub>3</sub> -N (pl · a) <sup>-1</sup>	kg N per animal	kg N (pl · a) <sup>-1</sup>	kg NH <sub>3</sub> -N (kg N <sub>excr</sub> ) <sup>-1</sup>	kg NH <sub>3</sub> -N (kg N <sub>excr</sub> ) <sup>-1</sup>
cocks	0.680	0.560	0.973	2.200	0.2545	0.222
hens	0.387	0.319	0.564	1.676	0.1902	

<sup>a</sup> Source: EURICH-MENDEN et al. (2011)

<sup>b</sup> Source: EURICH-MENDEN et al. (2011), data multiplied by 14/17 to transform from NH<sub>3</sub> to NH<sub>3</sub>-N units

<sup>c</sup> Source: DLG (2005), pg. 51

<sup>d</sup> Derived from the standard N excretion per animal by multiplying with the number of production cycles per year

<sup>e</sup> see text

For spreading, a partial NH<sub>3</sub>-N emission factor of 0.45 kg kg<sup>-1</sup> is used (related to UAN), reflecting the fact that incorporation is assumed to happen within 24 hours (see Table 8.3).

Anaerobic digestion of poultry manure including storage of digestate is treated as a separate type of storage. The respective emission factors are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

The emission factors for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> are combined factors for house and storage, see Chapter 8.2, Table 8.2.

The emission factors for the separate storage type “anaerobic digestion of poultry manure” are calculated (see Chapter 3.3.4.4.1).

NO emissions from manure management are reported (as NO<sub>x</sub>), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The uncertainty of the NH<sub>3</sub> emission factor characterizing the overall NH<sub>3</sub> emissions per animal place from the animal house, storage and application is calculated and provided in the inventory (see Chapter 14.5).

For the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factor combined for animal house and storage see Chapter 14.4.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N<sub>2</sub> emission factors, the uncertainty of the N<sub>2</sub>O emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

Für die Ausbringung wird ein partieller NH<sub>3</sub>-N-Emissionsfaktor von 0,45 kg kg<sup>-1</sup> bezogen auf UAN verwendet (vgl. Table 8.3), der auf der Annahme einer Einarbeitung innerhalb von 24 h beruht.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestelagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Zu den für Stall und Lager zusammengefassten Emissionsfaktoren für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub> siehe Kapitel 8.2, Table 8.2.

Die zum eigenständigen Lagertyp „Vergärung von Geflügelkot“ gehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO<sub>x</sub>), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Unsicherheit des NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogene NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ siehe Kapitel 14.4.1.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren wird die Unsicherheit des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

#### 8.8.6.4 Indirect N<sub>2</sub>O from manure management / Indirektes N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. (Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digested manures are reported in Sector 3.D. For the calculation of these emissions see Chapter 12.)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. (Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)



#### 8.8.6.5 *Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of the emission factors and the the activity data (amounts of N) see Chapter 4.3.8.9.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und der zugrunde liegenden N-Mengen siehe Kapitel 4.3.8.9.

(Hinweis: Nur für Legehennen gibt es die Möglichkeit für Freilandaufenthalt („Weidegang“).)

#### 8.8.7 *Emissions of particulate matter / Partikelemissionen*

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.5. The emission factors are listed in Table 8.30. For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen. Die Emissionsfaktoren sind in Table 8.30 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

**Table 8.30: Turkeys, emission factors for particle emissions from housing**

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	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>
straw based	strohbasierend	0.11	0.11	0.02

Source: EMEP(2016)-3B-19, Table 3.5

#### 8.8.8 *References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung*

**Table 8.31: Turkeys, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.26	EM1005.28
		NMVOC	EM1007.26	EM1007.28
		NH <sub>3</sub>	EM1009.76	EM1009.84
		N <sub>2</sub> O	EM1009.116	EM1009.118
		NO	EM1009.146	EM1009.148
		TSP	EM1010.26	EM1010.28
		PM <sub>10</sub>	EM1010.56	EM1010.58
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.86	EM1010.88
Activity data	Aktivitäten		AC1005.32	AC1005.34
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.26	IEF1005.28
		NMVOC	IEF1007.26	IEF1007.28
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.73	IEF1009.81
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.109	IEF1009.111
		NO	IEF1009.137	IEF1009.139
		TSP	IEF1010.25	IEF1010.27
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.53	IEF1010.55
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.81	IEF1010.83
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.82	AI1005POU.127
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.91	EXCR.92

## 8.9 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 8.9.1. (For the basic rules of data aggregation see Chapter 4.9.2.)

For the emission reporting of air pollutants, a differentiation has to be made between laying hens, broilers, turkeys and “other poultry”. For the aggregation of “other poultry” data the methods listed in Chapter 8.9.1 are used by analogy.

Treibhausgasemissionen sind für Geflügel insgesamt zu berichten. Die Aggregation der Daten wird in Kapitel 8.9.1 beschrieben. (Zu Grundprinzipien der Aggregation siehe Kapitel 4.9.2.)

Bei den luftverschmutzenden Gasen und Stoffen wird in der Berichterstattung nach Legehennen, Masthähnchen und –hühnchen, Puten sowie „anderes Geflügel“ unterschieden. Die Datenaggregation für „anderes Geflügel“ folgt sinngemäß Kapitel 8.9.1.

### 8.9.1 Aggregated data for poultry / Zusammenfassende Daten für Geflügel

#### 8.9.1.1 Animal numbers / Tierzahlen

The total animal number of poultry is the sum of of the official animal numbers in Table 8.1.

Die Gesamtzahl des Geflügels im Inventar entspricht der Summe der amtlichen Tierzahlen in Table 8.1.

$$n_{\text{poultry}} = n_{\text{AA}} + n_{\text{AB}} + n_{\text{AC}} + n_{\text{AD}} + n_{\text{AE}} + n_{\text{AF}} = n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}} \quad (8.43)$$

$n_{\text{AA}}$  etc. number of animals in census subcategory AA, etc. (see Table 8.1)  
 $n_{\text{lh}}$  etc. number of animals in inventory categories, etc. (see Chapters 8.3 to 8.8)

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distribution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

#### 8.9.1.2 Animal weights / Tiergewichte

The mean animal weight of poultry is calculated from the mean weights of the various poultry categories. The mean weight represents a value valid for a certain reference date and is assumed to be valid for the entire year like the numbers of animal places (for constancy of animal places see Chapter 3.1.2.2).

Das mittlere Gewicht von Geflügel wird aus den mittleren Gewichten der einzelnen Geflügelkategorien berechnet. Es stellt einen auf einen Stichtag bezogenen Gewichtswert dar und wird wie die Tierplatzzahlen als konstant während eines Jahres angesehen. (Zur Konstanz der Tierplatzzahlen siehe Kapitel 3.1.2.2.)

$$w_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot w_{\text{mean, lh}} + n_{\text{br}} \cdot w_{\text{mean, br}} + n_{\text{pu}} \cdot w_{\text{mean, pu}} + n_{\text{ge}} \cdot w_{\text{mean, ge}} + n_{\text{du}} \cdot w_{\text{mean, du}} + n_{\text{tu}} \cdot w_{\text{mean, tu}}}{n_{\text{poultry}}} \quad (8.44)$$

$w_{\text{mean, poultry}}$  mean weight of poultry (in kg an<sup>-1</sup>)  
 $n_{\text{lh}}$  number of places of laying hens (in pl)  
 $w_{\text{mean, lh}}$  mean weight of laying hens (in kg an<sup>-1</sup>)  
 etc.  
 $n_{\text{poultry}}$  total number of poultry places (in pl), see Chapter 8.9.1.1

The mean animal weights of the poultry 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 broilers is assumed to be 1 kg as there is no data to calculate this mean weight.
- The mean weight of pullets is half the 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, female and male and turkeys is calculated in a simplified manner as half the final fattening weight.

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.
- Für Masthähnchen und –hühnchen wird ein mittleres Gewicht von 1 kg pro Tier angesetzt, da Daten für eine Berechnung fehlen.
- Das mittlere Gewicht von Junghennen wird als Hälfte der Summe von Küken- und Endgewicht berechnet, wobei das Endgewicht der Junghennen dem Anfangsgewicht der Legehennen entspricht.
- Das mittlere Gewicht von Enten, weiblichen und männlichen Puten wird vereinfachend mit der Hälfte des Mastendgewichtes gleichgesetzt

- For geese the mean weight is primarily calculated according to the procedure used for ducks and turkeys, but is then multiplied by the factor 0.5 to account of the fact that a geese place is occupied about half a year only.
- Bei Gänsen wird das mittlere Gewicht zunächst wie bei Enten und Puten berechnet, zusätzlich aber noch mit dem Faktor 0,5 multipliziert, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass ein Gänseplatz größenordnungsmäßig nur ein halbes Jahr besetzt ist.

### 8.9.1.3 Calculation of mean VS and N excretions / Berechnung mittlerer VS- und N-Ausscheidungen

The mean daily VS excretion for poultry are assessed as follows:

Die mittlere tägliche VS-Ausscheidung für Geflügel wird wie folgt berechnet:

$$VS_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{lh} \cdot VS_{lh} + n_{br} \cdot VS_{br} + n_{pu} \cdot VS_{pu} + n_{ge} \cdot VS_{ge} + n_{du} \cdot VS_{du} + n_{tu} \cdot VS_{tu}}{n_{\text{poultry}}} \quad (8.45)$$

$VS_{\text{mean, poultry}}$  mean daily VS excretion of poultry (in kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)  
 $n_{lh}$  number of places of laying hens (in pl)  
 $VS_{lh}$  daily VS excretion of laying hens (in kg pl<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>)  
 etc.  
 $n_{\text{poultry}}$  total number of poultry places (in pl), see Chapter 8.9.1.1

Opposite to the calculation procedure for the mean weight (see Chapter 8.9.1.2), the annual VS excretion of geese is not multiplied by 0.5 as this factor is already implicitly included in the value of the VS excretion, see Chapter 8.6.4.

Anders als beim Gewicht (siehe Kapitel 8.9.1.2) wird die jährliche VS-Ausscheidung von Gänsen nicht mit einem Faktor 0,5 multipliziert, da dieser Faktor implizit bereits in der VS-Ausscheidung enthalten ist, siehe Kapitel 8.6.4.

The different poultry subcategories have different values of the maximum possible methane production capacity  $B_o$ . Averaging of the different values of  $B_o$  is based on Equation (3.29) in Chapter 3.3.4.1:

Die Geflügel-Unterkategorien haben unterschiedliche maximale Methanproduktionskapazitäten  $B_o$ . Deren Mittelung erfolgt unter Berücksichtigung von Gleichung (3.29) in Kapitel 3.3.4.1:

$$B_{o, \text{mean, poultry}} = \frac{EM_{\text{CH}_4, \text{MM, poultry}}}{\sum n_i \cdot VS_i \cdot \rho_{\text{CH}_4} \cdot MCF_i} \quad (8.46)$$

$B_{o, \text{mean, poultry}}$  mean  $B_o$  of poultry (in m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>)  
 $EM_{\text{CH}_4, \text{MM, poultry}}$  total CH<sub>4</sub> emissions from manure management of poultry (in Gg a<sup>-1</sup>)  
 $n_i$  population of poultry category i  
 $VS_i$  total VS excretion of poultry category i (in Gg a<sup>-1</sup>)  
 $\rho_{\text{CH}_4}$  density of methane ( $\rho_{\text{CH}_4} = 0.67 \text{ kg m}^{-3}$ )  
 $MCF_i$  methane conversion factor for the manure management of poultry poultry category i (in kg kg<sup>-1</sup>), see text

Mean N excretion is calculated by analogy to mean VS excretion.

Die mittlere N-Ausscheidung wird analog zur mittleren VS-Ausscheidung berechnet.

### 8.9.1.4 Implied emission factors (IEF) / Aggregierte Emissionsfaktoren (IEF)

The calculation of the mean IEF for poultry is done by analogy to the calculation of the mean VS excretion, see Chapter 8.9.1.3.

Die Berechnung des mittleren IEF für Geflügel erfolgt analog zur Berechnung der mittleren VS-Ausscheidung, siehe Kapitel 8.9.1.3.

### 8.9.2 International comparison / Internationaler Vergleich

Within the framework of quality assurance a comparison of input data and inventory results was made on European level. (For details of the procedure of the comparison see Chapter 4.3.10.)

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleuropäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.10.)

In Table 8.32 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables for the overall animal category "poultry" as reported in GHG emission reporting.

Table 8.32 vergleicht die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärenden Variablen für alle Geflügelkategorien zusammengefasst, wie es der Berichtsweise für Treibhausgase entspricht.

For IEF<sub>CH<sub>4</sub></sub> from enteric fermentation no comparison is made, because IPCC does not provide a methodology and Germany therefore did not calculate such emissions.

Ein Vergleich für den IEF<sub>CH<sub>4</sub></sub> aus der Verdauung entfällt, da IPCC dafür keine Methode angibt und Deutschland daher keine Emissionen berechnet hat.

**Table 8.32: Poultry, 2015, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for manure management (MM)**

	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, MM</sub>  kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	NH <sub>3</sub>	direct N <sub>2</sub> O
					(without spreading) kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup>
Austria	NA	NA	0.54	0.026	0.218	0.00080
Belgium	1.56	NE	1.60	0.023	0.099	0.00092
Czech Republic	2.00	NA	0.60	0.173	0.265	0.00872
Denmark <sup>a</sup>	2.00	0.021	0.55	0.031	0.120	0.00089
France	NE	0.022	0.48	0.029	0.190	0.00070
<b>Germany</b>	<b>1.69</b>	<b>0.025</b>	<b>0.72</b>	<b>0.034</b>	<b>0.174</b>	<b>0.00128</b>
Netherlands	n/a	0.022	n/a	0.027	0.099	n/a
Poland	NA	NA	0.48	0.027	0.264	0.00085
Switzerland	NA	0.013	0.53	0.018	0.107	0.00081
United Kingdom	NE	0.015	0.58	0.020	0.059	0.00089
IPCC (2006)- 10.82, West- ern Europe, cool region, developed countries <sup>b</sup>	1.61	0.017	0.52	0.027		
EMEP (2013)-3B-27, 15			0.57 <sup>c</sup>		(0.22 to 0.95) <sup>d</sup>	
EMEP (2016)-3B-29, 16			0.57 <sup>c</sup>		(0.15 to 0.56) <sup>e</sup>	

Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables; CEIP (2017), NFR

n/a, NA, NE: No data available for different reasons

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

<sup>b</sup> Weighted means, calculated using IPCC default weights, IPCC default VS and N excretions, and 2015 national animal numbers; assumptions for missing IPCC values: geese weight = 1/2 default turkey weight; pullet weight = 1/2 default layer weight; geese excretions = turkey excretions; pullet excretions and IEF = 1/3 of the respective values for layers.

<sup>c</sup> Calculated according to EMEP (2013, 2016) using EMEP default N excretions and 2015 national poultry numbers; assumption for missing EMEP N excretion of pullets: 1/3 of the value for laying hens.

<sup>d</sup> The EMEP 2013 default includes NH<sub>3</sub> from housing, storage *and spreading*.

<sup>e</sup> The EMEP 2016 default includes NH<sub>3</sub> from housing, storage *but not spreading*.

Half the countries do not provide mean animal weights. Czech Republic and Denmark report an integer value that seems to be an estimate. The German value is calculated from differentiated animal weight data. The result is located between the animal weights reported by Belgium and Czech Republic/Denmark and is somewhat higher than the IPCC reference value. The latter is not explicitly provided in IPCC (2006), but has been calculated according to the methodology described in IPCC (2006) and using the animal numbers of the different German poultry categories.

The German values for the excretions of VS and N have the same order of magnitude like the values of the other countries, but mark the upper end. The same holds for the CH<sub>4</sub> IEFs for manure management, if the implausibly high Czech value is neglected. A possible explanation is that Germany calculates N excretions from the N balances of the animals (except for geese) and that VS excretions are calculated not with the IPCC methodology but with an improved methodology. Another reason might be that the IPCC and EMEP default values that are used by some countries are underestimating current conditions of poultry husbandry in Central Europe.

Für die Hälfte der Länder liegen keine mittleren Tiergewichte vor. Tschechien und Dänemark geben einen ganzzahligen Wert an, der den Anschein einer Schätzung erweckt. Der berechnete deutsche Wert beruht auf differenzierten Tiergewichtsangaben. Er liegt zwischen den Werten von Belgien und Tschechien/Dänemark und etwas über dem IPCC-Vergleichswert, der in IPCC (2006) nicht explizit angegeben wird, sondern für den hier vorliegenden Vergleich nach IPCC-Regeln unter Berücksichtigung der deutschen Geflügelpopulationsgrößen ermittelt wurde.

Die deutschen Ausscheidungswerte (VS und N) passen in der Größenordnung zu den Werten der anderen Länder, liegen aber am oberen Ende der Skala. Das Gleiche gilt für den CH<sub>4</sub>-IEF für das Wirtschaftsdünger-Management, wenn man den unplausibel hohen tschechischen Wert unberücksichtigt lässt. Eine mögliche Erklärung ist, dass Deutschland die N-Ausscheidungen mithilfe einer tierischen N-Bilanz (außer für Gänse) und die VS-Ausscheidungen mit einer gegenüber IPCC verbesserten Methodik berechnet und dass die von anderen Ländern teilweise verwendeten Default-Ansätze von IPCC und EMEP die aktuellen Verhältnisse in Mitteleuropa unterschätzen.

The German  $\text{NH}_3$  IEF with  $0.174 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  is slightly above the mean of the ten countries compared ( $0.160 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). Dividing the  $\text{NH}_3$  IEF by N excretion gives a kind of effective emission factor for manure management. Austria, the Czech Republic and Poland have relatively high values (in  $\text{kg kg}^{-1}$ : 0.401, 0.441, 0.553), while the other countries are between 0.062 (Belgium) and  $0.241 \text{ kg kg}^{-1}$  (Germany). The German value is slightly above the median of  $0.229 \text{ kg kg}^{-1}$ .

As to direct  $\text{N}_2\text{O}$  from manure management, the Czech Republic has an implausibly high value (like for  $\text{CH}_4$  from manure management). In order to facilitate the international comparison the data given in Table 8.32 were used to derive a  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor that is related to N excreted ( $= 28/44 * \text{N}_2\text{O-N IEF} / \text{N excretion}$ ). This emission factor is for all countries except the Czech Republic and Belgium at the level of the corresponding IPCC default value ( $0.001 \text{ kg kg}^{-1}$ ). The Czech value is  $0.0093 \text{ kg kg}^{-1}$ , which is almost one order of magnitude too high compared to the IPCC default value. The Belgian value is only  $0.0004 \text{ kg kg}^{-1}$  due to the very high N excretion.

Table 8.33 presents the IEF values for TSP, PM and NMVOC. For Switzerland are only data for laying hens available. Hence no Swiss IEFs for total poultry are provided in Table 8.33.

Der deutsche  $\text{NH}_3$ -IEF liegt mit  $0,174 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  etwas oberhalb des Mittelwertes der zehn Vergleichsländer ( $0,160 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ). Dividiert man den  $\text{NH}_3$ -IEF durch die N-Ausscheidung, erhält man eine Art effektiven Emissionsfaktor für das Wirtschaftsdünger-Management. Hierbei ergeben sich bei Österreich, Tschechien und Polen relativ hohe Werte (in  $\text{kg kg}^{-1}$ : 0,401; 0,441; 0,553), während die übrigen Länder zwischen 0,062 (Belgien) und  $0,241 \text{ kg kg}^{-1}$  (Deutschland) liegen. Der deutsche Wert liegt etwas über dem Median von  $0,229 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Beim direkten  $\text{N}_2\text{O}$  aus dem Wirtschaftsdünger-Management weist Tschechien wie beim  $\text{CH}_4$  einen unplausibel hohen IEF auf. Um den internationalen Vergleich zu erleichtern, lässt sich aus den Daten in Table 8.32 ein auf den ausgeschiedenen Stickstoff bezogener  $\text{N}_2\text{O-N}$ -Emissionsfaktor ( $= 28/44 * \text{N}_2\text{O-N-IEF} / \text{N-Ausscheidung}$ ) berechnen. Dieser liegt für alle Länder außer Tschechien und Belgien auf dem Niveau des entsprechenden IPCC-Defaultwertes ( $0,001 \text{ kg kg}^{-1}$ ). Der tschechische Wert liegt bei  $0,0093 \text{ kg kg}^{-1}$ , also fast eine Größenordnung zu hoch im Vergleich zum IPCC-Defaultwert. Der belgische Wert liegt wegen der sehr hohen N-Ausscheidung nur bei  $0,0004 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Table 8.33 zeigt die IEFs für TSP, PM und NMVOC. Für die Schweiz liegen nur die Ergebnisse für Legehennen vor, so dass keine IEFs für Geflügel insgesamt angegeben werden können.

**Table 8.33: Poultry, 2015, international comparison of implied emission factors for TSP, PM and NMVOC**

	IEF <sub>TSP</sub> $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	IEF <sub>PM10</sub> $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	IEF <sub>PM2.5</sub> $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$	IEF <sub>NMVOC</sub> $\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$
Austria	IE	IE	IE	NA
Belgium	0.080	0.080	0.013	0.137
Czech Republic	0.094	0.094	0.015	NE
Denmark <sup>a</sup>	0.084	0.026	0.002	0.153
France	0.098	0.098	0.013	IE
<b>Germany</b>	<b>0.090</b>	<b>0.034</b>	<b>0.004</b>	<b>0.158</b>
Netherlands	0.041	0.041	0.003	NE
Poland	0.068	0.031	0.001	NA
Switzerland	0.086	0.086	0.013	NE
United Kingdom	0.090	0.033	0.003	0.111
EMEP (2013)-3B-17, 16	0.069 to 0.52	0.069 to 0.52	0.009 to 0.07	0.108 to 0.489
EMEP (2013)-3B-19, 18	0.04 to 0.24	0.02 to 0.24	0.002 to 0.03	0.108 to 0.489

Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: CEIP (2017), calculated from original data

n/a, IE, NA, NE: No data available for different reasons

<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

Apart from the values of the Netherlands and Poland, the TSP IEF values are closely related. Germany is in the middle of this area.

For  $\text{PM}_{10}$  there are two groups: The first group (which also includes Germany) with IEF values between  $0.031$  and  $0.041 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ; the second group with IEFs, which are more than twice as high on average. A possible explanation for this would be that the former group already reported after EMEP (2016), while the second group still used the emission factors provided by EMEP (2013).

It is assumed that this is also the reason for the broad range of reported IEFs for  $\text{PM}_{2.5}$ . Again, Germany is one of the countries with the lower IEFs.

Abgesehen von den Werten der Niederlande und Polens liegen die TSP-IEF-Werte eng beieinander. Deutschland befindet sich etwa in der Mitte dieses Bereiches.

Bei  $\text{PM}_{10}$  gibt es zwei Gruppen: Die erste Gruppe (in der auch Deutschland liegt) mit IEF-Werten zwischen  $0,031$  und  $0,041 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ; die zweite Gruppe mit IEFs, die im Mittel mehr als doppelt so hoch sind. Eine mögliche Erklärung dafür wäre, dass die erstgenannte Gruppe bereits nach EMEP (2016) berichtet (hat), während die zweite Gruppe noch die Emissionsfaktoren aus EMEP (2013) verwendete.

In ähnlicher Weise ist vermutlich die große Bandbreite der  $\text{PM}_{2.5}$ -IEFs entstanden. Deutschland ist wiederum eines der Ländern mit den niedrigeren IEFs.

Only four countries report NMVOC emission factors: Belgium, Denmark, Germany and United Kingdom. The German emission factor is more or less on the same level with the Danish value, while the Belgian value and especially the French value are considerably lower.

Lediglich vier Länder geben NMVOC-Emissionsfaktoren an: Belgien, Dänemark, Deutschland, Vereinigtes Königreich. Der deutsche IEF liegt in etwa auf dem Niveau des dänischen IEF, während der belgische Wert und insbesondere der britische Wert merklich niedriger sind.

### 8.9.3 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 8.34: Poultry, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	EM1005.29	
		NMVOC	EM1007.29	
		NH <sub>3</sub>	EM1009.85	EM1009.87
		N <sub>2</sub> O	EM1009.119	
		NO	EM1009.149	
		TSP	EM1010.29	
		PM <sub>10</sub>	EM1010.59	
		PM <sub>2.5</sub>	EM1010.89	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.35	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH <sub>4</sub> enteric fermentation		
		CH <sub>4</sub> manure management	IEF1005.29	
		NMVOC	IEF1007.29	
		NH <sub>3</sub>	IEF1009.82	IEF1009.84
		N <sub>2</sub> O	IEF1009.112	
		NO	IEF1009.140	
		TSP	IEF1010.28	
		PM <sub>10</sub>	IEF1010.56	
		PM <sub>2.5</sub>	IEF1010.84	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.128	AI1005POU.142
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.93	EXCR.94

## 9 Deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals / Gehegewild, Kaninchen, Strauße und Pelztiere

### 9.1 Overview / Überblick

The CRF tables under IPCC (2006) require emission reporting for additional animal categories not covered in Chapters 4 to 8:

- Deer
- Rabbit
- Reindeer
- Ostrich
- Fur-bearing animals

There is no reindeer husbandry in Germany. For the other four categories, green house gas emissions as well as emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  have been estimated exemplarily for one single year, see the following sub-chapters. Table 9.1 shows the results of the GHG emissions calculations. These results served the National Coordination Agency (NaKo) within the Federal Environment Agency as a basis for the decision that these emissions are of little account and that they need not to be reported in the GHG inventory (see NIR 2018, Chapter 19.3.1 and 21). The conversions of  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2\text{O}$  to  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  have been based on GWP values given in IPCC (2007): 25 for  $\text{CH}_4$  and 298 for  $\text{N}_2\text{O}$ , see IPCC (2007).

Die CRF-Tabellen unter IPCC (2006a) sehen die Emissionsberichterstattung für zusätzliche, in den Kapiteln 4 bis 8 nicht berücksichtigte Tierkategorien vor:

- Gehegewild
- Kaninchen
- Rentiere
- Strauße
- Fur-bearing animals

Rentiere werden in Deutschland nicht gehalten. Für die übrigen vier Kategorien werden nachfolgend die Treibhausgasemissionen sowie die Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  exemplarisch für ein Jahr geschätzt. Table 9.1 fasst die Ergebnisse der THG-Berechnungen zusammen. Sie dienen der Nationalen Koordinierungsstelle (NaKo) des Umweltbundesamtes als Grundlage für die Entscheidung, dass die entsprechenden Emissionen als geringfügig einzustufen sind und daher im THG-Inventar nicht berichtet werden müssen (siehe NIR 2018, Kapitel 19.3.1 und 21). Die Umrechnung in die Einheit  $\text{CO}_{2\text{eq}}$  erfolgte mit einem GWP von 25 für  $\text{CH}_4$  und von 298 für  $\text{N}_2\text{O}$ . Zu den GWP-Werten siehe IPCC (2007).

**Table 9.1: GHG emissions of deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals**

	$\text{CH}_4$ ( $\text{Gg a}^{-1}$ )	$\text{N}_2\text{O}$ ( $\text{Gg a}^{-1}$ )	$\text{CO}_{2\text{eq}}$ ( $\text{Gg a}^{-1}$ )
total	5.635	0.1151	175.15
deer	5.348	0.0853	159.11
rabbit	0.194	0.0147	9.21
ostrich	0.043	0.0025	1.83
fur-bearing animals	0.050	0.0126	5.00

### 9.2 Animal numbers / Tierplatzzahlen

In Germany there are no official statistics on population sizes of deer, rabbit, ostrich and fur animals.

Table 9.2 shows estimates made by the Federal Statistical Office (C. Schreiner, Federal Statistical Office, personal communication). These figures are interpreted as numbers of mean animal places occupied all year round (see Chapter 3.1.2.2). The FAO also provides figures for rabbits, but those figures are far lower than the figures estimated by the Federal Statistical Office. For this reason, the approach used here may be considered a conservative one.

In Deutschland gibt es für Gehegewild, Kaninchen, Strauße und Pelztiere keine offizielle Erhebung der Tierzahlen.

Table 9.2 zeigt Schätzungen des Statistischen Bundesamtes (C. Schreiner, Statistisches Bundesamt, pers. Mitteilung). Diese Zahlen werden als durchgängig belegte Tierplätze interpretiert (siehe Kapitel 3.1.2.2). Die FAO bietet für Kaninchen ebenfalls Zahlen an, die aber weit unter den nationalen Zahlen liegen. Daher ist der Ansatz, der hier gewählt wird, als konservativ einzustufen.



**Table 9.2: Mean animal populations estimated by Federal Statistical Office**

	population	source	Quelle
deer	264 500	federal-state associations for agricultural husbandry of deer, survey for 2008/2009	Landesverbände für landwirtschaftliche Wildtierhaltung, Umfrage im Zeitraum 2008/2009
rabbit	440 000	German association of producers of rabbit meat and rabbit fur	Bundesverband deutscher Kaninchenfleisch- und -wollerzeuger e.V.
ostrich	7 632	Animal Diseases Fund (2012)	Tierseuchenkasse (2012)
fur-bearing animals	63 500	Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV), 18 farms in 2012	Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), 18 Pelztierfarmen in 2012

### 9.3 CH<sub>4</sub> from enteric fermentation / CH<sub>4</sub> aus der Verdauung

For ostrich no CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation have been calculated, because IPCC (2006) does not provide a methodology. The emissions for deer, rabbit and fur-bearing animals have been calculated by multiplying the animal numbers with the respective emission factor.

For deer the default CH<sub>4</sub> emission factor given in IPCC (2006)-10.28, Table 10.10, was used (20 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>).

IPCC (2006) does not provide an emission factor for rabbit. However, according to Footnote 1 of Table 10.10 in IPCC (2006)-10.28, the emission factor can be approximated by scaling the emission factor of an animal category with similar enteric digestion system with the ratio of animal weights raised to the power of 0.75. For such an estimate, the animal category of horses was chosen as horses are neither ruminants (like cattle, sheep or goats) nor omnivores (like pigs). According to IPCC (2006)-10.28, Table 10.10, the live weight of horses was chosen to be 550 kg. The rabbit weight was assumed to be 3.0 kg. This is the final live weight of fattened rabbit, see LfL Bayern [<http://www.lfl.bayern.de/ilt/tierhaltung/kleintiere/023092/>]). Using the CH<sub>4</sub> emission factor for horses (18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, IPCC (2006)-10.28, Table 10.10), the resulting CH<sub>4</sub> emission factor of rabbit is 0.36 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

For fur-bearing animals, the emission factor used by Estonia, Iceland, Latvia, Lithuania and Norway (see NIR 2017) has been adopted: 0.1 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Table 9.3 shows the calculated annual emissions from enteric fermentation with deer, rabbit and fur-bearing animals (totals of the emissions all animals of the respective categories). The conversion of CH<sub>4</sub> to CO<sub>2eq</sub> has been based on the GWP of given in IPCC (2007), which is 25.

Für Strauße wurden keine CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung berechnet, da IPCC (2006) keine Methodik angibt. Die Emissionsberechnung für Gehegewild, Kaninchen und Pelztiere erfolgte durch Multiplikation der Tierzahl mit dem entsprechenden Emissionsfaktor.

Für Gehegewild gibt IPCC (2006)-10.28, Table 10.10, einen CH<sub>4</sub>-Default-Emissionsfaktor von 20 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> an.

IPCC (2006) gibt keinen Emissionsfaktor für Kaninchen an. Laut Fußnote 1 zur Table 10.10, pg. 10.28, in IPCC (2006) kann der Emissionsfaktor aber approximiert werden, indem man eine Tierkategorie mit ähnlichem Verdauungssystem auswählt und deren Emissionsfaktor mithilfe des mit 0,75 potenzierten Verhältnisses der Tiergewichte skaliert. Für eine solche Schätzung wurde das Pferd als Vergleichstier gewählt, da es weder Wiederkäuer (Rind, Schaf, Ziege) noch Allesfresser (Schwein) ist. Nach IPCC (2006)-10.28, Table 10.10, wurde für das Pferdengewicht mit 550 kg pro Tier gerechnet. Das Kaninchengewicht wurde mit 3,0 kg angesetzt (Lebendengewicht eines Mastkaninchens, nach LfL Bayern [<http://www.lfl.bayern.de/ilt/tierhaltung/kleintiere/023092/>]). Mit dem CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor für Pferde (18 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, IPCC (2006)-10.28, Table 10.10), ergab sich damit für Kaninchen ein CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktor von 0,36 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Für Pelztiere wurde der von Estland, Island, Lettland, Litauen und Norwegen im NIR 2017 verwendete Emissionsfaktor übernommen: 0,1 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>.

Table 9.3 zeigt die berechneten jährlichen Emissionen aus der Verdauung bei Gehegewild, Kaninchen und Pelztieren (Summen der Emissionen aller Tiere einer Tierkategorie). Die Umrechnung in die Einheit CO<sub>2eq</sub> erfolgte mit einem CH<sub>4</sub>-GWP von 25. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

**Table 9.3: CH<sub>4</sub> emissions from enteric fermentation of deer, rabbit and fur-bearing animals (GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> = 25)**

	EF (kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )	CO <sub>2eq</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )
total		5.45	136.37
deer	20.00	5.29	132.25
rabbit	0.36	0.16	3.96
fur-bearing animals	0.10	0.0064	0.16

## 9.4 CH<sub>4</sub> from manure management and free range / CH<sub>4</sub> aus Wirtschaftsdünger-Management und Freiland

The default emission factors given in IPCC (2006)-10.83, Table 10A-9, have been used. The resulting emissions are given in Table 9.4. The conversion of CH<sub>4</sub> to CO<sub>2eq</sub> has been based on the GWP of given in IPCC (2007), which is 25.

Es wurden die Default-Emissionsfaktoren aus IPCC (2006)-10.83, Table 10A-9, verwendet. Die resultierenden Emissionen sind Table 9.4 zu entnehmen. Die Umrechnung in die Einheit CO<sub>2eq</sub> erfolgte mit einem CH<sub>4</sub>-GWP von 25. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

**Table 9.4: CH<sub>4</sub> from manure management (deer: free range) (GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub> = 25)**

	EF (kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )	CH <sub>4</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )	CO <sub>2eq</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )
total		0.180	4.50
deer	0.22	0.058	1.45
rabbit	0.08	0.035	0.88
ostrich	5.67	0.043	1.08
fur-bearing animals	0.68	0.043	1.08

## 9.5 N emissions from housing and storage / N-Emissionen aus Stall und Lager

The calculation of N emissions from housing and storage requires the knowledge of N excretions, relative TAN contents and, where applicable, frequencies of the different husbandry systems. However, no such frequencies are known in Germany for deer, rabbit, fur-bearing animals and ostrich. For sake of simplicity it was assumed that deer is kept outdoor throughout the year, while rabbit, fur-bearing animals and ostrich are taken to stay in stables the whole year round.

Zur Berechnung der N-Emissionen aus Stall und Lager wird die N-Ausscheidung, der TAN-Gehalt sowie ggf. die Aufteilung der Tierpopulation auf verschiedene Haltungssysteme benötigt. Solche Daten sind für Gehegewild, Kaninchen, Pelztier und Strauße in Deutschland nicht bekannt. Es wurde daher vereinfachend für Gehegewild ganzjährige Freilandhaltung und für Kaninchen, Pelztier und Strauße eine ganzjährige Haltung in festmistbasierten Ställen angenommen.

### 9.5.1 Excretions of total N and TAN / Ausscheidungen von Gesamt-N und TAN

Neither IPCC (2006) nor EMEP (2016) provide a default value for the N excretions of deer. The German calculations have been based on the N excretion value reported by Denmark (16 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) as it is assumed that conditions of deer husbandry in Denmark and Germany are comparable.

The IPCC default N excretions for rabbit is 8.1 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, see IPCC (2006), pg. 10.59, Table 10.19. This value is unrealistically high as it is in the order of magnitude of the annual total of life weight gain.

This total of weight gain can be calculated as follows (based on data given by LfL Bayern ([http://www.lfl.bayern.de/ilt/tierhaltung/kleintiere/023\\_092/](http://www.lfl.bayern.de/ilt/tierhaltung/kleintiere/023_092/))): duration of fattening period of 87 days, i.e. about four production cycles per year, and final live weight of 3.0 kg per animal, leading to a total weight gain of 12 kg per place and year. Hence, the N excretions of rabbit have been estimated from the N balance:

Weder IPCC (2006) noch EMEP (2016) geben einen Default-Wert für die N-Ausscheidung von Gehegewild an. Für die deutschen Berechnungen wurde der Wert aus Dänemark verwendet (16 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>, NIR 2017), da davon ausgegangen wird, dass die Gehegewildhaltung in Dänemark und Deutschland vergleichbar ist.

Für Kaninchen gibt IPCC (2006), pg. 10.59, Table 10.19 eine Default-N-Ausscheidung von 8,1 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> an. Dieser Wert erscheint unrealistisch hoch, da er in der Größenordnung des Gesamtzuwachses an Lebendmasse pro Tierplatz und Jahr liegt. Letzterer berechnet sich bei jährlich ca. vier Durchgängen (abgeleitet aus 87 Tagen Mastdauer nach LfL Bayern ([http://www.lfl.bayern.de/ilt/tierhaltung/kleintiere/023\\_092/](http://www.lfl.bayern.de/ilt/tierhaltung/kleintiere/023_092/))) und einem Lebendendgewicht von ca. 3 kg Tier<sup>-1</sup> (siehe ebenfalls LfL Bayern) zu rund 12 kg pl<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. Daher wurde die N-Ausscheidung von Kaninchen auf Grundlage der tierischen N-Bilanz geschätzt:

$$N_{\text{excr, rabbit}} = n_{\text{round}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \cdot (x_{\text{N}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot x_{\text{feed}} - x_{\text{N, ret}}) \quad (9.1)$$

$N_{\text{excr, rabbit}}$	N excretion of rabbit per animal place and year (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$n_{\text{round}}$	number of production cycles per year (in animal pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\Delta w_{\text{round}}$	total weight gain per production cycle (in kg animal <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N}}$	N content of crude protein (1/6.25 kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in feed (fresh matter) (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{feed}}$	feed needed for animal weight gain (fresh matter) (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{\text{N, ret}}$	specific N retention (kg kg <sup>-1</sup> )

In conservative manner,  $\Delta w_{\text{round}}$  was simply set equal to the final live weight (see above). The content of raw protein of the feed,  $x_{\text{XP,feed}}$ , was chosen to be  $0.17 \text{ kg kg}^{-1}$ , cf.

[http://www.meissner-widder-kaninchen.de/F\\_WERT\\_TAB1.html](http://www.meissner-widder-kaninchen.de/F_WERT_TAB1.html). The amount of feed (fresh matter) needed for animal weight gain is  $3.5 \text{ kg kg}^{-1}$  (LfL Bayern). According to DLG (2005), pg.12,  $x_{\text{n,ret}}$  is  $0.03 \text{ kg kg}^{-1}$ . Using this data, the resulting N excretion is  $0.8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Neither IPCC (2006) nor EMEP (2016) provide a default value for N excretions of ostrich. By analogy to the procedure for deer, the Danish value of ostrich N excretions has been adopted:  $15.6 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}$ .

According to IPCC (2006)-10.59, Table 10.19, the default value of N excretions of minks is  $4.59 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ . This value has been adopted for all fur-bearing animals.

For deer, rabbit and ostrich there are no data on the TAN content of N excretions. Hence the respective values given in EMEP (2016)-3B-29 for sheep, horses and geese have been used.

Table 9.5 gives an overview of N excretions and relative TAN contents used for the emission calculations.

In konservativer Weise wurde  $\Delta w_{\text{round}}$  vereinfachend mit dem Mastendgewicht (siehe oben) gleichgesetzt. Der Rohproteingehalt des Futters,  $x_{\text{XP,feed}}$ , liegt nach [http://www.meissner-widder-kaninchen.de/F\\_WERT\\_TAB1.html](http://www.meissner-widder-kaninchen.de/F_WERT_TAB1.html) bei etwa  $0,17 \text{ kg kg}^{-1}$ . Der Futteraufwand  $x_{\text{feed}}$  (Frischmasse) beträgt ca.  $3,5 \text{ kg kg}^{-1}$  (LfL Bayern). Laut DLG (2005), S.12, ist  $x_{\text{n,ret}} = 0,03 \text{ kg kg}^{-1}$ . Mit diesen Daten ergibt sich eine N-Ausscheidung von  $0,8 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Für Strauße geben weder IPCC (2006) noch EMEP (2016) einen Defaultwert für die N-Ausscheidung an. Für die deutschen Berechnungen wird auch hier der dänische Wert verwendet (NIR 2017):  $15,6 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$ .

Für Nerze gibt IPCC (2006)-10.59, Table 10.19, eine Default-N-Ausscheidung von  $4,59 \text{ kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1}$  an. Dieser Wert wurde für alle Pelztierarten übernommen.

Für Gehegewild, Kaninchen und Strauße liegen keine Daten zum TAN-Gehalt in der N-Ausscheidung vor. Daher wurden die Default-Werte für Schafe, Pferde und Gänse aus EMEP (2016)-3B-29 übernommen.

Table 9.5 zeigt die für die Emissionsberechnungen verwendeten N-Ausscheidungen und TAN-Gehalte.

**Table 9.5: N excretions and TAN contents used for German emission estimates**

	$N_{\text{excr}} (\text{kg pl}^{-1} \text{ a}^{-1})$	TAN content ( $\text{kg kg}^{-1}$ )	sources of TAN contents
deer	16	0.5	default for sheep, EMEP (2016)-3B-29
rabbit	0.8	0.6	default for horses, EMEP (2016)-3B-29
ostrich	15.6	0.7	default for geese, EMEP (2016)-3B-29
fur-bearing animals	4.59	0.6	default, EMEP (2016)-3B-29

### 9.5.2 $\text{NH}_3$ from housing and storage / $\text{NH}_3$ aus Stall und Lager

$\text{NH}_3$  emissions from housing are calculated by multiplying the amount of TAN excreted with the respective emission factor. The amount of TAN excreted is the product of N excretion and relative TAN content of the N excretion (see Chapter 9.5.1). Due to lack of data, N contributions by use of bedding material could not be taken into account.

$\text{NH}_3$  emissions from storage are proportional to the amount of TAN available after subtracting the N losses by  $\text{NH}_3$  emissions from housing. The factor of proportionality is the emission factor of the storage.

No  $\text{NH}_3$  emission factors are available for rabbit and ostrich. Hence, the EMEP  $\text{NH}_3$  emission factors EMEP (2016)-3B-29 for horses and geese have been used. For deer there are no  $\text{NH}_3$  emissions from housing and storage as deer is presumably kept outdoor all year round. Table 9.6 shows the emission factors used. Table 9.7 shows the resulting emissions as totals of all animals in the respective animal categories.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Stall wurden durch Multiplikation der ausgeschiedenen TAN-Menge mit dem entsprechenden Emissionsfaktor berechnet. Dabei ist die TAN-Menge das Produkt aus der N-Ausscheidung und deren relativem TAN-Gehalt (siehe Kapitel 9.5.1). Stickstoffeinträge aus Einstreu konnten mangels Daten nicht berücksichtigt werden.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Lager sind proportional zur TAN-Menge, die nach Abzug der N-Verluste aufgrund der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Stall verbleibt. Als Proportionalitätsfaktor dient der Lager-Emissionsfaktor.

Für Kaninchen und Strauße sind keine  $\text{NH}_3$ -N-Emissionsfaktoren verfügbar. Es wurden die Default-Werte für Pferde und Gänse aus EMEP (2016)-3B-29 übernommen. Für Gehegewild entsteht keine  $\text{NH}_3$ -Emission aus Stall oder Lager, da ganzjährige Freilandhaltung unterstellt wurde. Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 9.6 aufgelistet. Table 9.7 zeigt die resultierenden  $\text{NH}_3$ -Emissionen aller Tiere der jeweiligen Tierkategorie.

**Table 9.6:  $\text{NH}_3$  emission factors for housing and storage in  $\text{kg NH}_3\text{-N}$  per  $\text{kg TAN}$**

	EF housing ( $\text{kg kg}^{-1}$ )	EF storage ( $\text{kg kg}^{-1}$ )	sources
rabbit	0.22	0.35	default for horses, EMEP (2016)-3B-29
ostrich	0.57	0.16	default for geese, EMEP (2016)-3B-29
fur-bearing animals	0.27	0.09	default, EMEP (2016)-3B-29

**Table 9.7: NH<sub>3</sub> emissions from housing and storage**

	NH <sub>3</sub> housing (Gg a <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> storage (Gg a <sup>-1</sup> )
total	0.171	0.091
rabbit	0.056	0.070
ostrich	0.058	0.007
fur-bearing animals	0.057	0.014

### 9.5.3 Direct N<sub>2</sub>O from housing and storage / Direktes N<sub>2</sub>O aus Stall und Lager

For rabbit und fur-bearing animals, the direct N<sub>2</sub>O emissions from housing and storage have been calculated by multiplying the number of animal places with the N excretion per animal place and year, the national N<sub>2</sub>O-N emission factor for solid manure (0.013 kg kg<sup>-1</sup>, Rösemann et al., 2015) and the ratio of molculare weights of N<sub>2</sub>O and N (44/28). Due to lack of data, N contributions by use of bedding material could not be taken into account.

The emissions of ostrich were calculated by analogy but using the IPCC default emission factor 0.001 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC (2006)-10.63, Table 10.21). For deer there are no N<sub>2</sub>O emissions from housing and storage as deer is presumably kept outdoor all year round.

The conversion of N<sub>2</sub>O to CO<sub>2eq</sub> has been based on the GWP of given in IPCC (2007), which is 298.

Die Berechnung der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Stall und Lager für Kaninchen und Pelztier erfolgte durch Multiplikation der Tierplatzzahl mit der jährlichen N-Ausscheidung pro Platz, dem nationalen deutschen N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor für Festmist (0,013 kg kg<sup>-1</sup>, Rösemann et al., 2015) und dem Molgewichtsverhältnis von N<sub>2</sub>O zu N (44/28). Stickstoffeinträge aus Einstreu konnten mangels Daten nicht berücksichtigt werden.

Die Berechnung für Strauße erfolgte analog; als Emissionsfaktor wurde allerdings der IPCC-Defaultwert 0,001 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC (2006)-10.63, Table 10.21) verwendet. Für Gehegewild entstand im Bereich Stall/Lager keine N<sub>2</sub>O-Emission, da ganzjährige Freilandhaltung unterstellt wurde.

Die Umrechnung in die Einheit CO<sub>2eq</sub> erfolgte mit einem GWP von 298. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

**Table 9.8: Direct N<sub>2</sub>O emissionen from housing/storage (GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)**

	N <sub>2</sub> O (Gg a <sup>-1</sup> )	CO <sub>2eq</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )
total	0.013	3.97
rabbit	0.007	2.14
ostrich	0.0002	0.06
fur-bearing animals	0.006	1.77

### 9.5.4 NO and N<sub>2</sub> from housing and storage / NO und N<sub>2</sub> aus Stall und Lager

Emissions of NO and N<sub>2</sub> were calculated by analogy the calculations for the direct N<sub>2</sub>O emissions from housing/Storage (see Chapter 9.5.3). Like for other animal categories (see Chapter 3.3.4.3.5), the emission factor for NO-N is assumed to be ten percent of the N<sub>2</sub>O-N emission factor: 0.0013 kg kg<sup>-1</sup> for rabbit and fur-bearing animals and 0.0001 kg kg<sup>-1</sup> for ostrich. According to Chapter 3.3.4.3.5 the emission factor for N<sub>2</sub> is assumed to be thrice the N<sub>2</sub>O-N emission factor: 0.039 kg kg<sup>-1</sup> for rabbit and fur-bearing animals and 0.003 kg kg<sup>-1</sup> for ostrich. For deer there are no emissions of NO and N<sub>2</sub> from housing and storage as deer is presumably kept outdoor all year round.

In the same way, the resulting emissions of NO and N<sub>2</sub> (in units of nitrogen) are proportional to N<sub>2</sub>O-N emissions presented in Chapter 9.5.3.

Die Berechnung der Emissionen von NO und N<sub>2</sub> erfolgte analog zur Berechnung der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Stall/Lager (siehe Kapitel 9.5.3). Der Emissionsfaktor wurde wie bei den anderen Tieren (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) für NO mit zehn Prozent des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors angesetzt: 0,0013 kg kg<sup>-1</sup> für Kaninchen und Pelztier bzw. 0,0001 kg kg<sup>-1</sup> für Strauße. Für N<sub>2</sub> wurde nach Kapitel 3.3.4.3.5 das Dreifache des N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktors verwendet: 0,039 kg kg<sup>-1</sup> für Kaninchen und Pelztier bzw. 0,003 kg kg<sup>-1</sup> für Strauße. Für Gehegewild entstanden im Bereich Stall/Lager keine NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen, da ganzjährige Freilandhaltung unterstellt wurde.

Die berechneten NO- und N<sub>2</sub>-Emissionen (in Stickstoff-Einheiten) verhalten sich in den gleichen Verhältnissen zu den N<sub>2</sub>O-Emissionen in Kapitel 9.5.3.

### 9.5.5 Indirect N<sub>2</sub>O from housing and storage / Indirektes N<sub>2</sub>O aus Stall und Lager

Like for other animal categories (see Chapter 3.3.4.3.6), indirect N<sub>2</sub>O emissions have been calculated only for the source "deposition of reactive nitrogen" (due to emissions of NH<sub>3</sub> and NO from hosing and storage, see Chapters 9.5.2 und 9.5.4). The emission factor is 0.01 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

Wie bei den anderen Tieren (siehe Kapitel 3.3.4.3.6) wurden nur die indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen infolge der Deposition reaktiven Stickstoffs aus NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen aus Stall und Lager (siehe Kapitel 9.5.2 und 9.5.4) berechnet. Der Emissionsfaktor wurde mit 0,01 kg kg<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O-N angesetzt (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

For deer there are no such emissions as deer is presumably kept outdoor all year round.

Table 9.9 shows the resulting indirect  $N_2O$  emissions as well as the underlying amount of reactive nitrogen ( $N_{\text{reac}}$ ).

Für Gehegewild entfiel die Berechnung, da es sich angenommenerweise ganzjährig im Freien aufhält.

Die resultierenden indirekten  $N_2O$ -Emissionen sind in Table 9.9 wiedergegeben, ebenso wie die zugrunde liegende Menge an reaktivem Stickstoff ( $N_{\text{reac}}$ ).

**Table 9.9: Indirect  $N_2O$  from deposition of reactive N from  $NH_3$  and NO lost from housing and storage (GWP $_{N_2O}$  = 298)**

	$N_{\text{reac}}$ (Gg a $^{-1}$ )	$N_2O$ (Gg a $^{-1}$ )	$CO_{2eq}$ (Gg a $^{-1}$ )
total	0.2169	0.00341	1.02
rabbit	0.1046	0.00164	0.49
ostrich	0.0533	0.00084	0.25
fur-bearing animals	0.0591	0.00093	0.28

## 9.6 $NH_3$ from spreading and free range / $NH_3$ aus Ausbringung und Freilandaufenthalt

Table 9.10 shows the  $NH_3$ -N emission factors used. The resulting  $NH_3$  emissions are given in Table 9.11.

Table 9.10 zeigt die verwendeten  $NH_3$ -N-Emissionsfaktoren, Table 9.11 die resultierenden  $NH_3$ -Emissionen.

**Table 9.10:  $NH_3$  emission factors for spreading and free range in kg  $NH_3$ -N per kg TAN**

	EF spreading (kg kg $^{-1}$ )	EF free range (kg kg $^{-1}$ )	sources
deer	-	0.09	default for sheep, EMEP (2016)-3B-29
rabbit	0.90	-	default for horses, EMEP (2016)-3B-29
ostrich	0.45	-	default for geese, EMEP (2016)-3B-29
fur-bearing animals	0.90	-	default for horses, EMEP (2016)-3B-29

**Table 9.11:  $NH_3$  from spreading and/or free range in Gg  $NH_3$  per year**

	$NH_3$ spreading (Gg a $^{-1}$ )	$NH_3$ free range (Gg a $^{-1}$ )
total		0.472
deer	-	0.231
rabbit	0.106	-
ostrich	0.016	-
fur-bearing animals	0.118	-

## 9.7 $N_2O$ from agricultural soils / $N_2O$ aus landwirtschaftlichen Böden

### 9.7.1 Direct $N_2O$ / Direktes $N_2O$

Landspreeding of manure of rabbit, ostrich and fur-bearing animals as well as N excretions by deer lead to direct  $N_2O$  emissions from agricultural soils.

For Landspreeding of manure, the emissions have been calculated by multiplying the amounts of N left after subtracting the N losses from housing and storage (by emissions of  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO und  $N_2$ ) with the IPCC default emission factor emission factor  $EF_1$  (0.01 kg  $N_2O$ -N pro kg N, IPCC (2006)-11.11, Table 11.1) and the ratio of molculare weights of  $N_2O$  and N (44/28).

The emissions caused by N excretions of deer have been calculated by multiplying the number of animals with the TAN excretion per animal place and year, the  $N_2O$ -N emission factor for grazing/pasture and the ratio of molculare weights of  $N_2O$  and N (44/28). Tan excretion ist the product of N excretion and relative TAN content. It has been assumed that the IPCC default emission factor for sheep and other animals (see IPCC (2006)-11.11, Table 11.1) can be used:  $EF_{3PRP,SO} = 0.01$  kg  $N_2O$ -N per kg of N excretion.

Table 9.12 shows the amounts of N that, being multiplied with the pertaining emission factors and the ratio

Die Ausbringung des Wirtschaftsdüngers von Kaninchen, Straußen und Pelztieren sowie die N-Ausscheidungen von Gehegewild führen zu direkten  $N_2O$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden.

Die Emissionen durch Wirtschaftsdünger-Ausbringung wurden berechnet, indem die jeweilige N-Menge, die nach N-Verlusten (als  $NH_3$ ,  $N_2O$ , NO und  $N_2$ ) aus Stall und Lager noch zur Verfügung steht, mit dem IPCC-Default-Emissionsfaktor  $EF_1$  (0,01 kg  $N_2O$ -N pro kg N, IPCC (2006)-11.11, Table 11.1) und dem Molgewichtsverhältnis 44/28 multipliziert wurde.

Die durch das Gehegewild verursachte  $N_2O$ -Emission ergab sich, indem die Tierzahl mit der TAN-Ausscheidung, dem  $N_2O$ -N-Emissionsfaktor für Weidegang und dem Molgewichtsverhältnis 44/28 multipliziert wurde. Dabei ist die TAN-Menge das Produkt aus der N-Ausscheidung und deren relativem TAN-Gehalt. Als Emissionsfaktor wurde gemäß IPCC (2006)-11.11, Table 11.1, der  $EF_{3PRP,SO}$  für Schafe und andere Tiere angewendet (0,01 kg  $N_2O$ -N pro kg N-Ausscheidung).

Table 9.12 zeigt die N-Menge, deren Multiplikation mit dem jeweiligen Emissionsfaktor und dem Molge-

of molculare weights of N<sub>2</sub>O and N (44/28), lead to the emissions also given in Table 9.12. The conversion of N<sub>2</sub>O to CO<sub>2eq</sub> has been based on the GWP of given in IPCC (2007), which is 298.

wichtsverhältnis 44/28 zur ebenfalls angegebenen Emission führt. Die Umrechnung von N<sub>2</sub>O in die Einheit CO<sub>2eq</sub> erfolgte mit einem GWP von 298. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

**Table 9.12: Direct N<sub>2</sub>O from soils after spreading and (for deer) free-range N excretions (GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)**

	N (Gg a <sup>-1</sup> )	N <sub>2</sub> O (Gg a <sup>-1</sup> )	CO <sub>2eq</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )
total	4.744	0.0745	22.21
deer	4.232	0.0665	19.82
rabbit	0.229	0.0036	1.07
ostrich	0.065	0.0010	0.31
fur-bearing animals	0.217	0.0034	1.02

### 9.7.2 Indirect N<sub>2</sub>O / Indirektes N<sub>2</sub>O

Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils were calculated using the amounts of deposition of reactive nitrogen originating from emissions of NH<sub>3</sub>-N and NO-N from N excreted by deer in the free range as well as manure spreading. These emissions are calculated in Chapters 9.5.2 and 9.5.4).

The NO-N emissions from free-range husbandry of deer and from spreading of manure of rabbits, ostrich, and fur-bearing animals are calculated by analogy to Chapter 11.5.2, i. e. with the emission factor derived by STEHFEST & BOUWMAN (2006) (0.012 kg NO-N per kg of nitrogen available).

Table 9.13 shows the calculated deposition of reactive nitrogen (N<sub>reac</sub>) as well as the resulting indirect N<sub>2</sub>O emissions. The emission factor used for indirect N<sub>2</sub>O was taken from IPCC (2006a)-11.24, Table 11.3: EF<sub>4</sub> = 0.01 kg N<sub>2</sub>O-N per kg N<sub>reac</sub>.

The conversion of N<sub>2</sub>O to CO<sub>2eq</sub> has been based on the GWP of given in IPCC (2007), which is 298.

Zur Berechnung der indirekten Emissionen aus der Deposition von reaktivem N werden die NH<sub>3</sub>-N-Emissionen aus dem Gehegewild-Freilandaufenthalt und der Ausbringung von Wirtschaftsdünger sowie die entsprechenden NO-N-Emissionen benötigt (siehe dazu Kapitel 9.5.2 und 9.5.4).

Die NO-N-Emissionen aus dem Gehegewild-Freilandaufenthalt sowie aus der Wirtschaftsdünger-Ausbringung von Kaninchen, Straußen und Pelztieren werden analog zu Kapitel 11.5.2 mit dem von STEHFEST & BOUWMAN (2006) abgeleiteten Emissionsfaktor 0,012 kg NO-N pro kg verfügbaren Stickstoffs berechnet.

Die resultierende Deposition von reaktivem Stickstoff (N<sub>reac</sub>) sowie die daraus folgenden indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen sind in Table 9.13 wiedergegeben, wobei nach IPCC (2006a)-11.24, Table 11.3, der Emissionsfaktor EF<sub>4</sub> = 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N pro kg N<sub>reac</sub> verwendet wurde.

Die Umrechnung von N<sub>2</sub>O in die Einheit CO<sub>2eq</sub> erfolgte mit einem GWP von 298. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

**Table 9.13: Indirekte N<sub>2</sub>O from deposition of reactive N from NH<sub>3</sub> and NO lost during spreading or (for deer) from free-range N excretions (GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)**

	N <sub>reac</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )	N <sub>2</sub> O (Gg a <sup>-1</sup> )	CO <sub>2eq</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )
total	0.445	0.0070	2.09
deer	0.241	0.0038	1.13
rabbit	0.090	0.0014	0.42
ostrich	0.014	0.0002	0.07
fur-bearing animals	0.100	0.0016	0.47

The indirect emissions caused by leaching or surfac runoff N were calculated by multiplying the amount of N applied to the soil (N<sub>applied</sub>) with Frac<sub>Leach</sub> (0.3 kg kg<sup>-1</sup> according to IPCC (2006)-11.24, Table 11.3) and the emission factor EF<sub>5</sub> = 0.0075 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC (2006)-11.24, Table 11.3).

Die indirekten Emissionen als Folge von Auswaschung/Oberflächenabfluss wurden berechnet, indem die auf den Boden ausgebrachte N-Menge (N<sub>applied</sub>) mit mit Frac<sub>Leach</sub> (0,3 kg kg<sup>-1</sup> nach IPCC (2006)-11.24, Table 11.3) und dem Emissionsfaktor EF<sub>5</sub> = 0,0075 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC (2006)-11.24, Table 11.3) multipliziert wurde.

**Table 9.14: Indirect N<sub>2</sub>O from soils due to leaching and runoff (GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298)**

	N <sub>applied</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )	N <sub>2</sub> O (Gg a <sup>-1</sup> )	CO <sub>2eq</sub> (Gg a <sup>-1</sup> )
total	4.744	0.0168	5.00
deer	4.232	0.0150	4.46
rabbit	0.229	0.0008	0.24
ostrich	0.065	0.0002	0.07
fur-bearing animals	0.217	0.0008	0.23



## 10 Digestion of energy crops / Vergärung von Energiepflanzen

In general, energy crops are digested along with animal manures. However, the emission calculations are done separately for the digestion of manure and energy crops in order to be able to report these emissions separately (for manure see Chapter 3.3.4.4). This is important with respect to emissions of  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}$  from storage and spreading of digestate of energy crops. These emissions were not included in the negotiations for the emission ceilings currently being in force (NEC, see Chapter 1). As of Submission 2016 the emissions of  $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}$  from storage and spreading of digestate of energy crops are included in emission reporting from agriculture; however, they are subtracted from the national total emissions by a so-called adjustment before the national totals are checked for compliance with the NEC emission thresholds.

The calculation of emissions originating from anaerobic digestion of energy crops is based on a national concept (HAENEL und WULF, 2016), that represents a widened version of the IPCC concept for green house gas emissions and an approach for  $\text{NH}_3$  emissions that works by analogy to the green house gas concept.

The calculation of emissions of  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from agricultural soils after spreading of digestate of energy crops is described in Chapter 11.3.

Energiepflanzen werden in aller Regel zusammen mit Wirtschaftsdünger vergoren. Für das Inventar werden die Emissionen dieser beiden Substratkategorien aber separat berechnet, um sie getrennt ausweisen zu können (zu Wirtschaftsdünger siehe Kapitel 3.3.4.4). Dies ist im Hinblick auf die  $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}$ -Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten erforderlich, da diese Emissionen bei der Aushandlung gegenwärtig geltender Emissionshöchstgrenzen (NEC, siehe Kapitel 1) nicht mit einbezogen wurden. Ab Submission 2016 werden die  $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}$ -Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten zusammen mit den übrigen Emissionen aus der Landwirtschaft berichtet; sie werden aber durch ein so genanntes Adjustment subtrahiert, bevor die Prüfung der berichteten Emissionen auf Einhaltung der NEC-Obergrenzen erfolgt.

Die Methodik der Emissionsberechnung für die Vergärung von Energiepflanzen basiert auf einem nationalen Konzept (HAENEL und WULF, 2016), das im Bereich der Treibhausgase eine Erweiterung des IPCC-Konzeptes darstellt und für  $\text{NH}_3$  einen analogen Ansatz ableitet.

Die Berechnung der bei der Gärreste-Ausbringung entstehenden  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden wird in Kapitel 11.3 beschrieben.

### 10.1 Activity data and parameters / Aktivitätsdaten und Parameter

The activity data covers the six energy-crop categories that are the most important in Germany in terms of quantities: corn silage, grass silage, whole-plant silage, wheat grain, rye grain and Corn Cob Mix (CCM). They differ only slightly in terms of their key characteristics (N and VS content in dry matter, maximum methane formation potential  $B_0$ ; cf. KTBL (2016). This makes it possible to treat the total dry matter for all included energy crops as a single energy-crop category.

The amounts of N and VS contained in the energy crops fed into the digester are needed as time series on national and federal-state level. They have to be calculated from the amounts of substrates used for digestion. At the time being, there is not yet a fully developed strategy of data collecting by KTBL, TI, DBFZ and UBA. Hence, the amounts of substrates (in fresh matter) have been estimated by KTBL (2016) for the most important energy crops (see above) on federal-state level for the entire time series 1990 – 2014, see Chapter 3.4.4.1. Based on the properties of the substrates (fresh-matter content, contents of N and VS,  $B_0$ ; data provided by KTBL, 2015), weighted averaging led to mean properties valid for the overall category “energy crops” for all years and federal states (related to dry matter): N content 1.48 %, VS content 94.7 %,  $B_0 = 0.36 \text{ m}^3$  per kg VS. Note that this  $B_0$  value has already been converted in order to be consistent with the IPCC default of methane density ( $0.67 \text{ kg m}^{-3}$ ) rather than the methane norm density ( $0.72 \text{ kg m}^{-3}$ ).

Bei den Aktivitätsdaten werden die in Deutschland mengenmäßig relevanten sechs Energiepflanzen-Kategorien Maissilage, Grassilage, Ganzpflanzensilage, Weizenkorn, Roggenkorn und Maiskolbenschat (Corn-Cob-Mix, CCM) berücksichtigt. Sie unterscheiden sich nur wenig in ihren wesentlichen Eigenschaften (N- und VS-Gehalt der Trockenmasse, maximales Methanausbeute-Potenzial  $B_0$ , siehe KTBL (2016). Damit kann die Gesamttrockenmasse dieser Energiepflanzen als eine einzige Energiepflanzenkategorie behandelt werden.

Die in den zu vergärenden Energiepflanzen enthaltenen N- und VS-Mengen werden als Zeitreihen auf Bundesländer- und Bundesebene benötigt. Sie müssen aus den Mengen der eingesetzten Substrate berechnet werden. Da es zwischen KTBL, TI-LR, DBFZ und UBA noch keine abgestimmte Strategie zur Datengewinnung gibt, hat KTBL (2016) die Einsatzmengen (Frischmassen) der wichtigsten vergorenen Energiepflanzen (siehe oben) differenziert nach Bundesländern und Jahren abgeschätzt, siehe dazu auch Kapitel 3.4.4.1. Mithilfe der Eigenschaften dieser Substrate (Trockenmasse-Gehalt, N- und VS-Gehalt,  $B_0$ ; Daten aus KTBL, 2015) lassen sich durch gewichtete Mittelung für alle Jahre und Bundesländer einheitliche Eigenschaften für die Sammelkategorie „Energiepflanzen“ ableiten (auf Trockenmasse bezogen): N-Gehalt 1,48 %, VS-Gehalt 94,7 %,  $B_0 = 0,36 \text{ m}^3$  pro kg VS.  $B_0$  wurde hierzu bereits von der  $\text{CH}_4$ -Normdichte ( $0,72 \text{ kg m}^{-3}$ ) auf die im Inventar gebräuchliche IPCC-Dichte ( $0,67 \text{ kg m}^{-3}$ ) umgerechnet.



Table 10.1 shows the time series of total dry matter and of the amounts of N and VS used in the inventory calculations.

Table 10.1 zeigt die Zeitreihen der im Inventar berücksichtigten Gesamttrockenmassen, VS- und N-Mengen.

**Table 10.1: Digestion of energy crops, activity data (in Gg a<sup>-1</sup>)**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
total dry mass	3.4	8.2	11.0	14.4	17.7	43.2	72.0	91.1	206.3	235.1
VS	3.2	7.7	10.4	13.6	16.8	40.9	68.1	86.3	195.3	222.5
N	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.6	1.1	1.4	3.1	3.5
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
total dry mass	374.2	532.5	767.5	911.5	1184.7	3175.0	4457.0	6095.1	7105.3	9114.6
VS	354.2	504.1	726.6	862.9	1121.6	3007.1	4218.6	5770.8	6728.5	8630.7
N	5.6	8.0	11.5	13.7	17.8	46.6	66.6	90.8	105.5	135.4
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
total dry mass	11461.1	14295.4	15657.0	18953.2	19794.6	20602.5	20772.2			
VS	10852.3	13537.1	14827.2	17952.6	18749.3	19515.6	19676.4			
N	170.4	212.2	232.0	279.5	292.1	303.7	306.2			

KTBL (2014) estimates the upper limit of the uncertainty of the substrate inputs to be  $\pm 10\%$  (95 % confidence interval, normal distribution). This value is used in the inventory for the amounts of dry matter, VS and N.

Die Obergrenze der Unsicherheit des Substratinputs schätzt KTBL (2014) mit  $\pm 10\%$  (95 %-Konfidenzintervall, Normalverteilung). Das Inventar verwendet diesen Wert für Trockenmasse, VS- und N-Menge.

Table 10.2 shows, as German mean values, the fractions of gas-tight storage of residues of energy-crop digestion, as percentages of the pertinent input fresh mass (KTBL, 2014). However, for the emission calculations the corresponding data on federal-state level were used. They are used as percentages of the amounts of N contained in the animal manures fed into the digester. These percentages were also applied to amounts of VS contained in the animal manures.

Table 10.2 zeigt als Mittelwerte für die Deutschlandebene die Anteile der gasdichten Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten. Für die Emissionsberechnung wurden die entsprechenden Daten auf Bundesländerebene verwendet. Die Werte stellen prozentuale Anteile der N-Mengen dar, die in den Substratmengen enthalten sind, die in die Vergärung gehen. Diese Prozentangaben wurden wie beim Wirtschaftsdünger auch für die VS-Mengen übernommen.

The data on gastight storage of digestate of energy crops differ somewhat from those for storage of digestate of animal manures (see Chapter 3.4.4.2.1). The reason for this is (KTBL, 2016) that the total fraction of energy crops, with respect to the manure / energy-crop substrate mix, increases with plant (i.e. facility) size (a relationship that also holds for the covered-system fraction of systems for storage of digestion residues).

Die Anteile der gasdichten Lagerung von Energiepflanzen-Gärresten unterscheiden sich etwas von denen bei der Lagerung von Wirtschaftsdünger-Gärresten (siehe Kapitel 3.4.4.2.1). Dies ist darauf zurück zu führen (KTBL, 2016), dass der Gesamtanteil von Energiepflanzen am Substratmix Wirtschaftsdünger/Energiepflanzen mit der Anlagengröße zunimmt, was auch für den Abdeckungsgrad der Gärrestelager gilt.

The marked increase of the use of gastight storage of digestate from 2011 to 2012 is seen as a consequence of the Renewable Energy Act 2012 that prescribes gastight coverage for all storages of digestate that are put into operation as of 1 January 2012. As no value is available for 2015, the 2014 value was kept for 2015.

Der starke Anstieg in der Verbreitung der gasdichten Gärrestelagerung von 2011 zu 2012 wird auf das Energieeinspeisegesetz 2012 zurück geführt, das für alle Gärrestelager, die ab 1. Januar 2012 in Betrieb genommen wurden, eine gasdichte Abdeckung vorschreibt. Da für 2015 kein Wert verfügbar war, wurde der Wert von 2014 beibehalten.

**Table 10.2: Digestion of energy crops, percentages of storage types of energy-plant digestate (in %)**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
gastight	0.0	0.9	1.9	2.8	3.8	4.7	5.7	6.6	7.5	8.5
non-gastight	100.0	99.1	98.1	97.2	96.2	95.3	94.3	93.4	92.5	91.5
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
gastight	9.4	10.4	11.3	12.8	14.3	15.8	21.1	26.4	31.7	37.0
non-gastight	90.6	89.6	88.7	87.2	85.7	84.2	78.9	73.6	68.3	63.0
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
gastight	42.2	47.5	59.4	61.8	63.7	64.6	64.6			
non-gastight	57.8	52.5	40.6	38.2	36.3	35.4	35.4			

A range of different application methods and different incorporation times are used for the field application

Die Ausbringung der Energiepflanzen-Gärreste erfolgt mit verschiedenen Techniken und Einarbeitungs-

of energy-crop digestate. The frequencies of the spreading of digestates from the anaerobic digestion of animal manures are adopted, see Chapter 3.4.3.4.

zeiten, deren Häufigkeiten von der Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger übernommen werden (siehe Kapitel 3.4.3.4).

## 10.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

### 10.2.1 Emission factors / Emissionsfaktoren

The following emissions are calculated that result, directly or indirectly, from digestion of energy crops, as well as from storage and application of digestion residues:

#### Digester

- $\text{CH}_4$ , via leakage

#### Storage

- $\text{CH}_4$ , via leakage (see below)
- direct  $\text{N}_2\text{O}$  and NO (see below)
- indirect  $\text{N}_2\text{O}$  resulting from deposition of  $\text{NH}_3$  and NO from storage (see below)
- $\text{NH}_3$  (see below)

#### Application

- $\text{NH}_3$  (see below)
- direct  $\text{N}_2\text{O}$  and NO due to application (see Chapter 11.3)
- indirect  $\text{N}_2\text{O}$  resulting from deposition of  $\text{NH}_3$  and NO from application (see Chapter 12.1)
- indirect  $\text{N}_2\text{O}$  resulting from leaching/surface runoff of the N entering in the soil via application (see Chapter 12.2)

Other than for animal manures emissions from pre-storage of energy crops can be neglected: Energy crops are stored as silage. This storage aims, among other things, at inhibiting the gas exchange with the environment. The procedure of silaging is connected with a high degree of dryness which suppresses the formation of  $\text{CH}_4$ . In order to ensure conservation of the silage a low pH value is achieved, which counteracts the development of  $\text{NH}_3$ . In addition, no  $\text{N}_2\text{O}$  is formed, because during the fermentation of lactic acid no nitrate can be formed. As in the inventory NO emissions are calculated proportionally to  $\text{N}_2\text{O}$  (see Chapter 3.3.4.3.5) and no  $\text{N}_2\text{O}$  emissions can develop in the silage storage, there is no calculation of NO emissions from the storage.

Emissions of  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  and NO from fermenter, storage and spreading of digestate are calculated by analogy to the procedures for farmyard manure (see Chapters 3.3.4.4 and 3.4.4). However, in order to account for the fact that for energy crops no emissions from pre-storage have to be calculated, the MCF and EF for pre-storage have to be set to zero in the farmyard-manure procedures.

Almost all nitrogen contained in the energy crops is organic nitrogen. Hence, a priori, there is no relative TAN content ( $\text{TAN}_{\text{dig}}$ ). Based on KTBL (2013a), pg. 252

Berechnet werden folgende Emissionen, die sich als direkte oder indirekte Folge aus der Vergärung von Energiepflanzen sowie der Lagerung und Ausbringung der Energiepflanzen-Gärreste ergeben:

#### Fermenter

- $\text{CH}_4$  durch Leckage (siehe unten)

#### Lagerung

- $\text{CH}_4$  durch Leckage (siehe unten)
- direktes  $\text{N}_2\text{O}$  und NO (siehe unten)
- indirektes  $\text{N}_2\text{O}$  als Folge der Deposition von  $\text{NH}_3$  und NO aus der Lagerung (siehe unten)
- $\text{NH}_3$  (siehe unten)

#### Ausbringung

- $\text{NH}_3$  (siehe unten)
- direktes  $\text{N}_2\text{O}$  sowie NO als Folge der Ausbringung (siehe Kapitel 11.3)
- indirektes  $\text{N}_2\text{O}$  als Folge der Deposition von  $\text{NH}_3$  und NO aus der Ausbringung (siehe Kapitel 12.1)
- indirektes  $\text{N}_2\text{O}$  durch Auswaschung/Oberflächenabfluss des durch die Ausbringung in den Boden gelangenden N (siehe Kapitel 12.2)

Anders als bei Wirtschaftsdünger können für Energiepflanzen Emissionen aus dem Vorlager vernachlässigt werden: Energiepflanzen werden in Form von Silage derart gelagert, dass der Gasaustausch mit der Umgebung möglichst unterbunden wird. Ein prozesstechnisch erforderlicher hoher Trockenheitsgrad unterdrückt die Bildung von  $\text{CH}_4$ . Die im Silagelager zu Konservierungszwecken unabdingbare Absenkung des pH-Wertes steht der Entwicklung von  $\text{NH}_3$  entgegen. Es entsteht auch kein  $\text{N}_2\text{O}$ , da bei der im Silagelager stattfindenden Milchsäuregärung kein Nitrat entstehen kann. Entsprechend dem Inventar-Ansatz, dass NO-Emissionen proportional zu  $\text{N}_2\text{O}$  berechnet werden (siehe Kapitel 3.3.4.3.5), entfällt damit auch die Berechnung von NO-Emissionen.

Die Emissionsberechnung für  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  und NO aus Fermenter, Gärrestlager und Gärrestausrückführung erfolgt analog zur Berechnung für Mist (siehe Kapitel 3.3.4.4 und 3.4.4). Dass bei Anwendung dieser Prozeduren auf Energiepflanzen keine Emissionen aus dem Vorlager zu berücksichtigen sind, wird durch Nullsetzen von MCF und EF für das Vorlager in den entsprechenden Gleichungen erreicht.

Der in den Pflanzen enthaltene Stickstoff liegt nahezu ausschließlich in organischer Form vor, daher kann Energiepflanzen kein TAN-Gehalt ( $\text{TAN}_{\text{dig}}$ ) zugeordnet

(table line: „Nawaro, flüssig“), it is assumed that after anaerobic digestion (i. e. in the digestate) about 56 % of total N is present as TAN. As a consequence, the equations given for digestion of manure in Chapter 3.3.4.4.3 can be used for digestion of energy crops as well (with  $TAN_{dig} = 0$ ,  $N_{org, dig} = N_{total, dig}$  and  $g_{TAN} = 0.56 \text{ kg kg}^{-1}$ ).

Table 10.3 shows the times series of the  $CH_4$  emission factor for digestion of energy crops (digester and storage of digestate), related to the amount of dry matter fed into the digestion process. The decrease in the emission factor over time results from increasing use of gas-tight storage. For such storage, only the  $CH_4$  leakage rate has to be taken into account, instead of the higher emission factor for open storage.

werden. Nach KTBL (2013a), S. 252 (Tabellenzeile „Nawaro, flüssig“), wird angenommen, dass nach der Vergärung (d. h. in den Gärresten) ein Anteil von 56 % des vorhandenen Gesamt-N als TAN vorliegt. Damit sind auch für die Energiepflanzen-Vergärung die Gleichungen in Kapitel 3.3.4.4.3 anwendbar, wobei  $TAN_{dig} = 0$ ,  $N_{org, dig} = N_{total, dig}$  und  $g_{TAN} = 0,56 \text{ kg kg}^{-1}$  zu setzen ist.

Table 10.3 zeigt den zeitlichen Verlauf des effektiven  $CH_4$ -Emissionsfaktors für die Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter mit Gärrestelager). Der Emissionsfaktor bezieht sich auf die Trockenmasse der vergorenen Energiepflanzen. Die Abnahme mit der Zeit beruht auf der Zunahme der gasdichten Lagerung der Gärreste, für die anstelle des höheren Emissionsfaktors der offenen Lagerung nur die  $CH_4$ -Leckagerate zu berücksichtigen ist.

**Table 10.3: Digestion of energy crops, effective emission factor for  $CH_4$ , related to dry matter input (in  $\text{kg kg}^{-1}$ )**

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0.00323	0.00322	0.00321	0.00320	0.00319	0.00319	0.00318	0.00317	0.00316	0.00315
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0.00314	0.00313	0.00312	0.00311	0.00309	0.00308	0.00303	0.00298	0.00293	0.00288
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
0.00283	0.00278	0.00267	0.00265	0.00263	0.00262	0.00262			

The effective emission factors for direct  $N_2O$  emissions from digestion of energy crops (systems for storage of digestion residues) are shown in Table 10.4. These data represent the average values for gas-tight and open storage. In their decreasing trend, they represent the increasing use that has occurred, over the years, of gas-tight storage, which emits no  $N_2O$ . The emission factors in Table 10.4 are to be applied to the N quantities that are input, along with energy crops, into the digestion process.

As for manure (cf. Chapter 3.3.4.3.5), the  $NO$  emission factor is set to 10 % of the  $N_2O$ -N emission factor. Hence it can easily be derived from the data given in Table 10.4.

Der zeitliche Verlauf des effektiven Emissionsfaktoren für direkte  $N_2O$ -N-Emissionen aus der Lagerung vergorener Energiepflanzen (Annahme wie bei Wirtschaftsdünger: keine Emission aus dem Fermenter) sind in Table 10.4 dargestellt. Der mit den Jahren abnehmende Trend spiegelt die zunehmende Verbreitung der gasdichten Lagerung wieder, die kein  $N_2O$  emittiert. Der effektive Emissionsfaktor ist auf die mit den Energiepflanzen in den Vergärungsprozess eingebrachte N-Menge anzuwenden.

Der  $NO$ -N-Emissionsfaktor beträgt wie bei Wirtschaftsdünger (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) ein Zehntel des  $N_2O$ -N-Emissionsfaktors und ist damit aus den Daten in Table 10.4 abzuleiten.

**Table 10.4: Digestion of energy crops, effective emission factor for direct  $N_2O$ -N, related to N input (in  $\text{kg kg}^{-1}$ )**

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
0.00500	0.00495	0.00491	0.00486	0.00481	0.00477	0.00472	0.00467	0.00462	0.00458
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
0.00453	0.00448	0.00444	0.00436	0.00429	0.00421	0.00395	0.00368	0.00341	0.00315
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
0.00289	0.00263	0.00203	0.00191	0.00181	0.00177	0.00177			

By analogy to the methodology of manure management (see Chapter 3.3.4.3.6), indirect  $N_2O$  emissions due to deposition of reactive N from emissions of  $NH_3$  and  $NO$  from storage are calculated also for the storage of energy-plant digestate. The  $N_2O$ -N emission factor is the same as for manure:  $0.01 \text{ kg kg}^{-1}$ , related to the amount of reactive N.

No indirect  $N_2O$  from leaching and runoff from storage of digestate is calculated. This is consistent with the procedure for manure management. Leaching and/or uncontrolled surface runoff from manure management (including management of digestate) is forbidden by law

Für die Energiepflanzen-Vergärung werden wie beim Wirtschaftsdünger-Management (siehe Kapitel 3.3.4.3.6) indirekte  $N_2O$ -Emissionen berechnet, die auf die Deposition von reaktivem Stickstoff aus dem Lager ( $NH_3$ ,  $NO$ ) zurückgehen (hier: Gärrestelager). Der  $N_2O$ -N-Emissionsfaktor wird wie bei Wirtschaftsdünger mit  $0,01 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt (bezogen auf die reaktive N-Menge).

Wie beim Wirtschaftsdünger werden keine indirekte  $N_2O$ -Emissionen aus Auswaschung oder Oberflächenabfluss aus dem Gärrestelager berechnet, da Versickerung oder unkontrollierter oberirdischer Abfluss aus dem Gärreste-Management aus Gründen des Gewässer-

on grounds of protection of inshore waters (see “JGS-Anlagenverordnung des Bundeslandes Nordrhein-Westfalen” (JGS-ANLAGENV, 1998) und “Wasserhaushaltsgesetz” (WHG, 2010).

Table 10.5 shows the time series of effective  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factors for storage of energy-plant digestate as well as for the combination of storage and spreading of energy-plant digestate. Both types of emission factors are related to the amount of N fed into the digestion process. (For the digester it is assumed that there are no  $\text{NH}_3$  emissions.) The decreasing trend in the emission factor for storage of energy-plant digestate only is a consequence of increasing frequencies of gastight storage. This can also be seen in the combined storage-and-spreading emission factor. The strong increase of the total emission factor from 2005 to 2006 is due to a marked increase of the use of anaerobic digestion in Bavaria as the Bavarian emission factor for spreading is higher than the German mean. The significant decrease, however, from 2011 to 2012 is mostly due to the short incorporation time of 4 hours after spreading that is mandatory as of 2012 (see Chapter 3.4.3.2.6).

schutzes zu vermeiden sind (siehe dazu u. a. JGS-Anlagenverordnung NRW 1998, Wasserhaushaltsgesetz WHG 2010).

Table 10.5 zeigt die Zeitreihe der effektiven  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktoren für Gärrestelagerung allein sowie Gärrestelagerung und Ausbringung zusammen, bezogen auf die mit den Energiepflanzen in die Vergärung eingebrachte N-Menge. (Für den Fermenter wird wie bei der Vergärung von Wirtschaftsdünger angenommen, dass kein  $\text{NH}_3$  entweicht). Der abnehmende Trend beim Gärrestlager-Emissionsfaktor wird durch die zunehmende Verbreitung der gasdichten Lagerung bestimmt. Dies wirkt sich auch deutlich auf den Gesamt-Emissionsfaktor (Lagerung + Ausbringung) aus. Der Anstieg im Gesamt-Emissionsfaktor von 2005 zu 2006 ist auf einen starken Anstieg der Vergärung in Bayern zurück zu führen, da der mittlere bayerische EF für die Ausbringung über dem deutschen Durchschnitt liegt. Die starke Abnahme des Gesamt-Emissionsfaktors von 2011 zu 2012 ist zu einem großen Teil auf die ab 2012 geltende Beschränkung der Einarbeitungszeit auf maximal 4 Stunden zurückzuführen (siehe Kapitel 3.4.3.2.6).

**Table 10.5: Digestion of energy crops, effective emission factor for  $\text{NH}_3\text{-N}$ , related to N input (in  $\text{kg kg}^{-1}$ )**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
storage	0.0252	0.0250	0.0247	0.0245	0.0243	0.0240	0.0238	0.0235	0.0233	0.0231
storage + spreading	0.1997	0.1996	0.1995	0.1993	0.1992	0.1991	0.1990	0.1988	0.1987	0.1986
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
storage	0.0228	0.0226	0.0224	0.0220	0.0216	0.0212	0.0199	0.0186	0.0172	0.0159
storage + spreading	0.1985	0.1983	0.1982	0.1980	0.1978	0.1976	0.2004	0.1971	0.1942	0.1939
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
storage	0.0146	0.0132	0.0102	0.0096	0.0091	0.0089	0.0089			
storage + spreading	0.1939	0.1936	0.1824	0.1798	0.1787	0.1785	0.1783			

### 10.2.2 Uncertainties of the emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren

For the uncertainty (half the 95 % confidence interval) of the  $\text{CH}_4$  emission factor the uncertainty of the  $\text{CH}_4$  emission factor for the manure management of cattle and pigs is adopted: 20 % and normal distribution, see e. g. Chapter 4.3.6.

By analogy to manure management (IPCCC (2006), see Chapter 14.4.1), a factor of 2 is assumed as uncertainty range (95 % confidence interval) of the emission factor of direct  $\text{N}_2\text{O}$  emission from storage of energy-plant digestate, i. e. from -50 % to +100 %. According to the convention for Approach 1, the larger of the two percentages is to be applied in the calculation of the overall uncertainty of the GHG inventory (see Chapter 14.2), i.e. +100 %.

For the uncertainty of the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emission factors see Chapter 12.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the  $\text{NO}$  emission factor, the uncertainty of the emission factor for direct  $\text{N}_2\text{O}$  from storage is adopted (see Chapter 14.4.2).

The uncertainties of the  $\text{NH}_3$  emission factors are estimated by analogy to manure management as well. This means an uncertainty (95 % confidence interval with

Die Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) des  $\text{CH}_4$ -Emissionsfaktors wird mit dem beim Wirtschaftsdünger-Management von Rinden und Schweinen zu findenden Unsicherheitswert angenommen: 20 % mit Normalverteilung, siehe z. B. Kapitel 4.3.6.

Für direktes  $\text{N}_2\text{O}$  aus dem Lager wird wie beim Wirtschaftsdünger-Management (IPCC (2006), siehe Kapitel 14.4.1) ein Unsicherheitsfaktor von 2 angenommen, der einer Unsicherheit von -50 % / +100 % entspricht. Diese Werte begrenzen das 95 %-Konfidenzintervall. Entsprechend der Konvention für das Approach-1-Verfahren zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars (siehe Kapitel 14.2) ist das größere der beiden Intervalle zu verwenden, also +100 % (Lognormal-Verteilung).

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors des depositionsbedingten indirekten  $\text{N}_2\text{O}$  siehe Kapitel 12.1.

Wie beim Wirtschaftsdünger wird für die Unsicherheit des Emissionsfaktors für  $\text{NO}$  aus dem Lager die Unsicherheit des Emissionsfaktors für direktes  $\text{N}_2\text{O}$  aus dem Lager übernommen (siehe Kapitel 14.4.2).

Auch für die Unsicherheit der  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren wird eine Analogie zum Wirtschaftsdünger angenommen. Das bedeutet eine Unsicherheit (halbes 95 %-

normal distribution) of 36 % for the storage of digestate (c.f. manure management, Chapter 14.5) and 30 % for spreading of digestate (c.f. spreading of manure, Chapter 4.3.8.9).

Note that, as the emissions of NH<sub>3</sub> from storage and spreading of digestate of energy crops are subtracted by an adjustment procedure (see farther above), these emissions are not taken into account in the calculation of the total uncertainty of the German ammonia inventory, see Chapter 14.7).

Konfidenzintervall bei Normalverteilung) von 36 % für das Gärrestlager (vgl. Wirtschaftsdünger-Management, Kapitel 14.5) und 30 % für die Ausbringung (vgl. Wirtschaftsdünger-Ausbringung, Kapitel 4.3.8.9).

Anmerkung: Die durch das Adjustmentverfahren nicht berücksichtigten NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Lagerung und Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten (siehe weiter oben) werden in der Gesamtunsicherheit des deutschen Ammoniakinventars nicht berücksichtigt, siehe Kapitel 14.7).

### 10.3 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 10.6: Digestion of energy crops, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	NH <sub>3</sub> , storage	EM1001.06	
		NH <sub>3</sub> , spreading	EM1001.04	
		N <sub>2</sub> O, storage	EM1001.23	
		N <sub>2</sub> O, spreading	EM1001.10	
		N <sub>2</sub> O, indirect, leaching	EM1001.15	
		N <sub>2</sub> O, indirect, deposition, spreading	EM1001.18	
		N <sub>2</sub> O, indirect, deposition, storage	EM1001.21	
		NO, storage	EM1001.29	
		NO, spreading	EM1001.27	
		CH <sub>4</sub> , storage	EM1001.34	
Activity data	Aktivitäten	N amount (storage)	AC1001.06	
		N amount (spreading)	AC1001.07	
		Dry matter	AC1101.13	
		N returned to soil	AC1101.19	
		N deposited (spreading)	AC1101.22	
		N deposited (storage)	AC1001.25	
Emission factors	Emissionsfaktoren	NH <sub>3</sub> , storage	IEF1001.06	
		NH <sub>3</sub> , spreading	IEF1001.04	
		N <sub>2</sub> O, storage	IEF1001.16	
		N <sub>2</sub> O, spreading	IEF1001.10	
		N <sub>2</sub> O, indirect, leaching	IEF1001.14	
		N <sub>2</sub> O, indirect, deposition, spreading	IEF1001.15	
		N <sub>2</sub> O, indirect, deposition, storage	IEF1001.16	
		NO, storage	IEF1001.23	
		NO, spreading	IEF1001.21	
		CH <sub>4</sub> , storage	IEF1001.28	

## 11 Direct emissions from managed agricultural soils and cultures / Direkte Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen und Kulturen

Emissions from managed agricultural soils and cultures fall into two categories: direct emissions and indirect emissions.

Direct emissions are emissions that are a primary effect of soil management, like e. g.  $\text{NH}_3$  from and  $\text{N}_2\text{O}$  after spreading of fertilizers, or emissions of particulate matter. The calculation procedures for direct emissions are described in the following.

Indirect emissions are  $\text{N}_2\text{O}$  emissions that are a secondary effect of agricultural activities, i. e.  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from soils due to deposition of reactive nitrogen ( $\text{NH}_3$  and  $\text{NO}$ ) emitted from agricultural sources, and  $\text{N}_2\text{O}$  emissions that are a consequence of nitrogen leaching and runoff. The indirect emissions are described in Chapter 12.

For the following sources direct emissions are reported:

- Application of synthetic fertilizers,
- spreading of animal manures,
- spreading of energy-plant digestate,
- application of sewage sludge,
- N excretions during grazing,
- cultivation of organic soils,
- crop residues,
- liming.

The gases emitted are  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2$  und  $\text{CO}_2$ . In addition, the inventory calculates the emissions of NMVOC and particulate matter (PM).

No emissions from the mineralization of organic matter in soils are calculated for Germany, since in mineral soils under unchanged use (as arable land and drained grassland) no changes in carbon stocks occur on average, see Chapters 6.5.2.2 and 6.6.2.3 in the NIR 2017. Accordingly, there is also no mineralization or immobilization of nitrogen in conjunction with increase or loss of organic matter in mineral soils with remaining agricultural use.

No emissions from rice cultivation occur in Germany. Fire clearing is not practiced in Germany, so that no emissions can be calculated for this.

Emissions from the burning of crop residues in the field are negligible in Germany. This is the subject of Chapter 11.8.

Table 11.1 gives an overview of the methodologies used.  $\text{NH}_3$  emissions originating from the application of animal manures and digestate of energy crops,  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from the cultivation of organic soils and NMVOC emissions from cultures are calculated using Tier 2 methodologies. For all other emissions Tier 1 approaches are used as there are no more differentiated methods. The quantification of the  $\text{NH}_3$  emissions from grazing is not described here, as these emissions are

Bei den Emissionen aus landwirtschaftlicher Nutzflächen und Kulturen wird zwischen direkten und indirekten Emissionen unterschieden.

Direkte Emissionen sind Emissionen, die sich unmittelbar aus der Bodennutzung ergeben, wie z. B.  $\text{NH}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}$  infolge der Ausbringung von Dünger, aber auch Partikel. Die Berechnung dieser Emissionen wird im Folgenden beschrieben.

Bei den indirekten Emissionen handelt es sich um  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen, die eine Sekundärfolge landwirtschaftlicher Aktivitäten sind:  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Boden infolge Deposition von reaktivem N aus landwirtschaftlichen Quellen ( $\text{NH}_3$ - und  $\text{NO}$ -Emissionen), sowie  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen infolge von Stickstoff-Auswaschung bzw. -Abfluss. Zu den indirekten Emissionen siehe Kapitel 12.

Es werden direkte Emissionen für die folgenden Quellen berichtet:

- Ausbringung von Mineraldünger,
- Ausbringung von Wirtschaftsdünger,
- Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten,
- Ausbringung von Klärschlamm,
- tierische Ausscheidungen auf der Weide,
- Bewirtschaftung organischer Böden,
- Ernterückstände,
- Düngekalkung.

Hierbei handelt es sich Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2$  und  $\text{CO}_2$ . Zusätzlich werden für das Inventar auch Emissionen von NMVOC und Partikeln (PM) berechnet.

Es werden für Deutschland keine Emissionen aus der Mineralisierung von organischer Bodensubstanz berechnet, da in Mineralböden unter unveränderter Nutzung (als Ackerland und drainiertes Grünland) im Mittel keine Änderungen der Kohlenstoffvorräte auftreten, siehe Kapitel 6.5.2.2 und 6.6.2.3 im NIR 2017. Dementsprechend findet auch keine Mineralisierung oder Immobilisierung von Stickstoff in Verbindung mit Zuwachs oder Verlust von organischer Substanz in Mineralböden unter verbleibender landwirtschaftlicher Nutzung statt.

Emissionen aus dem Reisanbau kommen in Deutschland nicht vor. Brandrodung wird in Deutschland nicht praktiziert, so dass auch hierfür keine Emissionen zu berechnen sind.

Emissionen aus dem Verbrennen von Ernterückständen auf dem Feld sind in Deutschland vernachlässigbar. Hierauf geht Kapitel 11.8 ein.

Table 11.1 zeigt eine Übersicht über die verwendeten Verfahren.  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus der Ausbringung von Mineraldünger und Energiepflanzen-Gärresten,  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus der Bewirtschaftung organischer Böden und NMVOC-Emission aus Pflanzen werden mit Stufe-2-Verfahren berechnet. Alle übrigen Emissionen werden mangels differenzierterer Methodik nach Stufe-1-Verfahren berechnet. Die Berechnung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus Weidegang wird nicht hier, sondern im Zusammen-

dealt with in combination with the calculation of the emissions from animal husbandry (Chapters 4 to 9).

hang mit den Emissionsberechnungen aus der Nutztierhaltung (Kapitel 4 bis 9) behandelt.

**Table 11.1: Agricultural soils, procedures used for the calculation of direct emissions**

Species	Origin	Tier	Method applied
NH <sub>3</sub>	mineral fertilizer	2	EMEP
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	mineral fertilizer	1	IPCC
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	animal manures	1	IPCC
NH <sub>3</sub>	digestate of energy crops	2	national
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	digestate of energy crops	1	national / IPCC
N <sub>2</sub> O	sewage sludge	1	IPCC
N <sub>2</sub> O, NO, N <sub>2</sub>	excretions during grazing	1	IPCC
N <sub>2</sub> O	organic soils	2	national
N <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub>	crop residues	1	IPCC
CO <sub>2</sub>	liming	1	IPCC
CO <sub>2</sub>	Urea application	1	IPCC
NMVOC	cultivated crops	2	EMEP
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	crop production	1	EMEP

The emission calculations use federal-state resolution (except for spreading of manures from animal husbandry and grazing) as data on district level are available only for specific years.

Die Emissionsberechnungen erfolgen auf Länderebene, da Aktivitätsdaten auf Kreisebene außer für Wirtschaftsdüngerausbringung und Weidegang nur in vereinzelt Jahren vorliegen.



## 11.1 Application of mineral fertilizers / Mineraldüngeranwendung

For the application of mineral fertilizers emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are reported.

The  $\text{NH}_3$  emissions, the direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions as well as the  $\text{NO}$ -emissions after the application of animal manures are dealt with in chapter 11.1.2. For the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions see Chapter 12.

Für die Ausbringung von Mineraldünger werden Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  berichtet.

Auf die  $\text{NH}_3$ -Emissionen, die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen sowie die  $\text{NO}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger geht Kapitel 11.1.2 ein. Zu den indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 12.

### 11.1.1 Activity data: Amounts of fertilizers / Aktivitätsdaten: Düngermengen

Data on amounts of fertilizers applied is not available. 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). For all years of the time series it is assumed that the amounts of fertilizer sold in the second half of the previous year plus the amounts sold in first half of the current year are applied during the current year.

Identifying applied amounts of mineral fertilizers with the amounts sold, due to lack of data on the amounts sold, means that increase or decrease of stocks of mineral fertilizers are neglected. This ignores i. a. the influence of fertilizer price developments.

Moreover, due to a lack of data, the inventory does not take into account the extent to which sold fertilizer is brought to neighboring federal states or to neighboring countries, or fertilizer from beyond the borders is purchased. While at the German level it can be assumed that the associated error is small to negligible, it is not a priori at the federal state level, as shown by an internal analysis of agricultural sales data for all federal states and Germany.

It is assumed that the total emissions from the application of mineral fertilizers as calculated and reported in the German inventory are approximately correct at least on average over a period of several years. By contrast, for the federal states, emissions are calculated with reservations, mainly because of the fact that cross-border transports of sold fertilizer are not taken into account. For future inventories, an improved estimate of activity data at federal state level is sought.

Table 11.2 shows the German classification of N fertilizers and the corresponding EMEP (2016) categories.

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. Es wird angenommen, dass die im Verlauf des letzten Halbjahr des Vorjahres und des ersten Halbjahres des aktuellen Jahres verkaufte Düngermenge im aktuellen Jahr ausgebracht wird.

Die durch Datenmangel bedingte Gleichsetzung von ausgebrachter Düngermenge mit verkaufter Düngermenge bedeutet, dass Bildung und Abbau von Düngervorräten vernachlässigt werden. Dies lässt u. a. den Einfluss der Düngerpreisentwicklung außer Acht.

Überdies kann im Inventar mangels Daten nicht berücksichtigt werden, in welchem Umfang verkaufter Dünger in benachbarte Bundesländer oder ins benachbarte Ausland verbracht wird, oder Dünger von jenseits der Grenzen hinzugekauft wird. Während auf Bundeslandebene der damit verbundene Fehler wahrscheinlich gering bis vernachlässigbar ist, ist er das auf Bundeslandebene a priori nicht, wie eine interne Analyse der auf die landwirtschaftliche Fläche bezogenen Verkaufsdaten für alle Bundesländer und Deutschland zeigte.

Es wird davon aus ausgegangen, dass die im Inventar für Deutschland insgesamt berechneten und berichteten Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung zumindest im Mittel über mehrere Jahre zutreffend sind. Für die Bundesländer dagegen werden die Emissionen vor allem wegen der Nichtberücksichtigung der grenzüberschreitenden Mengen an verkauftem Dünger mit Vorbehalt berechnet. Für zukünftige Inventare wird eine verbesserte Schätzung der Aktivitätsdaten auf Bundeslandebene angestrebt.

Table 11.2 zeigt die deutschen Dünger-Bezeichnungen sowie die aus EMEP (2016).

**Table 11.2: German classification of N fertilizers and corresponding EMEP (2016) categories**

German classification	English terms	corresponding EMEP (2016) categories
Kalkammonsalpeter	calcium ammonium nitrate	calcium ammonium nitrate
Ammonitrat-Harnstoff-Lösung	ammonium solutions	ammonium solutions (Urea AN)
Harnstoff	urea	urea
NP-Dünger	ammonium phosphates	ammonium phosphates (MAP and DAP)
NK- und NPK-Dünger	NK and NPK fertilizers	NPK mixtures
andere Einnährstoffdünger	straight fertilizers / single nutrient fertilizers	other straight N compounds

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.

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.

The missing data for Saarland in 1991 were replaced by the respective data for 1990.

According to the quality report in STATBA FS 4, R 8.2 the data of the statistics on mineral fertilizers sold are considered as “reliable and precise”, as they are based on a comprehensive survey without statistical errors and very few gaps due to insufficient reporting. Hence the inventory assumes an uncertainty (95 % confidence interval of  $< \pm 1$  %. The inventory uses 1 %. In addition, a normal distribution is assumed.

The inaccuracies in the activity data associated with the systematic errors described above can not be quantified.

Die für das Saarland fehlenden Angaben für 1991 wurden durch entsprechende Daten für 1990 ersetzt.

Nach dem Qualitätsbericht zu STATBA FS 4, R 8.2 sind die Daten der Düngemittelverkaufstatistik als „zuverlässig und präzise“ einzustufen, da sie auf einer Totalerhebung ohne statistischen Fehler mit seltenen Antwortausfällen basiert. Dies wird für das Inventar als Unsicherheit (95%-Konfidenzintervall)  $< \pm 1$  % interpretiert. Im Inventar wird mit  $\pm 1$  % gerechnet. Angenommen wird eine Normalverteilung.

Die mit den oben beschriebenen systematischen Fehlern verbundenen Ungenauigkeiten der Aktivitätsdaten können nicht quantifiziert werden.

11.1.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

11.1.2.1 Emissions of NH<sub>3</sub> / NH<sub>3</sub>-Emissionen

Ammonia emissions from the application of the six categories of mineral fertilizers (see Chapter 11.1.1) are calculated using the Tier 2 methodology provided by EMEP(2016)-3.D-11.

Die Ammoniak-Emissionen der in Kapitel 11.1.1. angegebenen sechs Mineraldüngerarten werden nach einem Stufe-2-Verfahren nach EMEP(2016)-3.D-11 berechnet.

$$E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}} = \frac{\sum_i (m_{\text{fert, i}} \cdot EF_{\text{NH}_3, i})}{\gamma_{\text{NH}_3}}$$

(11.1)

- $E_{\text{NH}_3\text{-N, fert}}$   
 $\gamma_{\text{NH}_3}$   
 $m_{\text{fert, i}}$   
 $EF_{\text{NH}_3, i}$

NH<sub>3</sub>-N emission flux from fertilizers (in Gg a<sup>-1</sup>)  
mass conversion factor ( $\gamma_{\text{NH}_3} = 17/14 \text{ g g}^{-1} \text{ mol mol}^{-1}$ )  
mass of N applied with fertilizer type i (in Gg a<sup>-1</sup>)  
NH<sub>3</sub> emission factor for fertilizer type i (in kg kg<sup>-1</sup>)

The pertinent emission factors are listed in Table 11.3. In order to reflect average German conditions the emission factors for cool climate and a pH value lower than 7 was chosen.

Die entsprechenden Emissionsfaktoren zeigt Table 11.3. Den mittleren deutschen Bedingungen entsprechend sind es Emissionsfaktoren für die Klimakategorie „cool“ bei einem pH-Wert kleiner 7.

Table 11.3: Mineral fertilizers, NH<sub>3</sub> emission factors for the fertilizer categories applied in Germany

fertilizer category	emission factor $EF^a$ kg NH <sub>3</sub> (kg N) <sup>-1</sup>
calcium ammonium nitrate	0.008
nitrogen solutions	0.098
urea	0.155
ammonium phosphates	0.050
NK and NPK fertilizers	0.050
straight fertilizers / single nutrient fertilizers	0.010

<sup>a</sup> Source: EMEP(2016)-3D, Table 3-2, for cool climate and pH < 7 (typical conditions in Germany); see Table 11.2 in the report at hand for the relation between German fertilizer categories and fertilizer categories according to EMEP (2016).

EMEP(2016)-3D-21 assumes that the uncertainty of the ammonia emissions is no better than  $\pm 50$  %. This value is adopted also for the emission factors as there is no uncertainty defined for emission factors and interpreted as the boundaries of a 95 % confidence intervall (in analogy to the errors for NO emissions in EMEP(2016)-3D-21). A normal distribution is assumed.

EMEP(2016)-3D-21 geht davon aus, dass die Unsicherheit der Ammoniak-Emissionen nicht kleiner als  $\pm 50$  % ist. Dies wird, da eine entsprechende Angabe für die Emissionsfaktoren fehlt, für diese übernommen und als Begrenzung für das 95 %-Konfidenzintervall interpretiert (in Analogie zur NO-Fehlerangabe in EMEP(2016)-3D-21). Angenommen wird eine Normalverteilung.

11.1.2.2 Emissions of N<sub>2</sub>O / N<sub>2</sub>O-Emissionen

For N<sub>2</sub>O, a Tier 1 approach is used according to IPCC(2006)-11.7/11.11. It calculates the N<sub>2</sub>O-emission as

N<sub>2</sub>O wird mit einem Stufe-1-Verfahren (IPCC (2006)-11.7) proportional zur ausgebrachten N-Menge berech-

proportional to the amount of fertilizer N applied. The  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor is  $EF_{\text{fert}, \text{N}_2\text{O}-\text{N}} = 0.01 \text{ kg kg}^{-1}$ .

net. Der  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionsfaktor ist  $EF_{\text{fert}, \text{N}_2\text{O}-\text{N}} = 0,01 \text{ kg kg}^{-1}$ , siehe IPCC(2006)-11.11.

$$E_{\text{N}_2\text{O}-\text{N}, \text{fert}} = m_{\text{fert}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O}-\text{N}, \text{fert}} \quad (11.2)$$

$E_{\text{N}_2\text{O}-\text{N}, \text{fert}}$	emission of $\text{N}_2\text{O}$ -N directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$EF_{\text{N}_2\text{O}-\text{N}, \text{fert}}$	emission factor for emissions of $\text{N}_2\text{O}$ -N due to mineral fertilizer application (in $\text{kg kg}^{-1}$ )

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.1, an uncertainty range of 0.003 to 0.03  $\text{kg kg}^{-1}$  is given for the  $\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor. This interval is assumed to be the 95 % confidence interval. The difference between the upper limit of the confidence interval and the emission factor amounts to 200 % of the emission factor. The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor is ca. 70 % of the emission factor. According to IPCC(2006)-3.29 the higher percentage (200 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 14.6). Due to the asymmetry a lognormal distribution is assumed.

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.1, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,003 bis 0,03  $\text{kg kg}^{-1}$  angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Dabei entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 200 % des Emissionsfaktors, das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor rund 70 %. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, d. h. 200 %. Aufgrund der Asymmetrie wird Lognormalverteilung angenommen.

#### 11.1.2.3 Emissions of NO / NO-Emissionen

NO emissions from cultivation of agricultural soils and crops manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold. This procedure is based on the fact that these emissions had not been accounted for in the definition of the national emission ceiling for  $\text{NO}_x$  (1051  $\text{Gg a}^{-1}$ , NEC Directive 2011/81/EC).

The NO emissions are calculated with a Tier 1 methodology (see EMEP(2016)-3.D-11):

$$E_{\text{NO}-\text{N}, \text{fert}} = m_{\text{fert}} \cdot EF_{\text{NO}-\text{N}, \text{fert}} \quad (11.3)$$

$E_{\text{NO}-\text{N}, \text{fert}}$	emission of NO-N emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of N applied with mineral fertilizer (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$EF_{\text{NO}-\text{N}, \text{fert}}$	emission factor for emissions of NO-N due to mineral fertilizer application (in $\text{kg kg}^{-1}$ )

EMEP (2016)-3D-12, Table 3-1, does not provide the emission factor for NO-N, but for  $\text{NO}_2$ . Nevertheless this  $\text{NO}_2$  emission factor is based on the NO-N emission factor by STEHFEST UND BOUWMAN (2006), which is 0.012  $\text{kg NO-N per kg of N applied}$  and is used in the German inventory.

Based on STEHFEST UND BOUWMAN (2006), EMEP (2016)-3D-21 estimates an uncertainty of factor 5, which would correspond to a 95 % confidence interval between -80 % and +400 %. EMEP (2016) does not provide the distribution type; however, a lognormal distribution seems plausible.

(Note: The absolute values of the boundaries of the uncertainty range given in EMEP (2016)-3D-12, Table 3-1, are not correct, because they are the same values like in EMEP (2013)-3D-11, Table 3-1, even though the definition of the emission factor was changed in the new guidebook.)

NO aus dem Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden wird zwar berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet. Hintergrund für dieses Vorgehen ist, dass diese Emissionen nicht Gegenstand der Festlegung der seit 2010 geltenden nationalen Emissionsobergrenze (1051  $\text{Gg a}^{-1}$ , NEC-Richtlinie 2011/81/EC) waren.

Die NO-Emissionen werden mit einem Stufe-1-Verfahren berechnet (siehe EMEP (2016)-3.D-11):

EMEP (2016)-3D-12, Table 3-1, gibt den Emissionsfaktor nicht für NO-N, sondern für  $\text{NO}_2$  an. Dahinter steht aber der NO-N-Emissionsfaktor von STEHFEST UND BOUWMAN (2006), der 0,012  $\text{kg NO-N pro kg an ausgebrachtem N beträgt}$ ; dieser Emissionsfaktor wird im deutschen Inventar verwendet.

Für NO schätzt EMEP (2016)-3D-21 in Anlehnung an STEHFEST UND BOUWMAN (2006) einen Unsicherheitsfaktor von 5, was einem 95 %-Konfidenzintervall von -80 % bis +400 % entspräche. Der Verteilungstyp wird in EMEP (2016) nicht angegeben; eine Lognormal-Verteilung erscheint plausibel.

(Anmerkung: Die in EMEP (2016)-3D-12, Table 3-1, angegebenen absoluten Unsicherheitsbereichsgrenzen sind nicht korrekt, da sie aus EMEP (2013)-3D-11, Table 3-1, übernommen wurden, obwohl sich im neuen EMEP-Guidebook von 2016 in Table 3-1 die Definition des Emissionsfaktors geändert hat.)

## 11.2 Application of animal manures / Wirtschaftsdüngeranwendung

For the application of animal manures and residues of manure digestion emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are reported.

$\text{NH}_3$  emissions are dealt with in the chapters dealing with animal husbandry (Chapters 4 to 8.8).

The direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions as well as the  $\text{NO}$ -emissions after the application of animal manures are dealt with in chapter 11.2.2. For the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions see Chapter 12.

Due to lack of data on federal state level, N inputs to soil from goats can be taken into account only on national level.

Für die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  berichtet.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen werden bei den Emissionen aus der Tierhaltung (Kapitel 4 bis 8.8) berechnet.

Auf die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen sowie die  $\text{NO}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger geht Kapitel 11.2.2 ein. Zu den indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 12.

Für Ziegen ist die Berechnung der Emissionen in Ermangelung feiner aufgelöster Eingangsdaten nur auf nationaler Ebene möglich.

### 11.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amounts of N ( $m_{\text{man}}$ ) contained in animal manures and residues of manure digestion to be applied to the field are calculated according to the mass flow concept (see Chapter 3.3.4.3). This calculation considers the amounts of N imported into the system both from excreta and straw and the N losses by emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  and  $\text{N}_2$  from housing and storage.

The uncertainty of  $m_{\text{man}}$  is unknown. The assumption of 20 % for half the 95 % confidence interval seems appropriate (normal distribution).

Die N-Menge  $m_{\text{man}}$  in auszubringenden Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten wird für jede Tierkategorie nach dem Massenfluss-Konzept (siehe Kapitel 3.3.4.3) berechnet. Dabei werden die ins System gelangenden N-Mengen aus Ausscheidungen und Stroh sowie die N-Verluste durch Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus Stall und Lager berücksichtigt.

Die Unsicherheit von  $m_{\text{man}}$  ist unbekannt. Die Annahme von 20 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall erscheint angemessen (Normalverteilung).

### 11.2.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  as well as  $\text{NO}$  emissions from soils after the application of manure are calculated in analogy to the application of mineral fertilizers (see Chapter 11.1, equation (11.2)) by replacing  $m_{\text{fert}}$  with  $m_{\text{man}}$  (see Chapter 11.2.1). The emission factors provided for mineral fertilizers in Chapter 11.1.2 are adopted along with the respective uncertainties as discussed in Chapter 11.1.2 as well.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ - sowie  $\text{NO}$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden nach der Ausbringung von Wirtschaftsdünger werden in Analogie zur Anwendung von Mineraldünger (siehe Kapitel 11.1, Gleichung (11.2)) berechnet, indem  $m_{\text{fert}}$  durch  $m_{\text{man}}$  (siehe Kapitel 11.2.1) ersetzt wird. Es werden die entsprechenden Emissionsfaktoren der Mineraldüngerausbringung übernommen, siehe Kapitel 11.1.2. Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe ebenfalls Kapitel 11.1.2.

### 11.3 Application of digestate from energy crops / Ausbringung der Gärreste aus der Energiepflanzen-Vergärung

For the application of the digestate of energy crops emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are reported.

The  $\text{NH}_3$  emissions originating from spreading are described in Chapter 10.2.

The direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions as well as the  $\text{NO}$ -emissions after the application of animal manures are dealt with in chapter 11.3.2. For the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions see Chapter 12.

#### 11.3.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amounts of N ( $m_{\text{DEC}}$ ) contained in energy-plant digestate to be applied to the field are calculated as the difference of the amount of N fed into the digestion process and the sum of N losses by emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  from storage of the digestate. For the calculation of these N losses see Chapter 3.3.5.

The uncertainty of  $m_{\text{DEC}}$  is unknown. For the emission inventory the boundaries of the 95 % confidence interval are assumed to be located at  $\pm 10\%$  of the mean. A normal distribution is assumed.

#### 11.3.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions as well as  $\text{NO}$  emissions from soils after the application of manure are calculated in analogy to the application of mineral fertilizers (see Chapter 11.1, equation (11.2)) by replacing  $m_{\text{fert}}$  with  $m_{\text{DEC}}$  (see Chapter 11.3.1). The emission factors provided for mineral fertilizers (see Chapter 11.2.2) are adopted. Hence the uncertainties of the emission factors are the same as for the emission factors of mineral fertilizer.

$\text{NO}$  emissions from cultivation of agricultural soils and crops manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 11.1.2.3.

Für die Ausbringung von Gärresten der Energiepflanzenvergärung werden Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  berichtet.

Die mit der Ausbringung verbundenen  $\text{NH}_3$ -Emissionen werden in Kapitel 10.2 beschrieben.

Auf die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen sowie die  $\text{NO}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger geht Kapitel 11.3.2 ein. Zu den indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 12.

Die N-Menge  $m_{\text{DEC}}$  in den auszubringenden Energiepflanzen-Gärreste wird berechnet als die Differenz der N-Menge, die mit den Energiepflanzen in die Vergärung eingebracht wird, und der Summe der N-Verluste durch  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  und  $\text{N}_2$  aus der Gärreste-Lagerung. Zur Berechnung dieser N-Verluste siehe Kapitel 3.3.5.

Die Unsicherheit von  $m_{\text{DEC}}$  ist unbekannt. Für das Emissionsinventar werden die 95%-Konfidenzintervall-Grenzen mit  $\pm 10\%$  des Mittelwertes angesetzt. Die Verteilung ist normal.

Direkte  $\text{N}_2\text{O}$ - sowie  $\text{NO}$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden nach der Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten werden in Analogie zur Mineraldünger-Anwendung (siehe Kapitel 11.1, Gl. (11.2)) berechnet, indem  $m_{\text{fert}}$  durch  $m_{\text{DEC}}$  (siehe Kapitel 11.3.1) ersetzt wird. Es werden die entsprechenden Emissionsfaktoren und ihre Unsicherheiten von Mineraldünger übernommen, siehe Kapitel 11.2.2.

$\text{NO}$  aus der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden wird zwar berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 11.1.2.3.

## 11.4 Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen

For the application of sewage sludge emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are reported.

The  $\text{NH}_3$  emissions, the direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions as well as the  $\text{NO}$ -emissions after the application of animal manures are dealt with in chapter 11.1.2. For the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions see Chapter 12.

Für die Ausbringung von Klärschlämmen werden Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  berichtet.

Auf die  $\text{NH}_3$ -Emissionen, die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen sowie die  $\text{NO}$ -Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger geht Kapitel 11.1.2 ein. Zu den indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen siehe Kapitel 12.

### 11.4.1 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 (SCHULTHEIB et al., 2000, and references cited therein; MUNLV, 2001), the portion which is applied to agricultural soils, and the respective N content (DWA, 2004) according to:

Die mit Klärschlämmen in landwirtschaftliche Systeme eingetragenen N-Mengen ergeben sich aus dem Klärschlamm-Aufkommen je Bundesland (SCHULTHEIB 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:

$$m_{\text{N,SL}} = m_{\text{SL}} \cdot x_{\text{agr}} \cdot x_{\text{FS}} \cdot (x_{\text{WS}} \cdot c_{\text{N,WS}} + x_{\text{DHS}} \cdot c_{\text{N,DHS}} + x_{\text{LS}} \cdot c_{\text{N,LS}} + x_{\text{DS}} \cdot c_{\text{N,DS}}) \quad (11.4)$$

$m_{\text{N,SL}}$	nitrogen input with sewage sludge (in $\text{Mg a}^{-1}$ )
$m_{\text{SL}}$	sewage sludge produced (national total, dry matter) (in $\text{Mg a}^{-1}$ )
$x_{\text{agr}}$	fraction of sewage sludge applied in agriculture (in $\text{Mg Mg}^{-1}$ )
$x_{\text{FS}}$	fraction of sewage sludge applied in a single federal state (in $\text{Mg Mg}^{-1}$ )
$x_{\text{WS}}$	fraction of wet sewage sludge (in $\text{Mg Mg}^{-1}$ )
$c_{\text{N,WS}}$	nitrogen content of wet sewage sludge (in $\text{Mg Mg}^{-1} \text{ N}$ )
$x_{\text{DHS}}$	fraction of dehydrated sewage sludge (in $\text{Mg Mg}^{-1}$ )
$x_{\text{LS}}$	fraction of limed sewage sludge (in $\text{Mg Mg}^{-1}$ )
$x_{\text{DS}}$	fraction of dried sewage sludge (in $\text{Mg Mg}^{-1}$ )

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).

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).

Table 11.4 and Table 11.5 give a review on the raw data available:

Table 11.4 und Table 11.5 geben einen Überblick über die verfügbaren Rohdaten:

Both the amounts of sewage sludge produced and the amounts used in agriculture are available as incomplete time series as national totals for the time between 1991 and 2000. For 1995 and since 1998, data for single federal states is available. At the time the emission reporting submission at hand was prepared no data was available for the last year of the time series. The missing value is estimated by adopting the value of the second-last year that in turn could be updated with new data.

Klärschlamm-Mengen und landwirtschaftlich genutzte Klärschlamm-Mengen liegen seit 1991 als unvollständige Zeitreihen für das gesamte Bundesgebiet vor. Für 1995 und ab 1998 sind Daten für Bundesländer verfügbar. Zum Zeitpunkt der Erstellung der aktuelle Emissionsberichterstattung lagen noch keine Daten für das letzte Zeitreihenjahr vor. Als Ersatz wird der Wert des vorletzten Zeitreihenjahres verwendet, der anhand neuer Daten aktualisiert werden konnte.

**Table 11.4: Sewage sludge applied within agriculture (in Gg a<sup>-1</sup>, dry matter) (statistical data)**

	1991	1992	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW			106		83	83	76	63	52	52	39	28	19	8	6	6	7	5	5	3	3	2	
BY			159		141	138	128	98	86	84	73	63	60	57	53	56	50	53	48	47	47	39	
BB			16		26	23	20	17	21	17	17	15	16	17	20	18	17	18	18	16	14	15	
HE			76		68	67	63	64	55	58	53	42	43	51	49	52	54	56	55	48	54	51	
MV			9		22	29	32	31	27	25	26	46	46	35	36	32	36	34	35	33	30	22	
NI			198		173	179	176	157	164	170	162	152	149	141	138	136	133	128	124	90	90	80	
NW			168		146	157	166	128	133	126	121	117	107	101	97	91	90	87	80	77	68	61	
RP			57		56	57	65	69	66	64	63	64	61	63	69	65	63	65	58	57	61	61	
SL			6		4	5	4	5	5	5	5	5	4	7	7	8	8	9	9	9	8	7	
SN			10		1	7	8	5	5	6	2	4	4	8	9	12	14	14	14	13	11	9	
ST			22		37	26	29	28	23	27	26	22	21	16	18	21	20	19	22	20	19	16	
SH			81		67	70	70	73	73	69	65	66	61	63	62	59	55	52	52	52	47	50	
TH			6		6	8	8	7	7	11	12	11	10	10	10	10	9	11	12	11	9	9	
StSt			20		13	14	16	12	10	10	9	9	11	11	12	13	13	12	11	7	8	5	
Ger-many	732	699	941	910	842	862	862	759	727	723	672	645	613	587	586	577	568	564	542	484	471	428	

Source: UMWELTBUNDESAMT, reports to EU; SCHULTHEIß et al., 2000; STATISTISCHES BUNDESAMT (personal communication)

**Table 11.5: Sewage sludge, nitrogen content (in g kg<sup>-1</sup>, related to dry matter) (statistical data)**

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
BW	28.2	29.2	32.2	34.1	38.9	35.1	40.8	36.4	36.1	42.1	38.4	35.5	41.0	39.0	37.9	43.0	41.0	47.0	
BY	39.0	36.0	39.5	40.4	39.9	42.1	44.6	47.1	45.8	45.2	45.2	43.4	46.6	47.7	46.8	45.2	46.6	49.0	
BB	36.8	43.8	33.9	37.0	39.6	41.9	46.1	48.2	55.6	53.2	52.4	50.8	65.4	48.9	51.6	47.9	47.1	42.8	
HE	30.5	29.8	29.6	27.7	30.6	31.6	32.0	34.3	33.2	31.6	33.5	34.6	33.2	34.9	34.7	37.7	36.0	35.9	
MV	48.1	50.5		51.4	51.0	57.3	54.1	46.9	46.9	43.9	45.5	47.5	48.4	47.9	51.1	54.4	54.2	51.6	
NI	53.6	53.7	55.3	56.3	56.4	56.1	56.8	58.4	60.6	65.3	58.9	58.4	56.5	59.1	60.3	58.0	60.4	61.6	
NW	35.0	36.0	31.0	33.0	29.0	32.0	32.0	33.0	29.0	33.8	33.1	34.5	34.3	31.1	34.3	33.4	35.6	31.0	
RP	33.9	31.5	33.1	31.1	34.4	36.8	37.2	39.1	39.7	39.8	40.9	40.9	43.3	41.7	41.4	41.1	40.4	41.7	
SL	42.4	42.0	40.5	44.1	44.2	50.7	46.6	45.1	42.6	44.8	53.2	48.9	49.4	47.2	51.2	48.5	52.0	53.6	
SN	30.0	26.0	27.0	36.0	25.0	22.0	37.0	35.0	35.0	37.1	36.0	42.7	37.0	36.2	34.9	32.0	34.0	42.0	
ST	32.7	30.5	29.5	44.7	29.5	42.6	43.5	38.3	43.2	37.0	47.0	49.4	54.6	51.1	48.4	52.6	50.2	50.4	
SH	17.3	6.2	26.0	27.0	25.0	24.0	28.0	27.0	37.0	30.0	32.0	35.0	40.2	33.0	38.0	34.0	35.0	31.0	
TH	29.0	33.0	31.0	33.0	36.0	38.0	35.0	35.0	40.0	37.0	44.0	44.0	42.0	42.0	40.4	38.1	36.7	33.4	
StSt	48.9	52.6	58.7	52.9	41.8	45.6	49.2	47.0	50.4	48.1	65.6	64.1	68.0	69.6	76.8	81.0	80.1	55.4	
Ger-many	37.5	36.6	38.3	39.4	38.8	40.5	42.0	42.5	43.9	44.4	44.2	44.7	45.8	44.5	46.0	44.4	45.2	43.8	

Source: UMWELTBUNDESAMT, reports to EU; SCHULTHEIß et al., 2000; STATISTISCHES BUNDESAMT (personal communication)

In the time series for national activities, missing data were replaced by those from previous years. For 1990, data from 1991 were used. The missing N contents before 1998 were replaced by the mean concentrations from 1998 for each Federal State.

In Mecklenburg-Vorpommern the amount of sewage sludge was available for 2000, but not the respective N content. The N content of 1999 was combined with the amount spread to estimate the amount of N applied.

The missing information of the amount of sewage sludge applied in the Federal States from 1990 until 1994 and 1996 until 1997 were replaced in the following way: the fraction of the amount applied in each federal state in 1995 of the total amount of sewage sludge applied in 1995 in Germany was multiplied by the amount of sewage sludge that was applied in the whole of Germany in the missing years. Multiplying by N contents allowed to complete the N amount applied in the concerning years in the Federal States.

Data gaps at the end of the time series are closed by adopting the value last reported.

The uncertainty of the sewage sludge data is unknown. The preliminary assumption is that officially

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.

Datenlücken der ausgebrachten Klärschlammmengen in den Ländern von 1990 bis 1994 und 1996 bis 1997 wurden wie folgt geschlossen: 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 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 gemel-



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.

#### 11.4.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

##### 11.4.2.1 Emissions of $\text{NH}_3$ / $\text{NH}_3$ -Emissionen

EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, provides, for the first time, a Tier 1 emission factor for  $\text{NH}_3$  from spreading of sewage sludge. Hence Germany calculates the pertinent  $\text{NH}_3$  emissions as of Submission 2018. However, the units of the emission factor given in EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, are not correct, as can be deduced from the appendix in the guidebook where the derivation of the emission factor is described. According to this derivation (and switching from  $\text{NH}_3$  to  $\text{NH}_3\text{-N}$ ) the resulting EF is 0.11 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  per kg of N in sewage sludge. This EF is applied in the German inventory for all years as of 1990.

According to EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, there is no information on the uncertainty of the emission factor. Therefore the German inventory assumes that this uncertainty is the same like the uncertainty for the application of mineral fertilizers (see Chapter 11.1.2.1): 50 % for half the 95 % confidence interval (normal distribution).

##### 11.4.2.2 Emissions of $\text{N}_2\text{O}$ / $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen

Direct  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from soils after the application of sewage sludge are calculated by analogy to the application of mineral fertilizers (see Chapter 11.1, equation (11.2)) by replacing  $m_{\text{fert}}$  with  $m_{\text{N,SL}}$  (see Chapter 11.4.1). The  $\text{N}_2\text{O}$  emission factor provided for mineral fertilizers is adopted. Hence the uncertainty of the emission factor is the same as for the emission factor of mineral fertilizer.

##### 11.4.2.3 Emissions of $\text{NO}$ / $\text{NO}$ -Emissionen

EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, provides, for the first time, a Tier 1 emission factor for  $\text{NO}_2$  from spreading of sewage sludge. This  $\text{NO}_2$  emission factor is based on the  $\text{NO-N}$  emission factor by STEHFEST UND BOUWMAN (2006), which is 0.012 kg  $\text{NO-N}$  per kg of N applied. This  $\text{NO-N}$  emission factor is used in the German inventory.

EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, does not provide the uncertainty of the emission factor. However, as the emission factor is identical to that used for mineral fertilizers (see Chapter 11.1.2.3), the pertinent boundaries of the 95 % confidence interval are adopted.

deten 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.

In EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, wird erstmals ein Stufe-1-Emissionsfaktor für  $\text{NH}_3$  aus der Ausbringung von Klärschlamm angegeben. Daher berechnet Deutschland ab Submission 2018 diese  $\text{NH}_3$ -Emissionen. Der in EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, angegebene Emissionsfaktor hat allerdings eine falsche Einheit, wie anhand der im zugehörigen Anhang des Guidebooks beschriebenen Emissionsfaktor-Herleitung festzustellen ist. Dieser Ableitung folgend (und dabei von  $\text{NH}_3$  auf  $\text{NH}_3\text{-N}$  übergehend) ergibt sich ein EF von 0,11 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  pro kg Klärschlamm-N. Dieser EF wird im deutschen Inventar für alle Jahre ab 1990 verwendet.

Laut EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, gibt es keine Information zur Unsicherheit des Emissionsfaktors. Das deutsche Inventar nimmt daher an, dass diese Unsicherheit die gleiche ist wie bei der Ausbringung von Mineraldünger (siehe Kapitel 11.1.2.1): 50 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

Die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden als Folge der Ausbringung von Klärschlämmen werden in Analogie zur Anwendung von Mineraldünger (siehe Kapitel 11.1, Gleichung (11.2)) berechnet, indem  $m_{\text{fert}}$  durch  $m_{\text{N,SL}}$  (siehe Kapitel 11.4.1) ersetzt wird. Es wird der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionsfaktor von Mineraldüngern übernommen. Siehe dort auch zu den Unsicherheiten des Emissionsfaktors.

In EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, wird erstmals ein Stufe-1-Emissionsfaktor für  $\text{NO}_2$  aus der Ausbringung von Klärschlamm angegeben. Dieser basiert auf dem  $\text{NO-N}$ -Emissionsfaktor von STEHFEST UND BAUMANN (2006), der 0,012 kg  $\text{NO-N}$  pro kg an ausgebrachtem N beträgt. Dieser  $\text{NO-N}$ -Emissionsfaktor wird im deutschen Inventar verwendet.

EMEP (2016)-3.D, Table 3-1, gibt keine EF-Unsicherheit an. Da der EF aber identisch mit dem für Mineraldünger verwendeten EF ist (siehe Kapitel 11.1.2.3), werden die dort angegebenen Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalls übernommen.

## 11.5 Grazing / Weidegang

The inventory considers grazing for cattle (including buffalo, but without calves), horses (including mules and asses), sheep and goats.

For grazing emissions of  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  are reported.

The quantification of the  $\text{NH}_3$  emissions is described in context with the calculation of the emissions from animal husbandry (Chapters 4 to 7). The  $\text{N}_2\text{O}$ - and  $\text{NO}$ -emissions from soils originating from grazing are described in the following.

Due to lack of data on federal state level, N inputs to soil from goats can be taken into account only on national level.

Weidegang wird im Inventar für Rinder (einschließlich Büffel, aber ohne Kälber), Pferde (einschließlich Esel und Maultiere), Schafe und Ziegen berücksichtigt.

Für Weidegang werden Emissionen von  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NO}$  berichtet.

Die  $\text{NH}_3$ -Emissionen werden im Zusammenhang mit den Emissionen aus der Nutztierhaltung (Kapitel 4 bis 7) berechnet. Die Berechnung der  $\text{N}_2\text{O}$ - und  $\text{NO}$ -Emissionen wird im Folgenden beschrieben.

Für Ziegen ist die Berechnung der Emissionen in Ermangelung feiner aufgelöster Eingangsdaten nur auf nationaler Ebene möglich.

### 11.5.1 Activity data / Aktivitätsdaten

$\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NO}$  emissions from agricultural soils as a consequence of excreta dropped during grazing are calculated proportionally to the amount of N excreted. N excretions are described in the animal Chapters.

Based on DÄMMGEN et al., 2009b it is assumed that the assessment of N excretions can be achieved with an uncertainty < 10 %. The inventory uses 10 % as a standard error, i.e. that the uncertainty (half the 95 % confidence interval) is taken to be 20 %. A normal distribution is assumed.

$\text{NO}$  emissions from cultivation of agricultural soils and crops manure management are reported (as  $\text{NO}_x$ ), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 11.1.2.3.

Bodenbürtige  $\text{N}_2\text{O}$ - und  $\text{NO}$ -Emissionen aufgrund von Weidegang werden proportional zur Menge des auf der Weide ausgeschiedenen N berechnet. Die N-Ausscheidungen werden in den Tier- Kapiteln beschrieben.

In Anlehnung an DÄMMGEN et al. (2009b) wird angenommen, dass die Bestimmung der N-Ausscheidungen mit einer Unsicherheit < 10 % erfolgt. Für das Inventar wird ein Wert von 10 % angesetzt, der als Standardfehler interpretiert wird. Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 20 %. Die Verteilung wird als normal angenommen.

$\text{NO}$  aus der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden wird zwar berichtet (als  $\text{NO}_x$ ), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 11.1.2.3.

### 11.5.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The direct  $\text{N}_2\text{O}$ -N emissions are calculated according to IPCC(2006)-11.6 et seq. The emissions of  $\text{NO}$  are assessed accordingly. In both cases the methodology is a Tier 1 methodology.

Die direkten  $\text{N}_2\text{O}$ -N-Emissionen werden nach IPCC(2006)-11.6 ff berechnet. Die Berechnung der  $\text{NO}$ -Emissionen erfolgt in Analogie dazu. In beiden Fällen handelt es sich um eine Stufe-1-Methodik.

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, graz}} = m_{\text{N, graz, 1}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 1}} + m_{\text{N, graz, 2}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 2}} \quad (11.5)$$

$$E_{\text{NO-N, graz}} = m_{\text{N, graz, 1}} \cdot EF_{\text{NO-N, graz, 1}} + m_{\text{N, graz, 2}} \cdot EF_{\text{NO-N, graz, 2}} \quad (11.6)$$

$E_{\text{N}_2\text{O-N, graz}}$	$\text{N}_2\text{O}$ -N emission due to animal grazing (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$m_{\text{N, graz, 1}}$	amount of N excreted during grazing of cattle (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 1}}$	$\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor for grazing of cattle (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$m_{\text{N, graz, 2}}$	amount of N excreted during grazing of sheep, goats and horses (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 2}}$	$\text{N}_2\text{O}$ -N emission factor for grazing of sheep, goats and horses (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$E_{\text{NO-N, graz}}$	$\text{NO}$ -N emission due to animal grazing (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$EF_{\text{NO-N, graz, 1}}$	$\text{NO}$ -N emission factor for grazing of cattle (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$EF_{\text{NO-N, graz, 2}}$	$\text{NO}$ -N emission factor for grazing of sheep, goats and horses (in $\text{kg kg}^{-1}$ )

The following emission factors are used for  $\text{N}_2\text{O}$ -N (IPCC(2006)-11.11, Table 11.1):

- $EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 1}} = 0.02 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$
- $EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 2}} = 0.01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$

The uncertainty range of  $EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 1}}$  and  $EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 2}}$  is given by  $0.007 - 0.06 \text{ kg kg}^{-1}$  and  $0.003 - 0.03 \text{ kg kg}^{-1}$ ,

Für  $\text{N}_2\text{O}$ -N werden die folgenden Emissionsfaktoren verwendet (IPCC(2006)-11.11, Table 11.1):

- $EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 1}} = 0,02 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$
- $EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 2}} = 0,01 \text{ kg N}_2\text{O-N (kg N)}^{-1}$

Der Unsicherheitsbereich wird für  $EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 1}}$  mit  $0,007 - 0,06 \text{ kg kg}^{-1}$  und für  $EF_{\text{N}_2\text{O-N, graz, 2}}$  mit  $0,003 - 0,03$

respectively. It is assumed that these intervals represent the 95 % confidence intervals. In both cases, the interval between the upper limit of the confidence interval and the mean emission factor is 200 % of the mean emission factor, while the interval between the lower limit of the confidence interval and the mean emission factor is 70 %. According to IPCC(2006)-3.29, the higher percentage, i. e. 200 %, is to be used for the calculation of the overall uncertainty of the GHG inventory (see Chapter 14.6). Based on the asymmetry of the confidence intervals, lognormal distribution is assumed.

Regarding the NO emission factor, EMEP (2016)-3D, Table 3-1, does not distinguish between emissions from animal excretions on pasture, application of animal manures and application of mineral fertilizers. For those three sources the same emission factor is used; it is based on the NO emission factor by STEHFEST UND BOUWMAN (2006):  $0.012 \text{ kg NO-N (kg N)}^{-1}$ . This emission factor is used in the German inventory as of Submission 2018:  $EF_{\text{NO-N, graz, 1}} = EF_{\text{NO-N, graz, 2}} = 0.012 \text{ kg NO-N (kg N)}^{-1}$ .

The uncertainty of the NO emission factor is assumed to be the same like for mineral fertilizers, see Chapter 11.1.2.3.

$\text{kg kg}^{-1}$  angegeben. Diese Intervalle werden als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Dabei entspricht in beiden Fällen das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 200 % des Emissionsfaktors, das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor liegt bei 70 %. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, d. h. 200 %. Aufgrund der Asymmetrie des Konfidenzintervalls wird Lognormalverteilung angenommen.

EMEP (2016)-3D, Tabelle 3-1, unterscheidet bzgl. des Emissionsfaktors nicht zwischen tierischen Ausscheidungen auf der Weide, Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Ausbringung von Mineraldünger. Für alle drei Quellen wird der gleiche NO-Emissionsfaktor verwendet, der auf dem NO-Emissionsfaktor von STEHFEST UND BOUWMAN (2006) beruht:  $0,012 \text{ kg NO-N (kg N)}^{-1}$ . Dieser Emissionsfaktor wird ab Submission 2018 im deutschen Inventar verwendet:  $EF_{\text{NO-N, graz, 1}} = EF_{\text{NO-N, graz, 2}} = 0,012 \text{ kg NO-N (kg N)}^{-1}$ .

Die Unsicherheit des NO-Emissionsfaktor wird wie bei Mineraldünger angesetzt, siehe Kapitel 11.1.2.3.

## 11.6 Management of drained organic soils / Bewirtschaftung drainierter organischer Böden

The degradation of managed organic soils (histosols) leads to direct N<sub>2</sub>O emissions. Only drained organic soils are used for agricultural management.

No methodology is available to calculate the degradation of organic soils and the resulting amounts of N as activity data. Hence, direct N<sub>2</sub>O emissions are calculated as proportional to the area of managed organic soils.

Die Degradation bewirtschafteter organischer Böden (Histosols) führt zu direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen. Nur drainierte Böden werden bewirtschaftet.

Es steht kein Verfahren zur Verfügung, die bei der Degradation freiwerdende N-Menge als Aktivitätswert zu berechnen. Daher werden direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen proportional zur Fläche der bewirtschafteten organischen Böden berechnet.

### 11.6.1 Activity data / Aktivitätsdaten

Data on areas with drained organic soils have been provided separately for arable land and drained grassland by the LULUCF sector for each year and each federal state (GENSIOR 2015, personal communication), see Table 11.6. With respect to emission reporting submission 2015 the data was updated using a completely new and more detailed map (ROBKOPF et al., 2015). The areas of grassland given in Table 11.6 differ from the areas reported by the LULUCF sector. The difference is the total of areas of undrained grassland.

Die Flächen drainierter organischer Böden wurden durch den LULUCF-Sektor für jedes Jahr und jedes Bundesland getrennt für Ackerland und drainiertes Grünland bereitgestellt (GENSIOR 2015, persönliche Mitteilung), siehe Table 11.6. Die Werte wurden gegenüber der Emissionsberichterstattung 2015 anhand einer neuen, detaillierteren Kartengrundlage (ROBKOPF et al., 2015) aktualisiert. Die Flächen für Grünland unterscheiden sich von den Grünlandflächen, die der LULUCF-Sektor berichtet. Die Differenz ist die Gesamtfläche des nicht drainierten Grünlandes.

**Table 11.6: Organic soils, German totals of areas of arable land and drained grassland (in 1000 ha)**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>total</b>	<b>1307.6</b>	<b>1306.7</b>	<b>1305.8</b>	<b>1304.9</b>	<b>1304.0</b>	<b>1303.1</b>	<b>1302.2</b>	<b>1301.3</b>	<b>1300.4</b>	<b>1299.5</b>
arable land	301.5	302.4	303.3	304.2	305.2	306.1	307.0	307.9	308.9	309.8
grassland (drained)	1006.1	1004.3	1002.5	1000.7	998.8	997.0	995.2	993.3	991.5	989.7
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>total</b>	<b>1298.6</b>	<b>1294.7</b>	<b>1290.9</b>	<b>1287.0</b>	<b>1283.2</b>	<b>1279.3</b>	<b>1275.2</b>	<b>1271.1</b>	<b>1267.0</b>	<b>1264.3</b>
arable land	310.7	311.7	312.6	313.6	314.6	315.5	326.5	337.5	348.4	355.5
grassland (drained)	987.9	983.1	978.2	973.4	968.6	963.8	948.7	933.7	918.6	908.8
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
<b>total</b>	<b>1261.6</b>	<b>1258.9</b>	<b>1256.2</b>	<b>1252.0</b>	<b>1247.7</b>	<b>1243.5</b>	<b>1239.3</b>			
arable land	362.5	369.6	376.6	378.0	379.3	380.7	382.0			
grassland (drained)	899.1	889.3	879.6	874.0	868.4	862.9	857.3			

The areas used in LULCF have an overall uncertainty of < 1 % (half the 95 % confidence interval) (GENSIOR 2012, personal communication). This value is also taken to be valid for histosols.

Die in LULUCF eingehenden Flächendaten haben eine Gesamtunsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) von < 1 % (GENSIOR 2012, persönliche Mitteilung). Dieser Wert wird für die organischen Böden übernommen.

### 11.6.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The N<sub>2</sub>O emissions strongly depend on soil type, intensity of management and climate. However, due to lack of an appropriate methodology, these processes cannot be taken into account. Hence, similar to the Tier 1 approach given in IPCC(2006)-11.10 et seq., the N<sub>2</sub>O emissions are calculated proportionally to the area (separately for arable land and drained grassland):

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen hängen stark vom Bodentyp, der Intensität der Nutzung und vom Klima ab. Diese Einflüsse können mangels einer geeigneten Methodik nicht berücksichtigt werden. Daher werden in Anlehnung an das Stufe-1-Verfahren in IPCC(2006)-11.10 f die N<sub>2</sub>O-N-Emissionen proportional zur Fläche berechnet, getrennt nach Acker und drainiertem Grünland:

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, hist}} = \beta \cdot A_{\text{hist}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, hist}} \quad (11.7)$$

$E_{\text{N}_2\text{O-N, hist}}$	emission flux of N <sub>2</sub> O-N directly emitted from organic soils (arable land or drained grassland) (in Gg a <sup>-1</sup> )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )
$A_{\text{hist}}$	area of organic soils (arable land or drained grassland) (in ha)
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, hist}}$	N <sub>2</sub> O-N emissions factor for organic soils (arable land or drained grassland) (in kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The German average emission factor for arable land (10.7 kg N<sub>2</sub>O-N per hectare and year) was derived from German data used by LEPELT et al. (2014) for their European study. For drained grassland an emission factor of 2.3 kg N<sub>2</sub>O-N per hectare and year (TIEMEYER et al., 2016) is used. As the shares of arable land and grassland vary year by year, the overall emission factor is not a constant, see the time series shown in Table 11.7. This overall emission factor is between 4.5 and 5.1 kg N<sub>2</sub>O-N per hectare and year. It is significantly lower than the IPCC default of 8 kg N<sub>2</sub>O-N per hectare and year (IPCC (2006)-11.10 et seq.).

Der mittlere deutsche Emissionsfaktor für Acker (10,7 kg N<sub>2</sub>O-N je Hektar und Jahr) wurde aus den deutschen Daten abgeleitet, die LEPELT et al. (2014) für ihre europaweite Studie verwendeten. Für drainiertes Grünland wird nach TIEMEYER et al. (2016) ein Emissionsfaktor von 2,3 kg N<sub>2</sub>O-N je Hektar und Jahr verwendet. Die von Jahr zu Jahr variierenden Acker- und Grünlandflächen führen zu einem nicht konstanten effektiven Emissionsfaktor, siehe Table 11.7. Dieser liegt mit 4,5 bis 5,1 kg N<sub>2</sub>O-N je ha und Jahr deutlich niedriger als der IPCC-Defaultwert von 8 kg N<sub>2</sub>O-N je ha und Jahr (IPCC (2006)-11.10 f).

**Table 11.7: Organic soils, overall N<sub>2</sub>O-N emission factors (in kg kg<sup>-1</sup>)**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
N <sub>2</sub> O-N	4.24	4.24	4.25	4.26	4.27	4.27	4.28	4.29	4.30	4.31
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
N <sub>2</sub> O-N	4.31	4.32	4.33	4.35	4.36	4.37	4.45	4.53	4.61	4.66
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
N <sub>2</sub> O-N	4.71	4.77	4.82	4.84	4.85	4.87	4.89			

For the emission factor of arable land the data used by LEPELT et al. (2014) lead to a 95 % confidence interval between 1.6 and 41.4 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> (FREIBAUER 2014, personal communication). According to TIEMEYER et al. (2016) the standard error for the emission factor for grassland is ± 2.4 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. This is, using an approximate factor of 2 between standard error and half the 95 % confidence interval (see Chapter 14.2), equivalent to a 95 % confidence interval of [-2.5 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>; 7.1 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]. Taking into account the uncertainties of the areas of arable land and drained grassland on organic soils (see Chapter 11.6.1), the boundaries of the 95 % confidence interval of the overall emission factor are: - 63 %, + 179 %. According to IPCC(2006)-3.29, the higher (absolute) percentage is to be used for the calculation of the overall uncertainty of the GHG inventory (see Chapter 14.6). It was conservatively rounded to the next one hundred, i.e. 200 %.

Based on the asymmetry of the confidence intervals, lognormal distribution is assumed.

Die von LEPELT et al. (2014) verwendeten Daten führen (FREIBAUER 2014, persönliche Mitteilung) zu einem 95 %-Konfidenzintervall für den Emissionsfaktor für Ackerland zwischen 1,6 und 41,4 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>. TIEMEYER et al. (2016) geben für den Emissionsfaktor für Grünland einen Standardfehler von ± 2,4 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> an. Dies entspricht, wenn man näherungsweise einen Faktor 2 zwischen Standardfehler und halben Konfidenzintervall zugrunde legt (siehe Kapitel 14.2), einem 95 %-Konfidenzintervall von [-2,5 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>; 7,1 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>]. Daraus wurden unter Berücksichtigung der Unsicherheit der eingehenden Flächen (siehe Kapitel 11.6.1) die 95 %-Konfidenzintervall-Grenzen für den über Acker- und Grünland gemittelten Emissionsfaktor abgeleitet: - 63 %, + 179 %. Entsprechend IPCC(2006)-3.29 ist davon der absolut größere Wert für die Berechnung der Gesamt-THG-Unsicherheit (siehe Kapitel 14.6) zu verwenden. Er wurde für das Inventar auf 200 % aufgerundet.

Aufgrund der Asymetrie wird eine lognormale Verteilung angenommen.

## 11.7 Crop residues / Ernterückstände

The inventory calculates  $N_2O$  emissions from the biological decomposition of crop residues in the field. (For field burning of crop residues see Chapter 11.8.)

### 11.7.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The  $N_2O$  emissions are calculated proportionally to the amounts of N stored in the above-ground and below-ground biomass. This requires the knowledge of the areas of cultivation, of crop yields and of the N contents of the crop residues. The data used for calculation are compiled in Table 11.8 and Table 11.9, unless they are variables.

Before the calculation of  $N_2O$  emissions, the amount of N removed with straw to be used as bedding material ( $m_{N, \text{straw}}$ ) is calculated according to the requirements (see from Chapter 4 onwards) and subtracted from the total N in crop residues

The uncertainty of the activity data is addressed in Chapter 11.7.1.6.

#### 11.7.1.1 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 and 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 without data gaps.

#### 11.7.1.2 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, they are related to fresh matter.

Data gaps are filled with the mean yields reported for Germany as a whole for this year.

For Berlin the yields of Brandenburg, for Bremen the yields of Lower Saxony and for Hamburg the yields of Schleswig-Holstein are used.

#### 11.7.1.3 Constants for agricultural crops and grassland / Konstanten für Grünland und Ackerland

The calculation of emissions from crop residues require a number of constants that are described in the following.

Table 11.8 in Chapter 11.7.1.5 lists all constants used for agricultural crops and grassland.

Das Inventar berechnet  $N_2O$  aus dem biologischen Zerfall von Ernterückständen auf dem Feld. (Zum Verbrennen von Ernterückständen siehe Kapitel 11.8.)

Die  $N_2O$ -Emissionen werden proportional zu den N-Mengen berechnet, die in den oberirdischen und unterirdischen Ernterückständen verbleiben. Benötigt werden die jeweiligen Anbauflächen, die Erträge und die N-Gehalte der Ernterückstände. Die zur Berechnung benötigten Daten sind in Table 11.8 und Table 11.9 zusammengestellt, sofern es sich nicht um Variable handelt.

Vor der Berechnung der  $N_2O$ -Emissionen wird die N-Menge, die mit Stroh zu Einstreuzwecken in der Tierhaltung von der Fläche entfernt wird, ermittelt ( $m_{N, \text{straw}}$ , siehe ab Kapitel 4) und von der N-Menge in den Ernteresten abgezogen.

Zur Aktivitätsdaten-Unsicherheit s. Kapitel 11.7.1.6.

Die Anbauflächen werden jährlich vom Statistischen Bundesamt StatBA FS 3, R 3 auf Bundeslandebene bereitgestellt. Auf Kreisebene stehen Daten für 1991, 1995, 1999 und 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.

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, sie beziehen sich auf Frischmasse.

Datenlücken werden durch die durchschnittlichen Erträge Deutschlands des jeweiligen Jahres geschlossen.

Für Berlin werden die Erträge von Brandenburg, für Bremen von Niedersachsen und für Hamburg von Schleswig-Holstein verwendet.

Zur Berechnung der Emissionen aus Ernterückständen werden eine Reihe von Konstanten benötigt, die im Folgenden beschrieben werden.

Table 11.8 in Kapitel 11.7.1.5 gibt alle verwendeten Konstanten für Grünland und Ackerland an.

#### 11.7.1.3.1 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 the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2007, Anlage 1, Tabelle 1); they are related to fresh matter.

Die benötigten Daten wurden der DÜNGEVERORDNUNG (2007, Anlage 1, Tabelle 1) entnommen, sie beziehen sich auf Frischmasse.

#### 11.7.1.3.2 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, since there is no corresponding data in the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2007). For rape, an expert judgement (ROGASIK, JKI-PB) was used. These values are related to dry matter.

Die Werte für  $x_{N, \text{below}, i}$  mit Ausnahme von Raps wurden IPCC(2006)-11.17 entnommen da in der Düngeverordnung (DÜNGEVERORDNUNG, 2007) entsprechende Daten fehlen. Für Raps wurde eine Expertenschätzung (ROGASIK, JKI-PB) verwendet. Diese Werte beziehen sich auf Trockenmasse.

#### 11.7.1.3.3 Dry matter content of yield and above ground residues ( $x_{Y, DM, i} / x_{AGR, DM, i}$ ) / Trockenmassegehalte von Erntegut und oberirdischen Ernterückständen ( $x_{Y, DM, i} / x_{AGR, DM, i}$ ):

For the calculation of below-ground crop residues, fresh matter-related data have to be converted into dry matter-related data.

Bei der Berechnung der unterirdischen Ernterückstände müssen Angaben die sich auf Frischmasse beziehen, auf Trockenmasse umgerechnet werden.

The values used were taken from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2007, Anlage 1, Tabelle 1).

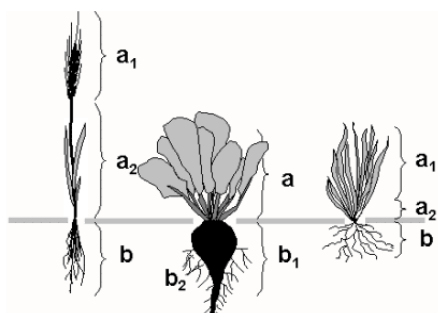
Die benötigten Daten wurden der DÜNGEVERORDNUNG (2007, Anlage 1, Tabelle 1) entnommen.

#### 11.7.1.3.4 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 grains, rape, grain maize and legumes (Figure 11.1, left)  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ , which is the reciprocal of the corn straw ratio. These values were taken from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2007, Anlage 1, Tabelle 1). They are related to fresh matter.

Für Getreide, Raps, Körnermais und Ackerleguminosen (Figure 11.1, links) gilt  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ ; das entspricht dem Kehrwert des Korn-Stroh-Verhältnisses. Diese Werte stammen aus der DÜNGEVERORDNUNG (2007, Anlage 1, Tabelle 1); sie beziehen sich auf Frischmasse.

For tuber crops (Figure 11.1, centre),  $a_{\text{above}, i} = a/b_1$ , which is the reciprocal of the root leaf ratio. These values were taken from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2007, Anlage 1, Tabelle 1). They are related to fresh matter.

Für Hackfrüchte (Figure 11.1, Mitte) gilt  $a_{\text{above}, i} = a/b_1$ ; das entspricht dem Kehrwert des Knolle/Wurzel-Laub-Verhältnisses. Diese Werte stammen aus der DÜNGEVERORDNUNG (2007, Anlage 1, Tabelle 1); sie beziehen sich auf Frischmasse.

For permanent grassland (pastures and meadows) and fodder production (grass, clover grass mixtures) and

Für Dauergrünland (Weiden und Wiesen) und Feldfutterbau (Gras und Graskleegegemische) sowie Luzerne



alfalfa (Figure 11.1, right)  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ . These ratios were calculated according to IPCC(2006)-11.17. The result is in each case (rounded for alfalfa) 0.3. This value is related to dry matter. However, it is valid for fresh matter as well in these cases, because it can be assumed that the dry matter contents of  $a_1$  and  $a_2$  do not differ.

In case of maize for silage the complete above ground biomass is harvested. Hence  $a_{\text{above}, i} = 0$ .

It is assumed that the grain to straw ratios and the root to leave ratios have not changed during the reporting period.

(Figure 11.1, rechts) gilt  $a_{\text{above}, i} = a_2/a_1$ . Diese Verhältnisse wurden gemäß IPCC(2006)-11.17 ausgerechnet. Der Wert beträgt jeweils 0,3 (für Luzerne gerundet) und bezieht sich auf Trockenmasse. Da jedoch angenommen werden kann, dass in diesen Fällen die Trockenmassengehalte von  $a_1$  und  $a_2$  sich nicht unterscheiden, gilt er ebenso für die Frischmasse.

Bei Silomais wird die ganze oberirdische Pflanze geerntet. Daher ist  $a_{\text{above}, i} = 0$ .

Es wird davon ausgegangen, dass sich das Korn-Stroh-Verhältnis bzw. das Knolle/Wurzel-Laub-Verhältnis im Berichtszeitraum nicht geändert hat.

#### 11.7.1.3.5 *Ratio of below ground crop residues to above ground biomass ( $a_{\text{below}, \text{Bio}, i}$ ) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur oberirdischen Biomasse ( $a_{\text{below}, \text{Bio}, i}$ )*

To calculate the below ground crop residues, the ratio of below ground crop residues to above ground biomass  $a_{\text{below}, \text{bio}, i}$  ( $= R_{\text{BG-BIO}}$  aus IPCC 2006, 11.17) is used. For tuber crops, above ground biomass equals above ground crop residues; apart from that it is the sum of yield and above ground crop residues.

For rye, triticale and rape there is no information in IPCC (2006). The value for grains is used instead. These values are related to dry matter.

Zur Berechnung der unterirdischen Ernterückstände wird das Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur oberirdischen Biomasse  $a_{\text{below}, \text{bio}, i}$  ( $= R_{\text{BG-BIO}}$  aus IPCC 2006, 11.17) verwendet. Die oberirdische Biomasse ist dabei für Hackfrüchte gleichzusetzen mit den oberirdischen Ernterückständen, ansonsten ist sie die Summe aus Ernte und oberirdischen Ernterückständen.

Für Roggen, Triticale und Raps enthält IPCC (2006) keine Angaben. Stattdessen wird der Wert für Getreide verwendet. Die Werte beziehen sich auf Trockenmasse.

#### 11.7.1.3.6 *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 grass-clover mixtures) crop residues only occur at a noticeably extent, when the field is ploughed up, which does not occur every year. This is accounted for by the factor  $x_{\text{renew}, i}$ .

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 pastures and meadows  $x_{\text{renew}, i} = 0.1$  (expert judgement ROGASIK), meaning that 10 % of the area with permanent grassland is producing crop residues which have to be taken into account. For fodder production a mean lifetime of 2 to 5 a are usual. A mean of 2.5 a for grass and 3 a for grass-clover mixtures was used in this inventory (expert judgement ROGASIK).

For permanent grassland and fodder production (grass or grass-clover mixtures) it is further assumed, that they are mowed three times a year but that crop residues are produced once only. This is accounted for by the factor  $x_{\text{mow}, i}$ .

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 permanent grassland and fodder production  $x_{\text{mow}, i} = 1/3$ .

Ernterückstände fallen bei Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Klee-gras-Mischungen) nur dann in nennenswertem Ausmaß an, wenn nach der Ernte gepflügt wird, was nicht in jedem Jahr der Fall ist. Dies wird durch den Faktor  $x_{\text{renew}, i}$  berücksichtigt.

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 Weiden und Wiesen gilt  $x_{\text{renew}, i} = 0,1$  (Expertenurteil ROGASIK), das bedeutet auf 10 % der Grünlandfläche entstehen Ernterückstände, die berücksichtigt werden müssen. Für Feldfutterbau wird eine mittlere Dauer von 2 bis 5 a, im Mittel 2,5 a für Gras und 3 a für Klee-gras-Mischungen angenommen (Expertenurteil ROGASIK).

Für Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Klee-gras-Mischungen) wird weiter angenommen, dass dreimal im Jahr gemäht wird, aber nur einmal Ernterückstände anfallen. Dies wird durch den Faktor  $x_{\text{mow}, i}$  berücksichtigt.

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 Dauergrünland und Feldfutterbau gilt  $x_{\text{mow}, i} = 1/3$ .

#### 11.7.1.4 *Constants needed for horticultural crops / Für Gemüse benötigte Konstanten*

The calculation of emissions from crop residues require a number of constants that are described in the following.

Table 11.9 in Chapter 11.7.1.5 lists all constants used for horticultural crops.

Zur Berechnung der Emissionen aus Ernterückständen werden eine Reihe von Konstanten benötigt, die im Folgenden beschrieben werden.

Table 11.9 in Kapitel 11.7.1.5 gibt alle verwendeten Konstanten für Gemüse an.

11.7.1.4.1 *Ratio of crop residues to yield (ai) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte (ai)*

For horticultural crops, there is no data to distinguish between above and below ground crop residues. The ratio of crop residues to yield is used instead. It was calculated using informations from IGZ (2007).

Für Gemüse gibt es keine Daten zur Unterscheidung zwischen ober- und unterirdischen Ernterückständen. Stattdessen wird das aus Angaben in IGZ (2007) berechnete Verhältnis Ernterückstände/Ernte verwendet.

11.7.1.4.2 *Nitrogen content of crop residues ( $x_{N,i}$ ) and harvested crop products ( $x_{N,yield,i}$ ) / Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände ( $x_{N,i}$ ) und der geernteten Produkte ( $x_{N,yield,i}$ ):*

Nitrogen content of crop residues for all horticultural crops and nitrogen content of harvested crop products from red oak leaf lettuce, lollo lettuce, arugula, other lettuce, celery root and spring onions were taken from IGZ (2007). Nitrogen content of harvested crop products from the other horticultural crops were obtained from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2007).

Aus IGZ (2007) wurden alle Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände und die Stickstoff-Gehalte der geernteten Produkte von Eichblattsalat, Lolloletsalat, Rucolasalat, sonstige Salats, Knollensellerie und Bundzwiebeln übernommen. Für die anderen Gemüsesorten wurden Daten aus der DÜNGEVERORDNUNG (2007) übernommen.

11.7.1.4.3 *Factor for not harvested horticultural crops ( $\delta_{HC}$ ) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse ( $\delta_{HC}$ )*

Following expert judgement (FELLER C, IGZ Großbeeren and Erfurt) it is to be expected that only 70 to 90 % of the horticultural crops grown are actually harvested. The rest of 10 to 30 % is not marketable and will not be harvested. For the inventory the percentage of the total amount of not harvested horticultural crops is assumed to be  $q = 20\%$ . Then the ratio of the amounts of unharvested crops to harvested crops is given by  $\delta_{HC} = q / (100 - q) = 20/80$ .

The unharvested fraction of the horticultural crops are treated as additional crop residues.

Laut Expertenurteil (FELLER C, IGZ Großbeeren und Erfurt) ist davon auszugehen, dass nur zwischen 70 und 90 % des aufgewachsenen Gemüses auch geerntet werden, die restlichen 10 bis 30 % verbleiben als nicht vermarktbare auf dem Feld. Für das Inventar wird dieser auf dem Feld verbleibende Anteil des aufgewachsenen Gemüses mit  $q = 20\%$  angesetzt. Damit lässt sich das Mengenverhältnis von nicht geerntetem zu geerntetem Gemüse durch  $\delta_{HC} = q / (100 - q) = 20/80$  beschreiben.

Der auf dem Feld verbleibende Anteil des Gesamtaufwuchses wird den Ernterückständen hinzugerechnet.

11.7.1.5 *Overview of data used to estimate the activity data / Übersicht über die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten*

Table 11.8 und Table 11.9 list the constants used to estimate the activity data.

Table 11.8 und Table 11.9 geben die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Konstanten wieder.

**Table 11.8: Crop residues (agricultural crops and grassland), data used to calculate  $N_2O$  and  $N_2$  emissions**

Agricultural Crop	$x_{renew,i}$ ha ha <sup>-1</sup>	$x_{mow,i}$	$x_{y,DM,i}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{AGR,DM,i}$	$\alpha_{above,i}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{N,above,i}$ kg (kg FM) <sup>-1</sup>	$\alpha_{below,bio,i}$ kg kg <sup>-1</sup>	$x_{N,below,i}$ kg (kg DM) <sup>-1</sup>
winter wheat	1	1	0.86	0.86	0.8	0.0050	0.23	0.009
spring wheat	1	1	0.86	0.86	0.8	0.0050	0.28	0.009
rye	1	1	0.86	0.86	0.9	0.0050	0.22	0.011
winter barley	1	1	0.86	0.86	0.7	0.0050	0.22	0.014
spring barley	1	1	0.86	0.86	0.8	0.0050	0.22	0.014
oat	1	1	0.86	0.86	1.1	0.0050	0.25	0.008
triticale	1	1	0.86	0.86	0.9	0.0050	0.22	0.009
grain maize	1	1	0.86	0.86	1.0	0.0090	0.22	0.007
maize for silage	1	1	0.28	0.28	0.0	0.0038	0.22	0.007
rape	1	1	0.91	0.86	1.7	0.0070	0.22	0.010
sugar beet	1	1	0.23	0.18	0.7	0.0040	0.20	0.014
fodder beet	1	1	0.12	0.16	0.4	0.0025	0.20	0.014
clover, grass-clover leys, clover alfalfa mixtures (fodder production on arable land)	0.33	0.33	0.20	0.20	0.3	0.0052	0.80	0.016
alfalfa	1	1	0.20	0.20	0.3	0.0060	0.40	0.019
grass (fodder production)	0.4	0.33	0.20	0.20	0.3	0.0048	0.80	0.012
potatoes	1	1	0.22	0.15	0.2	0.0020	0.20	0.014
broad beans	1	1	0.86	0.86	1.0	0.0150	0.40	0.022
peas	1	1	0.86	0.86	1.0	0.0150	0.40	0.022
other pulses	1	1	0.86	0.86	1.0	0.0150	0.40	0.022
pastures and meadows	0.1	0.33	0.20	0.20	0.3	0.0050	0.80	0.012

Sources: see Chapter 11.7.1.3

**Table 11.9: Crop residues (horticultural crops), data used to calculate N<sub>2</sub>O emissions (N contents related to fresh matter)**

Horticultural Crop	$a_i$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{N,i}$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{N,yield,i}$ kg kg <sup>-1</sup>	Horticultural Crop	$a_i$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{N,i}$ kg kg <sup>-1</sup>	$X_{N,yield,i}$ kg kg <sup>-1</sup>
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 Chapter 11.7.1.4

#### 11.7.1.6 Uncertainty of activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten

The amounts of N contained in the crop residues are the activity data relevant for the assessment of the uncertainty of the emissions. These amounts of N are calculated from a number of input data, see Chapter 11.7.2. However, uncertainties are available not for all of these input data (e.g. harvest yields). Hence the uncertainty of the resulting N amounts needs to be estimated: Based on EMEP(2007)-B1020-14 it seems reasonable to assume a standard error of 25 %, i.e. 50 % for half the the 95 % confidence interval. The exact value of the uncertainty of the Amounts of N is of less concern, as the total uncertainty of the emissions from crop residues is dominated by the much higher uncertainty of the emission factor, as can be seen in Table 14.1 in Chapter 14.6.4.

Die für die Unsicherheitsberechnung der Emissionen relevanten Aktivitätsdaten sind die in den Ernterückständen enthaltenen N-Mengen. Diese berechnen sich nach Kapitel 11.7.2 aus verschiedenen Eingangsgrößen. Da nicht zu allen diesen Eingangsgrößen die Unsicherheiten bekannt sind (z. B. bei den Ertragswerten) muss die Unsicherheit der resultierenden N-Mengen geschätzt werden: Nach EMEP(2007)-B1020-14 erscheint die Annahme eines Standardfehlers von 25 % sinnvoll, d. h. 50 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall. Der genaue Unsicherheitswert ist von untergeordneter Bedeutung, da die Gesamtunsicherheit der Emissionen aus Ernterückständen durch die sehr viel größere Unsicherheit des Emissionsfaktors dominiert wird, wie aus Table 14.1 in Kapitel 14.6.4 hervorgeht.

#### 11.7.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

##### 11.7.2.1 The method applied / Angewandte Methode

The general calculation procedure for N<sub>2</sub>O is described in IPCC(2006)-11.11 ff as Tier 2 methodology (based on equation 11.2 in IPCC (2006)-11.11). In order to account for different data structures, the calculation is performed separately for agricultural crops and horticultural crops:

Das prinzipielle N<sub>2</sub>O-Rechenverfahren ist in IPCC(2006)-11.11 ff als Stufe-2-Verfahren beschrieben (aufbauend auf Gleichung 11.2 in IPCC (2006)-11.11). Aufgrund unterschiedlicher Datengrundlagen erfolgt die Berechnung der Emissionen für Ackerbau und Gemüse getrennt:

$$E_{N_2O,CR} = E_{N_2O,CR,AC} + E_{N_2O,CR,HC} \quad (11.8)$$

with

$$E_{N_2O-N, CR, AC} = \left( \sum_i (m_{N, AGR, i} + m_{N, BGR, i}) - m_{N, straw} \right) \cdot EF_{N_2O-N, CR} \cdot \beta \quad (11.9)$$

$$E_{N_2O-N, CR, HC} = \left( \sum_j A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N, j} + A_j \cdot y_j \cdot a_j \cdot x_{N, j} \cdot \delta_{HC} + A_j \cdot y_j \cdot x_{N, yield, j} \cdot \delta_{HC} \right) \cdot EF_{N_2O-N, CR} \cdot \beta \quad (11.10)$$

where

$$m_{N, AGR, i} = A_i \cdot x_{renew, i} \cdot x_{mow, i} \cdot y_i \cdot a_{above, i} \cdot x_{N, above, i} \quad (11.11)$$

and, for all agricultural and grassland crops except tuber crops,

$$m_{N, BGR, i} = A_i \cdot x_{renew, i} \cdot x_{mow, i} \cdot y_i \cdot (x_{Y, DM, i} + a_{above, i} \cdot x_{AGR, DM, i}) \cdot a_{below, Bio, i} \cdot x_{N, below, i} \quad (11.12)$$

and, for tuber crops,

$$m_{N, BGR, i} = A_i \cdot x_{renew, i} \cdot x_{mow, i} \cdot y_i \cdot (a_{above, i} \cdot x_{AGR, DM, i}) \cdot a_{below, Bio, i} \cdot x_{N, below, i} \quad (11.13)$$

and

$E_{N_2O-N, CR}$	N <sub>2</sub> O-N emissions due to rotting of crop residues (in Gg a <sup>-1</sup> )
$E_{N_2O-N, CR, AC}$	N <sub>2</sub> O-N emissions due to rotting of agricultural and grassland crop residues (in Gg a <sup>-1</sup> )
$E_{N_2O-N, CR, HC}$	N <sub>2</sub> O-N emissions due to rotting of horticultural crop residues (in Gg a <sup>-1</sup> )
$i$	running index of agricultural crops
$j$	running index of horticultural crops
$m_{N, AGR, i}$	amount of nitrogen in above ground residues of crop i (in kg a <sup>-1</sup> )
$m_{N, BGR, i}$	amount of nitrogen in below ground residues of crop i (in kg a <sup>-1</sup> )
$m_{N, straw}$	amount of nitrogen removed with straw used as bedding (in kg a <sup>-1</sup> )
$A_i$	area covered by crop i (in ha)
$x_{renew, i}$	fraction of area under crop i that is renewed annually (in ha ha <sup>-1</sup> )
$x_{mow, i}$	1 / number of harvests of crop i per year (dimensionless)
$y_i$	yield of crop i, in fresh matter (in kg ha <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$a_{above, i}$	ratio of above ground residues (fresh matter) to crop yield of crop i (fresh matter) (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> )
$x_{Y, DM, i}$	dry matter content of yield of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{AGR, DM, i}$	dry matter content of above ground residues of crop i (in kg kg <sup>-1</sup> )
$a_{below, Bio, i}$	ratio of below ground residues (dry matter) to above ground biomass of crop i (dry matter) (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, below, i}$	N content of below ground residues of crop i, related to dry matter (in kg kg <sup>-1</sup> )
$EF_{N_2O-N, CR}$	N <sub>2</sub> O-N emission factor for crop residues (in kg N <sub>2</sub> O-N (kg N) <sup>-1</sup> )
$\beta$	mass units conversion factor ( $\beta = 10^{-6}$ Gg kg <sup>-1</sup> )
$a_j$	ratio of crop residues to crop yield of crop j (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, j}$	N content of crop residues of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> )
$x_{N, yield, j}$	N content of normally harvested parts of crop j, related to fresh matter (in kg kg <sup>-1</sup> )
$\delta_{HC}$	not harvested horticultural crops factor ( $\delta_{HC} = 20/80$ kg kg <sup>-1</sup> )

According to IPCC (2006)-11.11, Table 11.1, the N<sub>2</sub>O-N emission factor is the same like for the application of synthetic fertilizers, see Chapter 11.1.2.2 (see Chapter 11.1.2.2 also for the uncertainty of the emission factor).

Der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor ist nach IPCC (2006)-11.11, Table 11.1, der gleiche wie bei Mineraldünger- ausbringung, siehe Kapitel 11.1.2.2 (auch bzgl. der Unsicherheit des Emissionsfaktors).

## 11.8 Field burning of agricultural residues / Verbrennen von Ernterückständen

### 11.8.1 Overview / Übersicht

Already 1990, the first year of the emission reporting time series, the burning of crop residues was banned by law in Germany. Only in specific, exceptional situations (e. g. infestation by insects) permissions can be issued on municipal level. However, no official data are available on those exceptions the emissions of which are assumed to be negligible. For details see Chapter 11.8.2.

Schon 1990, im ersten Jahr des Emissionsberichtszeitraums, war das Verbrennen von landwirtschaftlichen Rückständen in Deutschland gesetzlich untersagt. Nur im besonderen Ausnahmefall (z.B. bei Insektizidbefall) ist eine Genehmigung auf kommunaler Ebene möglich. Hierüber liegen keine offiziellen Daten vor. Die dabei entstehenden Emissionen werden als vernachlässigbar eingeschätzt. Zu Details siehe Kapitel 11.8.2.

### 11.8.2 Details / Details

The Waste Disposal Act (Abfallbeseitigungsgesetz, AbfG) of 1972 was the first regulation of waste legislation on national level in Germany. Art. 4, para. 4, regulated that waste (including crop residues, corresponding to Art. 1) was to be disposed of only in licensed facilities. Exceptions (to be permitted on federal state level by the respective government) were subject to restrictions.

In order to implement the national Pollution Control Act (Bundesimmissionsschutzgesetzes, BImSchG), federal state governments can enact pollution control acts on federal state level. E. g., Art. 7 of the pollution control act of the federal state of Brandenburg (come into force 3 March 1992) bans outdoor burning of any materials.

Within the reform of the European Common Agricultural Policy (CAP) a specific national act was set into force 2004 in order to implement EU legislation on national level (DirektZahlVerpflG: Act on the compliance of farmers with obligations within the framework of EU directives on direct payments and other supporting systems). Based on its Art. 5, para. 1, clause 2 to 4, in connection with its Art. 4, the ordinance on basic rules for the maintenance of agricultural areas in a good agricultural and ecological state (DirektZahlVerpflV, 2004) says the following in its Art. 3:

“(4) Burning of stubble fields is prohibited. Authorities in charge according to federal state legislation can permit ... burning of stubble fields if it is required on grounds of plant protection ... and if no damage to the ecosystem is to be expected.”

The ordinance on obligations in connection with agricultural payments (AgrarZahlVerpflV, as of 17 December 2014) states, as well, in its Art. 7 that stubble fields must not be burned.

Only in specific, exceptional situations (e. g. infestation by insects) permissions for burning of agricultural and forest areas can be issued on municipal level. Inquiries with several district administration offices revealed that such exceptional permissions do mostly concern forest areas rather than agricultural areas, and that there are no official statistics on those exceptions.

Due to the restrictions in legislation and the information gathered from the district administration offices it is assumed that burning of agricultural areas is occurring extremely seldom and that the pertinent emissions can be neglected.

Mit dem Abfallbeseitigungsgesetz (AbfG) trat 1972 in Deutschland die erste bundeseinheitliche Regelung zum Abfallrecht in Kraft. Darin regelte § 4, Abs. 1, dass Abfälle (nach §1 sinngemäß auch Ernterückstände) nur in dafür zugelassenen Anlagen oder Einrichtungen entsorgt werden durften. Ausnahmen waren (durch die Landesregierungen) nur unter Einschränkungen möglich.

Zur Umsetzung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) können die Landesregierungen Landesimmissionsschutzgesetze erlassen. So verbietet z. B. das Landesimmissionsgesetz (LImSchG) Brandenburg vom 3. März 1992 in § 7 das Verbrennen von Stoffen im Freien.

Über die Reform der europäischen Gemeinsamen Agrarpolitik (GAP) wurde mit dem Gesetz zur Regelung der Einhaltung anderweitiger Verpflichtungen durch Landwirte im Rahmen gemeinschaftsrechtlicher Vorschriften über Direktzahlungen und sonstige Stützungsregelungen (DirektZahlVerpflG, 2004) EU-Recht national umgesetzt. Unter Bezug auf § 5, Abs. 1, Satz 1 Nr. 2 bis 4, in Verbindung mit §4, legt § 3 der Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand (DirektZahlVerpflV - Direktzahlungen-Verpflichtungsverordnung) Folgendes fest:

„(4) Das Abbrennen von Stoppelfeldern ist verboten. Die nach Landesrecht zuständige Behörde kann abweichend ... das Abbrennen von Stoppelfeldern genehmigen, sofern Gründe des Pflanzenschutzes ... dies erfordern und schädliche Auswirkungen auf den Naturhaushalt nicht zu besorgen sind.“

Die Agrarzahlen-Verpflichtungsverordnung (AgrarZahlVerpflV) vom 17.12.2014 legt in § 7 ebenfalls fest, dass Stoppelfelder nicht abgebrannt werden dürfen.

Nur im besonderen Ausnahmefall, z. B. bei Insektizidbefall, kann auf kommunaler Ebene eine Genehmigung zum Abbrennen von land- und forstwirtschaftlichen Flächen erteilt werden. Die Nachfrage bei einigen Landratsämtern erbrachte, dass diese Ausnahmen weniger die Landwirtschaft als den forstwirtschaftlichen Bereich betreffen, und dass darüber keine Statistiken geführt werden.

Aufgrund der restriktiven Gesetzeslage und der Informationen aus den Landratsämtern wird davon ausgegangen, dass das Abbrennen von landwirtschaftlichen Flächen extrem selten vorkommt und dass die damit verbundenen Emissionen vernachlässigbar sind.

## 11.9 CO<sub>2</sub> from liming / CO<sub>2</sub> aus Kalkung

The application of calcium fertilizers reduces the degree of acidity of the soil and improves the conditions of plant growth while leading to emissions of CO<sub>2</sub>.

For the calculation of CO<sub>2</sub> from liming, the inventory takes account of all types of calcium fertilizers including dolomite and calcium ammonium nitrate, but not burnt lime and slag lime as these do not contain carbon.

As of Submission 2017 the calculation of CO<sub>2</sub> emissions from liming (see Chapter 11.9.2) distinguishes, because of different emission factors, between Dolomite and limestone. With this modification German emission reporting follows the requirement by the Expert Review Team of the In Country Review for Submission 2016.

As of Submission 2018, reported emissions are split into emissions from "lime", "dolomite" and "calcium ammonium nitrate". The emissions from lime and dolomite are reported under CRF 3.G, while the emissions from calcium ammonium nitrate are reported under CRF 3.I (other carbon-containing fertilizers).

As required by the CRF tables, the CO<sub>2</sub> emissions reported comprise also the CO<sub>2</sub> emissions from liming of forests.

Kalkdüngung verringert den Säuregehalt des Bodens und verbessert das Pflanzenwachstum, wobei CO<sub>2</sub> frei gesetzt wird.

Das Inventar berücksichtigt bei der Berechnung von CO<sub>2</sub> aus Kalkung alle Kalkdüngerarten einschließlich Dolomit und Kalkammonsalpeter, aber nicht Branntkalk und Hüttenkalk, da diese keinen Kohlenstoff enthalten.

Seit Submission 2017 wird bei der Düngekalkung wegen unterschiedlicher CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 11.9.2) zwischen Dolomit und den übrigen Kalkdüngern unterschieden. Die deutsche Berichterstattung folgt damit der Forderung des Expert Review Teams des In-Country-Review der Submission 2016.

Ab Submission 2018 werden die berichteten Emission aufgeteilt in die Emissionen aus Kalkstein, Dolomit und Kalkammonsalpeter. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Kalkstein und Dolomit werden unter CRF 3.G berichtet, die Emissionen aus Kalkammonsalpeter unter CRF 3.I („Andere kalkhaltige Dünger“).

Die berichteten CO<sub>2</sub>-Emissionen umfassen entsprechend der Anforderung in den CRF-Tabellen auch die Emissionen aus der Kalkung im Forstbereich.

### 11.9.1 Activity data / Aktivitätsdaten

#### 11.9.1.1 Official data / Offizielle Daten

Data on the amounts of calcium fertilizers applied are not available. Hence it is assumed that the amounts of fertilizers sold in Germany during the business year Y-1/Y (e. g. 1989/1990) can serve as an estimate of the amounts applied in the calendar year 1990. Data on the amounts of calcium fertilizers sold includes amounts of calcium fertilizers used for liming in forestry.

The annual amounts of fertilizers sold for liming are provided by the Federal Statistical Office in CaO units (StatBA, Fachserie 4, Reihe 8.2) without distinguishing between limestone and Dolomite. The amounts of calcium ammonium nitrate (CAN) are reported in units of nitrogen (N). The conversion of the CAN amounts in N units into amounts of CaO units is based on the fact that usually 27 % of CAN weight is N (e. g. CAN by manufacturer YARA). Considering the chemical composition of the CAN components ammonium nitrate (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) and calcium carbonate (CaCO<sub>3</sub>), and using integer values for the molar weights of C, Ca, H, N, and O, the inventory converts the given amounts of CAN-N in CaO by multiplication with 0.128/0.27.

The total amounts of fertilizers applied in forestry are explicitly surveyed by the Official Statistics. The share of total calcium fertilizers that was applied in forestry was, in units of CaO, in the order of magnitude of 10 % in the first half of the 1990s, while it was only slightly more than 3 % in the years as of 2010.

For each of the new federal states official data on amounts of calcium fertilizers sold are missing for the

Daten zur ausgebrachten Düngekalkmenge sind nicht verfügbar. Diese werden daher aus den in Deutschland verkauften Produktmengen abgeleitet. Dazu wird angenommen, dass die im Kalenderjahr Y (z. B. 1990) ausgebrachte Menge gleich der im Wirtschaftsjahr Y-1/Y (d. h. 1989/1990) verkauften Menge entspricht. Die verkauften Produktmengen enthalten auch die Mengen, die zur Kalkung im Forst verwendet wurden.

Die Officialstatistik (StatBa, Fachserie 4, Reihe 8.2) berichtet jährlich die verkauften Düngekalkmengen in CaO-Einheiten (ohne getrennte Ausweisung von Dolomit), während Kalkammonsalpeter(KAS)-Mengen jährlich als Stickstoffmengen berichtet werden. Die für das Inventar erforderliche Umrechnung von KAS-Stickstoffmengen in CaO-Einheiten beruht darauf, dass KAS üblicherweise (z.B KAS der Firma YARA) 27 Gewichtsprozent N enthält. Unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der KAS-Bestandteile Ammoniumnitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) und Calciumcarbonat (CaCO<sub>3</sub>) sowie ganzzahliger Molgewichtswerte für C, Ca, H, N, und O rechnet das Inventar die gegebene KAS-N-Menge durch Multiplikation mit 0,128/0,27 in eine entsprechende CaO-Menge um.

Die im Forst ausgebrachte Gesamtdüngermenge wird in der Officialstatistik gesondert ausgewiesen. Der Anteil des Forstes an der Düngekalkgesamtmenge lag, in CaO-Einheiten, in der ersten Hälfte der 1990er Jahre im Mittel noch in der Größenordnung von 10 %, während er in den Jahren seit 2010 nur noch etwas mehr als 3 % beträgt.

Für jedes der neuen Bundesländer fehlen in den Jahren 1990 bis 1993 offizielle Angaben zu den verkauften



years 1990 to 1993. However, the total amount of calcium fertilizers sold in all new federal states in 1990 is known. This total amount of 1990 was disaggregated into sub-amounts on federal-state level by using the respective percentages known for 1994. Then the still missing federal-state shares of 1991 to 1993 were derived, for every single new federal state, by linear interpolation between 1990 and 1994.

#### 11.9.1.2 Share of Dolomite / Dolomit-Anteil

Total amounts of calcium fertilizers are officially surveyed without distinguishing between limestone and Dolomite. Hence, for the inventory, the share of Dolomite is estimated based on an expert judgment by R. Müller of the Düngerkalk-Hauptgemeinschaft (Main Association for Liming), Cologne (25 August 2016). This expert judgment says that one third of the calcium fertilizers applied in forestry is  $\text{MgCO}_3$  and that the application of Dolomite in agriculture can be neglected.

Hence the inventory assumes that 100 % of calcium fertilizers applied in agriculture are limestone ( $\text{CaCO}_3$ ). For forestry the expert judgement leads (in CaO units) to: Limestone 40 %, Dolomite 60 % (figures rounded to the next integer). This can be checked with the subsequent example calculation, which is based on integer values of the molar weights: C (12), Ca (40), Mg (24) and O (16).

The example calculation is performed for 1000 kg CaO applied in forestry.

40 % of the 1000 kg CaO is limestone, which is, in  $\text{CaCO}_3$  units,  $1000 * 0.4 * 100/56 = 714.2857 \text{ kg CaCO}_3$ . The factor 100/56 serves for the conversion from CaO units to  $\text{CaCO}_3$  units.

60 % of the 1000 kg CaO is Dolomite, which is in units of  $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ :  $1000 * 0.6 * 184/56 = 1971.4286 \text{ kg MgCa}(\text{CO}_3)_2$ . The factor 184/56 serves for the conversion from CaO units to  $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$  units.

The 1971.4286 kg of Dolomite consist of the following amounts of  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{MgCO}_3$ :

$1971.4286 * 100/184 = 1071.4286 \text{ kg CaCO}_3$ , with 100/184 the factor for the conversion from  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  to  $\text{CaCO}_3$ .

$1971.4286 * 84/184 = 900 \text{ kg MgCO}_3$  with 84/184 the factor for the conversion from  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  to  $\text{MgCO}_3$ .

As a result of these calculations the total amount of  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  and  $\text{CaCO}_3$  applied in forestry is  $1971.4286 \text{ kg} + 714.2857 \text{ kg} = 2685.7143 \text{ kg}$ . Here the percentage of  $\text{MgCO}_3$  is  $900 \text{ kg} / 2685.7143 \text{ kg} * 100 = 33.51 \%$ , which approximates one third. The slight deviation from one third is accepted in order to have the integer percentages of 40 and 60 % as mentioned above. In the light of the fact that the percentages are based on an expert judgment a more precise calculation of these percentages seems inappropriate.

Düngerkalkmengen. Allerdings ist für 1990 die Gesamtsumme der in den neuen Bundesländern verkauften Düngerkalkmengen bekannt. Diese Gesamtsumme von 1990 wurde entsprechend den relativen Anteilen von 1994 auf die einzelnen neuen Bundesländer aufgeteilt. Anschließend wurde für jedes einzelne neue Bundesland die 1991 bis 1993 fehlenden Düngerkalkmengen durch lineare Interpolation zwischen 1990 und 1994 geschätzt.

Der Anteil von Dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) an der Düngerkalk-Gesamtmenge wird statistisch nicht erfasst. Er wird für das Inventar anhand eines Expertenurteils (R. Müller, Düngerkalk-Hauptgemeinschaft, Köln, 25.08.2016) berechnet, nach dem der im Forstbereich eingesetzte Düngerkalk zu einem Drittel aus  $\text{MgCO}_3$  besteht und die Anwendung von Dolomit in der Landwirtschaft vernachlässigt werden kann.

Für die Landwirtschaft geht das Inventar daher von 100 % Kalkstein ( $\text{CaCO}_3$ ) aus. Für den Forst entspricht das Expertenurteil, in CaO-Einheiten, den folgenden auf ganze Zahlen gerundeten Prozentanteilen: Kalkstein 40 %, Dolomit 60%. Dies lässt sich anhand der nachfolgenden Beispielrechnung nachvollziehen, der die ganzzahligen Molgewichte von C (12), Ca (40), Mg (24) und O (16) zugrunde liegen.

Für dieses Rechenbeispiel werden 1000 kg CaO für Waldkalkung angenommen.

40 % der 1000 kg CaO werden als Kalkstein ( $\text{CaCO}_3$ ) angesetzt und entsprechen  $1000 * 0.4 * 100/56 = 714,2857 \text{ kg CaCO}_3$ , wobei 100/56 der Umrechnungsfaktor von CaO nach  $\text{CaCO}_3$  ist.

60 % der 1000 kg CaO werden als Dolomit ( $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ ) angesetzt und entsprechen  $1000 * 0.6 * 184/56 = 1971,4286 \text{ kg MgCa}(\text{CO}_3)_2$ , wobei 184/56 der Umrechnungsfaktor von CaO nach  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  ist.

Die Dolomitmenge von 1971,4286 kg teilt sich wie folgt in  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{MgCO}_3$  auf:

$1971,4286 * 100/184 = 1071,4286 \text{ kg CaCO}_3$ , mit dem Umrechnungsfaktor 100/184 von  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  nach  $\text{CaCO}_3$ .

$1971,4286 * 84/184 = 900 \text{ kg MgCO}_3$ . Dies ist die Menge des im Wald ausgebrachten  $\text{MgCO}_3$  (84/184: Umrechnungsfaktor von  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  nach  $\text{MgCO}_3$ ).

Nach diesen Berechnungen beträgt die Gesamtmenge des im Wald ausgebrachten  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  und  $\text{CaCO}_3$ :  $1971,4286 \text{ kg} + 714,2857 \text{ kg} = 2685,7143 \text{ kg}$ . Der Prozentanteil von  $\text{MgCO}_3$  beträgt dabei  $900 \text{ kg} / 2685,7143 \text{ kg} * 100 = 33,51 \%$ , also rund ein Drittel. Die geringe Abweichung von einem Drittel wird in Kauf genommen, um die o. g. ganzen Prozentzahlen von 40 und 60 % zu erreichen. Eine genauere Berechnung dieser Prozentzahlen auf ein oder zwei Dezimalstellen erscheint in Anbetracht des Umstandes, dass ein Expertenurteil zugrunde gelegt wurde, nicht gerechtfertigt.



### 11.9.1.3 Conversion of fertilizer amounts into emission factor units / Umrechnung der Düngermengen auf Emissionsfaktor-Einheiten

The emission factor for limestone is to be applied to amounts of CaCO<sub>3</sub>, and the emission factor for Dolomite is to be applied to amounts of CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, see Chapter 11.9.2. Hence the amounts of CaO of the two calcium fertilizer categories have to be converted into amounts of CaCO<sub>3</sub> and CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. This conversion is based on the integer figures of the molar weights provided in Chapter 11.9.2. This results in CaO conversion factors CaCO<sub>3</sub>/CaO = 100/56 and CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>/CaO = 184/56.

Table 11.10 shows the amounts of CO<sub>2</sub> producing carbon-containing fertilizers that are considered in the inventory. These amounts comprise the carbon-containing fertilizers applied in agriculture and forestry.

Der Kalkstein-Emissionsfaktor ist auf CaCO<sub>3</sub>-Mengen und der Dolomit-Emissionsfaktor auf CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-Mengen anzuwenden (Kapitel 11.9.2). Daher ist eine Umrechnung der CaO-Mengen der beiden verschiedenen Düngekalkkategorien in CaCO<sub>3</sub>- bzw. CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-Mengen erforderlich. Hierzu werden die in Kapitel 11.9.2 genannten ganzzahligen Molgewichte zugrunde gelegt. Mit den sich daraus ergebenden Umrechnungsfaktoren CaCO<sub>3</sub>/CaO = 100/56 und CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>/CaO = 184/56 sind die entsprechenden CaO-Mengen zu multiplizieren.

Table 11.10 zeigt die dem Inventar zugrunde gelegten Mengen von CO<sub>2</sub> produzierenden Kalkdüngern. Sie umfassen die Düngekalkmengen aus Landwirtschaft und Forst.

**Table 11.10: Liming (agriculture and forest), amounts of carbon-containing fertilizers applied (Gg a<sup>-1</sup>)**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Limestone without CAN (CaCO <sub>3</sub> )	4175.2	3820.4	3199.0	2793.9	2116.5	2580.2	2611.3	2833.9	3252.4	3392.3
Dolomite (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	763.0	668.2	738.2	542.6	455.3	425.0	428.2	426.1	432.5	387.9
calcium ammonium nitrate (CAN) (as CaCO <sub>3</sub> )	1143.7	1071.3	1014.5	974.5	842.0	925.0	888.6	849.7	835.2	842.0
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Limestone without CAN (CaCO <sub>3</sub> )	3791.2	3222.9	3399.9	3122.2	3171.5	3008.2	2884.7	3289.7	3319.2	3342.5
Dolomite (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	339.8	336.6	373.9	314.4	233.8	195.7	187.7	193.8	151.8	190.5
calcium ammonium nitrate (CAN) (as CaCO <sub>3</sub> )	897.3	760.5	721.9	698.1	708.5	705.6	682.8	560.0	686.2	531.5
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
Limestone without CAN (CaCO <sub>3</sub> )	3164.0	3468.6	3661.4	3803.8	4369.4	4304.6	3795.3			
Dolomite (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	166.7	184.0	174.8	198.0	186.1	164.6	133.7			
calcium ammonium nitrate (CAN) (as CaCO <sub>3</sub> )	604.6	617.8	578.3	535.2	524.9	550.6	497.3			

### 11.9.1.4 Uncertainties of the activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten

According to the quality report for STATBA FS 4, R 8.2, the results of the fertilizer statistics are classified as "reliable and precise" because it is a total survey without statistical errors with rare non-response. This is interpreted as uncertainty (95% confidence interval)  $\leq \pm 1\%$  for the total amount of calcium fertilizers.

However, this uncertainty cannot simply be adopted for both the two categories "limestone" and "Dolomite", because additional uncertainties arise from dividing of the total amount of calcium fertilizers into these two categories (according to the expert judgment described in Chapter 11.9.1.2).

As these additional uncertainties cannot be calculated, it is conservatively estimated that the amounts of Dolomite are uncertain with a factor of 2 (95 % confidence interval). This leads, as percentages of the mean, to following boundaries of the 95 % confidence interval: [-50 %, +100 %]. According to IPCC (2006) the value "100 %" is to be used to characterize half the 95 % confidence interval in the Tier 1 uncertainty calculation scheme for the total uncertainty of the GHG emission inventory (see Chapter 14). A lognormal distribution is assumed.

The uncertainty of the amounts of limestone depends on the share of Dolomite of the total calcium

Nach dem Qualitätsbericht zu STATBA FS 4, R 8.2 sind die Ergebnisse der Düngemittelstatistik als „zuverlässig und präzise“ einzustufen da es sich um eine Totalerhebung ohne statistischen Fehler mit seltenen Antwortausfällen handelt. Dies wird als Unsicherheit (95%-Konfidenzintervall)  $< \pm 1\%$  für die Gesamtmenge an Düngekalk interpretiert.

Diese Unsicherheit kann aber nicht direkt für die Teilmengen der beiden Kategorien „Kalkstein“ und „Dolomit“ übernommen werden, da durch die Aufteilung zwischen diesen beiden Kategorien auf Grundlage des Expertenurteils (siehe Kapitel 11.9.1.2) weitere Unsicherheiten hinzu kommen.

Diese lassen sich rechnerisch allerdings nicht erfassen, weshalb in konservativer Weise für das 95 %-Konfidenzintervall der Dolomitmenge der Unsicherheitsfaktor 2 angenommen wird. In Prozenten ausgedrückt wird das 95 %-Konfidenzintervall somit durch [-50 %, +100 %] definiert, wovon nach IPCC (2006) der Wert 100 % als halbes 95 %-Konfidenzintervall in die Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars mit dem Stufe-1-Ansatz (siehe Kapitel 14) eingeht. Es wird eine lognormale Verteilung angenommen.

Die Unsicherheit der Kalksteinmengen hängt vom Dolomitanteil an der Gesamtkalkmenge ab. Aufgrund

fertilizer amounts. Based on the expert judgment the share of Dolomite is in the order of 3 % in the first half of the 1990s, while it is on the level of about 1 % as of 2010. This leads to an uncertainty (half the 95 % confidence interval) of the amounts of limestone of 3.3 % for the first half of the 1990s. For the years as of 2010 this uncertainty is 1.4 %. For the calculation of the uncertainty of the total GHG inventory with the IPCC Tier 1 approach (see Chapter 14) the uncertainty of the amounts of limestone is assumed to be 3 % for the entire time series (normal distribution).

### 11.9.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

A Tier 1 methodology (IPCC (2006)-11.27) is used to calculate the CO<sub>2</sub>-C emissions from liming by multiplying the amount of calcium fertilizer (in CaCO<sub>3</sub> or CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, see Chapter 11.9.1) and the CO<sub>2</sub>-C emission factor. According to IPCC (2006)-11.27 the emission factors are 0.12 kg CO<sub>2</sub>-C per kg CaCO<sub>3</sub> (i. e. limestone) and 0.13 kg CO<sub>2</sub>-C per kg CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (i. e. Dolomite).

For calcium ammonium nitrate with a weight fraction of N of 27 % (see Chapter 11.9.1.1) the CO<sub>2</sub>-C emission factor related to CaCO<sub>3</sub> (0.12 kg kg<sup>-1</sup>) converts, if related to the total mass of calcium ammonium nitrate, to an CO<sub>2</sub>-C emission factor of 0.02748 kg kg<sup>-1</sup>.

Note that these emission factors are based on the assumption that the total amount of C contained in the calcium fertilizers applied are emitted as CO<sub>2</sub>. This unlikely. WEST & MCBRIDE (2005) found emission factors for the USA that are only half that high (0.059 kg CO<sub>2</sub>-C per kg CaCO<sub>3</sub> and 0.064 kg CO<sub>2</sub>-C per kg CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Studies of this type for Central Europe are not known. Hence, until further notice, the IPCC default emission factors are used.

The uncertainties of emissions from application of calcium fertilizers are based on tolerance limits in the composition of fertilizers specified in the Fertilizers Act (DÜNGEMITTELVERORDNUNG, 2012, pg. 32 et seq.). The Fertilizers Act tolerates variations of only 2 to 4 %, depending on the type of calcium fertilizer. The total uncertainty (95 % confidence interval) for liming in agriculture varies for the different years since 1990, but has always been lower than 3 %. This value is considerably lower for liming in the forest sector. However, as emissions from agriculture and forest are reported as a total, the calculation of the the total uncertainty of the German GHG inventory is conservatively based on an uncertainty of the emissionfactor of 3 %.

In general, some of the C contained in calcium fertilizers is not converted into CO<sub>2</sub>, causing additional uncertainties of the emissions. However, this cannot be taken into account due to lack of statistical data on the degree of conversion of C into CO<sub>2</sub>. Hence, apart from composition tolerance limits, the calculated CO<sub>2</sub> emissions represent maximum possible emissions.

des Expertenurteils lässt sich der Dolomitanteil in der erste Hälfte der 1990er Jahre mit größenordnungsmäßig 3 % berechnen; ab 2010 liegt er dagegen auf dem Niveau von rund 1 %. Damit ergibt sich für die erste Hälfte der 1990er Jahre eine Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) der Kalksteinmengen von 3,3 %, für die Zeit ab 2010 dagegen von 1,4 %. Für die Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars mit dem Stufe-1-Ansatz (siehe Kapitel 14) wird für die gesamte Zeitreihe ein Wert von 3 % angesetzt. Es wird Normalverteilung angenommen.

Die CO<sub>2</sub>-C-Emissionen aus Kalkung werden mit einer Stufe-1-Methodik (IPCC (2006)-11.27) als Produkt aus Kalkungsmenge (in CaCO<sub>3</sub> bzw. CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, siehe Kapitel 11.9.1) und CO<sub>2</sub>-C-Emissionsfaktor berechnet. Die Emissionsfaktoren werden von IPCC (2006)-11.27 für Kalkstein mit 0,12 kg CO<sub>2</sub>-C pro kg CaCO<sub>3</sub> und für Dolomit mit 0,13 kg CO<sub>2</sub>-C pro kg CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> angegeben. Für Kalkammonsalpeter mit einem N-Gewichtsanteil von 27 % (siehe Kapitel 11.9.1.1) ergibt sich aus dem auf CaCO<sub>3</sub> bezogenen CO<sub>2</sub>-C-Emissionsfaktor von 0,12 kg kg<sup>-1</sup> ein auf das Kalkammonsalpeter-Gesamtgewicht bezogener CO<sub>2</sub>-C-Emissionsfaktor von 0,02748 kg kg<sup>-1</sup>.

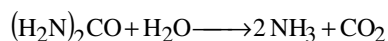
Zu beachten ist, dass diese Emissionsfaktoren unterstellen, dass der gesamte im Düngekalk enthaltene Kohlenstoff als CO<sub>2</sub> wieder freigesetzt wird. Dies ist unwahrscheinlich. WEST & MCBRIDE (2005) ermittelten für die USA Emissionsfaktoren, die nur halb so hoch sind (0,059 kg CO<sub>2</sub>-C pro kg CaCO<sub>3</sub> und 0,064 kg CO<sub>2</sub>-C pro kg CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Vergleichbare Studien für Mitteleuropa sind nicht bekannt, so dass vorerst die IPCC-Default-Emissionsfaktoren weiter angewendet werden.

Die Unsicherheiten für Emissionen aus der Kalkdüngung ergeben sich aus den Wirkstofftoleranzgrenzen der DÜNGEMITTELVERORDNUNG (2012), S. 32 ff. Diese toleriert Unsicherheiten bezüglich der Menge des Wirkstoffs von nur 2 - 4 %, je nach Art des Kalkdüngers. Die Gesamtunsicherheit (95 %-Konfidenzintervall) für die Kalkung in der Landwirtschaft variiert für die verschiedenen Jahre der Zeitreihe, ist aber nie größer als 3 %. Für den Forst ist die Gesamtunsicherheit zwar deutlich niedriger als 3 %; da aber die Emissionen aus der Kalkung als Kombination aus Landwirtschaft und Forst berichtet werden, wird in der Berechnung der THG-Gesamtunsicherheit die Unsicherheit der Emissionsfaktoren einheitlich mit 3 % angesetzt.

Unsicherheiten, die darauf zurückgehen, dass nicht das gesamte C in CO<sub>2</sub> umgewandelt wird, können hier nicht berücksichtigt werden, da die tatsächlich in CO<sub>2</sub> umgewandelte C-Menge nicht quantifizierbar ist. Daher stellen die berechneten Emissionen - abgesehen von der o. g. Wirkstofftoleranz - die Abschätzung einer maximal möglichen Emission dar.

## 11.10 CO<sub>2</sub> from application of urea / CO<sub>2</sub> aus Harnstoffanwendung

After the application of urea and ammonium nitrate urea (ANS) as fertilizers, urea reacts in the presence of water (and urease enzymes) and produces CO<sub>2</sub> emissions that have to be reported according to IPCC(2006)-11.32.



### 11.10.1 Activity data / Aktivitätsdaten

Data on amounts of fertilizers applied is not available. The missing data is estimated by the amounts of fertilizers sold which are recorded on federal state level (STATBA FS 4, R 8.2, annually). Concerning the associated systematic errors the reader is referred to Chapter 11.1.1 (activity data of mineral fertilizers).

STATBA FS 4, R 8.2, reports the amounts of urea sold as amounts of N, while the IPCC CO<sub>2</sub> emission factor refers to the total amount of urea (see Chapter 11.10.2). The conversion of amounts of urea N (including ammonium nitrate-urea solution) in total amounts of urea is carried out in a stoichiometric manner by multiplication with the molar weight ratio 60/28. Table 11.11 shows the resulting time series of total amounts of urea.

For the closure of data gaps in the underlying fertilizer statistics see Chapter 11.1.1.

Nach der Anwendung von Harnstoff und von Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösungen (AHL) als Dünger entstehen durch die chemische Reaktion mit Wasser (in Anwesenheit von Urease) CO<sub>2</sub>-Emissionen, die nach IPCC(2006)-11.32 zu berichten sind:

Daten zu ausgebrachten Düngermengen sind nicht verfügbar. Daher wird mit den statistisch erfassten Düngerverkaufsmengen auf Bundeslandebene (STATBA FS 4, R 8.2, für jedes Jahr) gerechnet. Bzgl. der damit verbundenen systematischen Fehler wird auf Kapitel 11.1.1 (Mineraldünger-Aktivitätsdaten) verwiesen.

STATBA FS 4, R 8.2, berichtet die Harnstoffverkaufsmengen als N-Mengen, während sich der CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor nach IPCC auf die Harnstoffgesamtmenge bezieht (siehe Kapitel 11.10.2). Die Umrechnung von Harnstoff-N-Menge (einschließlich Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung) in Harnstoffgesamtmenge erfolgt auf stöchiometrischem Wege durch Multiplikation mit dem Molgewichtsverhältnis 60/28. Table 11.11 zeigt die so erhaltene Zeitreihe der Harnstoffgesamtmenge.

Zur Schließung von Datenlücken in der zugrunde liegenden Düngemittelstatistik siehe Kapitel 11.1.1.

**Table 11.11: Amounts of urea sold in Germany (including urea solutions) (in Gg a<sup>-1</sup>)**

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
654.0	591.4	542.6	615.0	569.3	650.8	655.8	676.6	704.1	763.4
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
788.9	874.2	880.1	863.8	915.7	815.4	891.5	874.1	883.5	1084.1
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
801.0	1022.6	852.0	947.8	951.6	1167.6	1118.7			

According to the quality report in STATBA FS 4, R 8.2 the results of the mineral fertilizer statistics are considered as "reliable and precise", as they are based on a comprehensive survey without statistical errors and very few gaps due to insufficient reporting. Hence the inventory assumes an uncertainty (95 % confidence interval of  $< \pm 1$  %). The inventory uses 1 %. In addition, a normal distribution is assumed.

The inaccuracies of the activity data associated with the systematic errors can not be quantified.

Nach dem Qualitätsbericht zu STATBA FS 4, R 8.2 sind die Ergebnisse der Düngemittelstatistik als „zuverlässig und präzise“ einzustufen, da sie auf einer Totalerhebung ohne statistischen Fehler mit seltenen Antwortausfällen basiert. Dies wird für das Inventar als Unsicherheit (95%-Konfidenzintervall)  $< \pm 1$  % interpretiert. Im Inventar wird mit  $\pm 1$  % gerechnet. Angenommen wird eine Normalverteilung.

Die mit den systematischen Fehlern verbundenen Ungenauigkeiten der Aktivitätsdaten können nicht quantifiziert werden.

### 11.10.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

IPCC (2006) -11.32 uses Equation 11.13 to specify a Tier 1 methodology that assumes that all carbon contained in urea is emitted as CO<sub>2</sub>:

IPCC (2006)-11.32 gibt mit Gleichung 11.13 eine Stufe-1-Methodik an, die davon ausgeht, dass der gesamte im Harnstoff enthaltene Kohlenstoff als CO<sub>2</sub> emittiert wird:

$$E_{\text{CO}_2\text{-C, urea}} = m_{\text{urea}} \cdot EF_{\text{CO}_2\text{-C, urea}} \quad (11.1)$$

$E_{\text{CO}_2\text{-C, urea}}$	CO <sub>2</sub> -C emission flux (in Gg a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{urea}}$	amount of urea applied (in Gg a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{CO}_2\text{-C, urea}}$	emission factor ( $EF_{\text{CO}_2\text{-C, urea}} = 0.2 \text{ Gg Gg}^{-1}$ , see IPCC (2006)-11.34, Chapter 11.4.2, Tier 1)

The emissions are converted into CO<sub>2</sub> units by multiplying the result of Equation (11.11) with the ratio of molecular weights (44/12, see IPCC (2006)-11.27).

The Tier 2 methodology described in IPCC(2006)-11.32 differs from the Tier 1 methodology only in that it takes into account that, in reality, not all of the C in the urea is converted to CO<sub>2</sub>. Since there is no routine area-wide data on this conversion rate, the German inventory calculates with the Tier 1 methodology described above. This procedure means a worst-case estimation of CO<sub>2</sub> emissions from urea.

Using the N tolerance for urea in the Fertilizers Act (DÜNGEMITTELVERORDNUNG, 2012), it is possible to derive an uncertainty of about 1 % of the total urea emission factor. The uncertainty range of  $\pm 1 \%$  is interpreted as 95 % confidence interval (normal distribution).

In general, some of the C contained in calcium fertilizers is not converted into CO<sub>2</sub>, causing additional uncertainties of the emissions. However, this cannot be taken into account due to lack of statistical data on the degree of conversion of C into CO<sub>2</sub>. Hence, apart from composition tolerance limits, the calculated CO<sub>2</sub> emissions represent maximum possible emissions.

Durch Multiplikation mit dem Molgewichtsverhältnis von 44/12 (IPCC (2006)-11.27) erhält man die Emissionen in CO<sub>2</sub>-Einheiten.

Die in IPCC (2006)-11.32 angegebene Stufe-2-Methodik unterscheidet sich von der Tier-1-Methodik nur dadurch, dass sie berücksichtigt, dass in der Realität nicht das gesamte C im Harnstoff als CO<sub>2</sub> umgewandelt wird. Da es zu dieser Umwandlungsrate keine routinemäßigen flächendeckenden Daten gibt, rechnet das deutsche Inventar mit der oben beschriebenen Stufe-1-Methodik. Dieses Vorgehen entspricht einer worst-case-Abschätzung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus Harnstoff.

Mithilfe der N-Toleranzangabe für Harnstoff in der DÜNGEMITTELVERORDNUNG (2012) lässt sich eine Unsicherheit des auf die gesamte Harnstoffmenge bezogenen Emissionsfaktors von rund 1 % ableiten. Der Unsicherheitsbereich von  $\pm 1 \%$  wird als 95-%-Konfidenzintervall interpretiert (Normalverteilung).

Unsicherheiten, die darauf zurückgehen, dass nicht das gesamte C in CO<sub>2</sub> umgewandelt wird, können hier nicht berücksichtigt werden, da die tatsächlich in CO<sub>2</sub> umgewandelte C-Menge nicht quantifizierbar ist. Daher stellen die berechneten Emissionen - abgesehen von der o. g. Wirkstofftoleranz - die Abschätzung einer maximal möglichen Emission dar.

## 11.11 NMVOC from cultivated crops / NMVOC aus landwirtschaftlichen Kulturen

As of Submission 2015, the German inventory calculates and reports NMVOC emissions from cultivated crops.

NMVOC emissions from cultivated crops are reported, but, like NMVOC emissions from manure management, are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Das deutsche Inventar berücksichtigt ab Berichterstattung 2015 NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen.

NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen werden zwar berichtet, aber wie NMVOC aus dem Wirtschaftsdünger-Management bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, s. Kapitel 3.3.4.2.

### 11.11.1 Activity data / Aktivitätsdaten

Table 11.12 shows the input data used for the calculations of NMVOC emissions from cultivated crops. Data on areas under cultivation and fresh matter yields are presented exemplarily for 1990 and 2013. Data on areas under cultivation and fresh matter yields are provided by the Federal Statistical Office (Fachserie 3, Reihe 3). Conversion from mass of fresh matter into mass of dry matter is based on data of freshmatter contents given in the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2007). The data on "fraction of year emitting" for wheat, rye, rape and grass were taken from EMEP (2016)-3D-16, Table 3-3. The have been applied to other cultures accordingly.

Table 11.12 zeigt die Eingangsdaten für die Berechnung der NMVOC-Emissionen aus landwirtschaftlichen Kulturen. Für die Anbauflächen und die Frischmassenerträge sind exemplarisch Anfangs- und Endjahr der Zeitreihe dargestellt. Daten zu Anbauflächen und Frischmasseerträgen berichtet das Statistische Bundesamt (Fachserie 3, Reihe 3). Die Umrechnung in Trockenmasseerträge erfolgt über die Trockenmassegehalte aus der DÜNGEVERORDNUNG (2007). Die relative Emissionsdauer („fraction of year emitting“) wurde für Weizen, Roggen, Raps und Gras aus EMEP (2016)-3D-16, Table 3-3, entnommen und sinngemäß auf die übrigen Kulturen übertragen.

**Table 11.12: Activity data and parameters for the calculation of NMVOC from agricultural crops**

crop	area of cultivation 1000 ha		fresh matter yield Mg ha <sup>-1</sup>		dry matter content kg kg <sup>-1</sup>	fraction of year emitting a a <sup>-1</sup>
	1990	2016	1990	2016		
wheat	2419.9	3174.3	6.3	7.7	0.86	0.3
rye	1067.1	571.0	3.8	5.6	0.86	0.3
barley	2612.5	1605.3	5.4	6.7	0.86	0.3
oats	533.5	126.4	4.5	4.7	0.86	0.3
triticale	77.4	396.0	5.1	6.1	0.86	0.3
grain maize	228.4	416.8	6.8	9.6	0.86	0.3
maize for silage	1365.4	2137.6	40.4	43.1	0.28	0.3
rape	557.5	1323.0	3.0	3.5	0.91	0.3
tuber crops	1249.6	576.9	40.6	62.9	0.22	0.3
clover, gras mixtures, alfalfa (fodder production)	856.6	540.8	34.0	38.4	0.20	0.5
pulses	121.2	187.1	3.6	3.6	0.86	0.3
pastures and meadows	5417.2	4507.3	31.6	34.1	0.20	0.5

Sources: see text

Quantitative judgements of the uncertainty of the areas do not exist for Germany, see Chapter 11.7.1.6. In addition, no uncertainties are available for yield data and dry matter contents.

Quantitative Aussagen zur Genauigkeit der Flächenangaben liegen nicht vor, siehe Kapitel 11.7.1.6. Zu Ertragswerten und Trockenmassegehalten sind ebenfalls keine Unsicherheitsangaben verfügbar.

### 11.11.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The methodological approach of EMEP (2016) for calculating NMVOC emissions is basically the same as in EMEP (2013). For the inventory, therefore, the Tier 2 methodology described in EMEP (2013)-3D-32 ff is maintained:

Der methodische Ansatz von EMEP (2016) zur Berechnung der NMVOC-Emissionen ist grundsätzlich der gleiche wie in EMEP (2013). Für das Inventar wird daher die in EMEP (2013)-3D-32 ff beschriebene Stufe-2-Methodik beibehalten:

$$E_{\text{NMVOC, cult, i}} = \beta \cdot A_i \cdot m_{\text{FM, i}} \cdot x_{\text{DM, i}} \cdot t_i \cdot EF_{\text{NMVOC, cult, i}} \quad (11.14)$$

$E_{\text{NMVOC, cult, } i}$	NMVOC emissions from agricultural crop $i$ (in $\text{kg a}^{-1}$ )
$\beta$	time units conversion factor ( $\beta = 8760 \text{ h a}^{-1}$ )
$A_i$	area of crop $i$ (in ha)
$m_{\text{FM, } i}$	fresh matter yield of crop $i$ (in $\text{kg ha}^{-1}$ )
$x_{\text{DM, } i}$	dry matter content of crop $i$ (in $\text{kg kg}^{-1}$ )
$t_i$	fraction of year that crop $i$ is emitting (in $\text{a}^{-1}$ )
$EF_{\text{NMVOC, cult, } i}$	NMVOC emission factor for crop $i$ (in $\text{kg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )

For the data on areas of cultivation, fresh matter yields, dry matter yields and fractions of emission times see Table 11.12 in Chapter 11.11.1.

The emission factors for wheat, rye, rape and grass were taken from EMEP (2013)-3D-34, Table A3-2. This table is identical to EMEP (2016)-3D-16, Table 3-3. Table 11.13 shows these emission factors.

For the crop categories “clover, gras mixtures, alfalfa” and “pastures and meadows” the inventory adopts the EMEP emission factor of grass, while for the other crops the EMEP emission factor of wheat is used in the inventory.

Die Daten zu Anbauflächen, Frischmasseerträgen, Trockenmassegehalten und relativen Emissionsdauern gehen aus Table 11.12 in Kapitel 11.11.1 hervor.

Die Emissionsfaktoren für Weizen, Roggen, Raps und Gras stammen aus EMEP (2013)-3D-34, Table A3-2. Diese Tabelle ist identisch mit EMEP (2016)-3D-16, Table 3-3. Table 11.13 zeigt diese Emissionsfaktoren.

Für die Kulturkategorien „Klee gras, Futtergras, Alfalfa“ sowie „Wiesen und Mähweiden“ übernimmt das Inventar den EMEP-Emissionsfaktor von Gras, während für die übrigen Kulturen der EMEP-Emissionsfaktor von Weizen angesetzt wird.

**Table 11.13: NMVOC emission factors**

culture	NMVOC emission factor ( $\text{kg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ), related to dry matter
wheat	$2.60 \cdot 10^{-8}$
rye	$1.41 \cdot 10^{-7}$
rape	$2.02 \cdot 10^{-7}$
grass (15 °C)	$1.03 \cdot 10^{-8}$

Source: see text

The estimation of NMVOC emissions is prone to considerable uncertainties (EMEP (2016)-3D-7, EMEP (2016)-3D-8, EMEP (2016)-3D-29). Due to lack of better information the German inventory assumes that the uncertainty of the Tier 2 emission factors (i. e. the 95 % confidence interval) corresponds to the uncertainty of the Tier 1 emission factors given in EMEP (2016)-3D-12, Tabelle 3-1, that is described by a factor of 4. This means that the boundaries of the 95 % confidence interval are given by -75 % and +300 % of the mean emission factor. A lognormal distribution is assumed.

Die Bestimmung von NMVOC-Emissionen ist mit großen Unsicherheiten verbunden (EMEP (2016)-3D-7, EMEP (2016)-3D-8, EMEP (2016)-3D-29). Mangels besserer Informationen wird für das deutsche Inventar davon ausgegangen, dass die Unsicherheit der Stufe-2-Emissionsfaktoren der Unsicherheit der Stufe-1-Emissionsfaktoren in EMEP (2016)-3D-12, Tabelle 3-1, entspricht (Faktor 4). Unter der Annahme, dass diese Angabe das 95 %-Konfidenzintervall beschreibt, liegen dessen Grenzen bei -75 % und +300 % des mittleren Emissionsfaktors. Angenommen wird eine Lognormal-Verteilung.

## 11.12 Emissions of HCB / HCB-Emissionen

Hexachlorobenzene (HCB) is one of the listed persistent organic pollutants covered by the Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POP) from 2009, Annex III, the Stockholm Convention and Directive 2016/2284 (NECD), Annex I from 2016.

These conventions and directives oblige parties to reduce their POP emissions (polychlorinated biphenyl (PCB), dioxins and furans, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and HCB) below their levels in 1990.

In Germany the application of HCB as a pesticide, in a pure form, has been prohibited since 1977 and thus no HCB emissions were reported.

HCB has never been contained in co-formulants of approved pesticides (personal communication, Federal Office of Consumer Protection and Food Safety, (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, BVL, 2015).

However, HCB can occur as an impurity in pesticide following active substances:

- Lindane (gamma-hexachlorocyclohexane,  $\gamma$ -HCH),
- DCPA (Dimethyl tetrachloroterephthalate, also known as chlorthal-dimethyl or Dacthal),
- PCP (Pentachlorophenol),
- Atrazine (2-Chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazine),
- Simazine (2,4-Bis(ethylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine),
- Propazine (2,4-Bis(isopropylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine) and PCNB (Pentachloronitrobenzene, also known as quintozone).

According to the BVL, no maximum permitted HCB concentrations have ever been legally established for the technical active substances atrazine, simazine, lindane and clopyralid, nor are such limits in place today. There is also no further information available to the BVL on sales volumes of atrazine, simazine and clopyralid. Therefore the substances are not considered.

In the past, some manufacturers listed maximum HCB concentrations in technical active substances in certain lindane-containing substances.

Obligations to report substance quantities sold did not take effect until 1998. For the other relevant active substances the BVL has no information.

Currently approved substances which are known having HCB impurities include chlorothalonil (fungicide), tefluthrin (insecticide) and picloram (herbicide). Tefluthrin is not emission relevant due to the application method (communication by Syngenta Agro, 2015) and thus, it is not considered in the amount of reported HCB emissions.

Hexachlorbenzol (HCB) ist einer der aufgelisteten persistenten organischen Schadstoffe, die unter das Aarhus-Protokoll über persistente organische Schadstoffe (POP) aus dem Jahr 2009, Anhang III, das Stockholmer Übereinkommen und die Richtlinie 2016/2284 (NECD), Anhang I aus dem Jahr 2016, fallen.

Mit den Übereinkommen und Richtlinien verpflichten sich die Vertragsparteien, die POP-Emissionen (Polychlorierte Biphenyle (PCB), Dioxine u. Furane, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und HCB) unter die Werte von 1990 zu senken.

Der Einsatz von HCB in reiner Wirkstoffform als Pflanzenschutzmittel ist in Deutschland seit 1977 verboten. Aus diesem Grund wurden keine HCB-Emissionen aus der Pestizid-Ausbringung berichtet.

HCB war zu keinem Zeitpunkt in Beistoffen zugelassener Pestizide enthalten (Persönliche Mitteilung, Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, BVL, 2015).

HCB kann jedoch als Verunreinigung in den Wirkstoffen verschiedener Pestizide auftreten:

- Lindan (gamma-hexachlorocyclohexan,  $\gamma$ -HCH),
- DCPA (Dimethyl tetrachloroterephthalat, auch bekannt als chlorthal-dimethyl or Dacthal),
- PCP (Pentachlorphenol),
- Atrazin (2-Chloro-4-ethylamino-6-isopropylamino-1,3,5-triazin),
- Simazin (2,4-Bis(ethylamino)-6-chloro-1,3,5-triazin),
- Propazin (2,4-Bis(isopropylamino)-6-chloro-1,3,5-triazin) and PCNB (Pentachlornitrobenzol, auch bekannt als Quintozin).

Für technische Wirkstoffe wie Atrazin, Simazin, Lindan und Clopyralid, die ebenfalls HCB-Verunreinigungen aufwiesen, gab es und gibt es nach Auskunft des BVL keine gesetzlichen Obergrenzen für HCB-Konzentrationen. Es liegen dem BVL auch keine weiteren Informationen über Absatzmengen von Atrazin, Simazin und Clopyralid vor. Die Stoffe können daher nicht berücksichtigt werden.

In der Vergangenheit wurden von den Pflanzenschutzmittelherstellern für einzelne Lindan-haltige Mittel Maximalgehalte an HCB im technischen Wirkstoff angegeben.

Die Verpflichtung, Substanzmengen zu berichten, wurde erst 1998 wirksam. Zu den übrigen Wirkstoffen liegen dem BVL keine Informationen vor.

Zu den derzeit zugelassenen Substanzen, von denen bekannt ist, dass sie HCB-Verunreinigungen aufweisen, gehören Chlorthalonil (Fungizid), Tefluthrin (Insektizid) und Picloram (Herbizid). Tefluthrin ist aufgrund der Anwendungsmethode (Mitteilung von Syngenta Agro, 2015) nicht emissionsrelevant und wird daher nicht für die Berechnung von HCB-Emissionen berücksichtigt.



### 11.12.1 Activity data / Aktivitätsdaten

As activity data, domestic sales of pesticides with the active substances chlorothalonil and picloram compiled by the BVL (BVL, 2017) were used (reports pursuant to § 64 of the Plant Protection Act (PflSchG, 2012)). The quantities sold domestically are assumed to be equivalent to the quantities used. The specific sales data used in the emissions calculation are considered to be business and operational secrets and thus have to be kept confidential. For this reason, the sold quantities are grouped (cf. Table 11.14).

Als Aktivitätsdaten wurden die vom BVL (BVL, 2017) erhobenen Inlandsverkäufe von Pflanzenschutzmitteln mit den Wirkstoffen Chlorthalonil und Picloram verwendet (Meldungen gemäß § 64 PflSchG, 2012). Es wird davon ausgegangen, dass die im Inland verkauften Mengen den verbrauchten Mengen entsprechen. Die in der Emissionsberechnung verwendeten spezifischen Verkaufsdaten gelten als Geschäfts- und Betriebsgeheimnisse und werden daher vertraulich behandelt. Aus diesem Grunde werden die Mengen gruppiert angegeben (siehe Table 11.14).

**Table 11.14: Pesticides, data on domestic sales of active substances (t a<sup>-1</sup>)**

	1990 - 2001	2002	2003	2004	2005 - 2015	2016
Chlorothalonil	no published data	25 – 100	100 - 250	25 - 100	250 - 1000	1000 - 2500
Picloram	no published data	not specified	not specified	not specified	1.5 – 10 <sup>a</sup> / 1.0 – 2.5 <sup>b</sup>	2.5 - 10

Source:

[https://www.bvl.bund.de/EN/04\\_PlantProtectionProducts/01\\_ppp\\_tasks/02\\_ppp\\_AuthorisationReviewActSub/03\\_ppp\\_DomesticSalesExport](https://www.bvl.bund.de/EN/04_PlantProtectionProducts/01_ppp_tasks/02_ppp_AuthorisationReviewActSub/03_ppp_DomesticSalesExport)

<sup>a</sup> The quantity data are for the years 2007 and 2011-2015.

<sup>b</sup> The quantity data are for the years 2005, 2006, 2008, 2009 and 2010.

The HCB quantities are calculated in light of the maximum permitted concentrations of HCB impurities established by legal acts of the EU<sup>25</sup>. The approach is a highly conservative one that probably overestimates the actual emissions. The BVL has no information regarding the actual concentrations of impurities, either past or present, in pesticides placed on the market. Data were updated for the years 2015 and 2016 compared to table 11.15 in Rösemann et al. (2017) (BVL, 2017).

Die HCB-Mengen werden unter Berücksichtigung der höchstzulässigen Konzentrationen von HCB-Verunreinigungen berechnet, die durch Rechtsakte der EU<sup>25</sup> festgelegt wurden. Es handelt sich um einen sehr konservativen Ansatz, der die tatsächlichen Emissionen wahrscheinlich überschätzt. Das BVL hat keine Informationen darüber, wie hoch der Gehalt der Verunreinigung in den in Verkehr gebrachten Pflanzenschutzmitteln tatsächlich war bzw. ist. Die Daten wurden für die Jahre 2015 und 2016 gegenüber Tabelle 11.15 in Rösemann et al. (2017) aktualisiert (BVL, 2017).

#### Chlorothalonil:

Before 2006 there was no legal regulation in Germany on the maximum content of HCB in the active substance chlorothalonil. However, with the implementation of Directive 91/414/EEC, manufacturers had to analyse their technical active substance for possible relevant impurities and, where appropriate, indicate a maximum level. These maximum levels had to be maintained. Information about the levels specified for chlorothalonil for the years 1990 and 1999 for Germany is not known. So far (Rösemann et al., 2017), 100 mg kg<sup>-1</sup> were assumed. As described in the FAO specification (2015, p.

#### Chlorthalonil:

Vor 2006 gab es in Deutschland keine gesetzliche Regelung über den maximalen HCB-Gehalt im Wirkstoff Chlorthalonil. Bei der Umsetzung der Richtlinie 91/414/EWG mussten die Hersteller jedoch ihren technischen Wirkstoff auf mögliche relevante Verunreinigungen untersuchen und gegebenenfalls einen Höchstgehalt angeben. Diese Höchstwerte mussten beibehalten werden. Für den Zeitraum 1990 bis 1999 liegen keine genauen Angaben über die zulässigen HCB-Gehalte in Chlorthalonil für Deutschland vor. Bisher (Rösemann et al., 2017) wurde 100 mg kg<sup>-1</sup> angenommen.

<sup>25</sup> Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011 defines, for certain active substances and in connection with their approval, maximum levels of impurities that are of toxicological or ecotoxicological concern or that are of special concern due to the environmental risks they pose. Since the implementing regulation is a directly applicable law, the maximum levels are binding throughout Europe. In addition, in special cases the BVL may define maximum levels for impurities that the regulation does not cover. Conformance with such maximum levels is then included as a necessary condition for approval of relevant pesticides.

*Die Durchführungsverordnung (EU) Nr. 540/2011 der Kommission legt für bestimmte Wirkstoffe und im Zusammenhang mit ihrer Zulassung Höchstgehalte an Verunreinigungen fest, die toxikologisch oder ökotoxikologisch bedenklich sind oder die aufgrund ihrer Umweltrisiken von besonderer Bedeutung sind. Da es sich bei der Durchführungsverordnung um ein direkt anwendbares Recht handelt, sind die Höchstwerte europaweit verbindlich. Darüber hinaus kann das BVL in besonderen Fällen Höchstgehalte für Verunreinigungen festlegen, die von der Verordnung nicht erfasst werden. Die Einhaltung dieser Höchstwerte wird dann als notwendige Voraussetzung für die Zulassung relevanter Pestizide aufgenommen.*

49) Chlorthalonil was reviewed by IPCS (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY) in the Environmental Health Criteria (EHC) series in 1996. The limit for HCB in the FAO specification in 1998 for chlorthalonil was  $0.3 \text{ g kg}^{-1}$  and the manufacturer stated in that report that the company had improved the manufacturing process (see FAO Specification, 2015, p. 51). For example, a maximum HCB concentration of  $300 \text{ mg kg}^{-1}$  (IPCS, 1996) for Germany is taken into account for the emission calculation for the years 1990 to 1999.

Directive 2005/53/EC, which entered into force in 2006, established a maximum permitted HCB concentration of  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  in chlorthalonil as a technical active substance.

Due to a review by the FAO 5 (see FAO 2015, p.22 and p. 51) and taking into account the results of batch samples testing the impurity the maximum concentration was raised again up to  $0.04 \text{ g kg}^{-1}$ . Thus, the standard was raised to  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  in Directive 2006/76/EC.

For the years from 2000 onwards, there are significant differences in the manufacturer's data between the various pesticides, despite the EU regulation, in the maximum HCB concentrations in chlorthalonil as a technical active substance.— in some cases, despite the EU-regulation, the values differ from year to year for the same pesticide. For the year 2000 an interim value was calculated by linear interpolation ( $170 \text{ mg kg}^{-1}$ ) for the inventory. For the years 2001 to 2004, the value of  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  is used.

The quantities of pesticide active substances sold, and reported pursuant to Art. 64 Plant Protection Act were used as a basis for deriving a weighted average for the maximum concentrations for 2000, 2005, 2010 and 2013 (cf. Table 11.16). The average was used to calculate the relevant HCB quantities for the period between 2005 and 2008. For the later years starting from 2009 onwards the information on the maximum concentration of  $10 \text{ mg/kg}$  is assumed which is indicated by the authorisation holders (Syngenta Agro, 2015).

#### Picloram

For picloram, a maximum concentration of  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  has been specified for some pesticides. Relevant pesticides were introduced in Germany in 2006. Picloram was added to Annex I with the Commission Directive 2008/69/EC and the HCB impurity is still set to  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  (FAO, 2012).

#### Lindane

The HCB quantities in lindane were determined with the help of historically reported lindane-quantity data (cf. Tab. 11.15) of the former Federal Biological Office for Agriculture and Forestry (Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft; BBA), Institute of Pesticide Technology Assessment (Institut für Folgenabschätzungen im Pflanzenschutz, Kleinmachnow). Those data are based on information that producers provided voluntarily. For the years after 1997 no data

men. Wie in der FAO-Spezifikation (2015, S. 49) beschrieben, wurde Chlorthalonil 1996 von IPCS (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY) in der Reihe Environmental Health Criteria (EHC) überprüft. Der Grenzwert für HCB für Chlorthalonil in der FAO-Spezifikation von 1998 betrug  $0,3 \text{ g kg}^{-1}$  und der Hersteller gab in diesem Bericht an, dass das Unternehmen den Herstellungsprozess verbessert habe (siehe FAO-Spezifikation, 2015, S. 51). So wird für die Jahre 1990 bis 1999 eine maximale HCB-Konzentration von  $300 \text{ mg kg}^{-1}$  (IPCS, 1996) für Deutschland für die Emissionsberechnung berücksichtigt.

Mit Inkrafttreten der Richtlinie 2005/53/EG in 2006 wurde ein Maximalgehalt für HCB von  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  im technischen Wirkstoff Chlorthalonil festgesetzt.

Aufgrund einer Überprüfung durch die FAO (vgl. FAO 2015, S. 22 und S. 51) und unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Chargenproben, in denen die Verunreinigungsgehalte geprüft wurden, ist die max. Konzentration wieder auf  $0,04 \text{ g kg}^{-1}$  hoch gesetzt worden. Somit wurde die max. HCB-Verunreinigung in der Richtlinie 2006/76/EG auf  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  angehoben.

Für die Jahre ab 2000 sind in den Herstellerangaben zwischen den verschiedenen Pestiziden trotz der EU-Verordnung beträchtliche Unterschiede der maximalen HCB-Konzentrationen in Chlorthalonil als technischem Wirkstoff zu verzeichnen, zum Teil auch von Jahr zu Jahr für ein und dasselbe Pestizid. Aus diesem Grunde wurde für das Inventar für das Jahr 2000 ein Übergangswert über lineare Interpolation ( $170 \text{ mg kg}^{-1}$ ) berechnet. Für die Jahre 2001 bis 2004 wurde der Wert von  $40 \text{ mg kg}^{-1}$  verwendet.

Die Pestizid-Verkaufsmengen, die nach Art. 64 des Pflanzenschutzgesetzes meldepflichtig sind, wurden als Grundlage für die Ableitung eines gewichteten Mittelwertes der maximalen HCB-Konzentrationen für 2000, 2005, 2010 und 2013 verwendet (siehe Table 11.16). Dieser Wert wurde dann für die Jahre zwischen 2005 und 2008 als Übergangswert angenommen. Für die späteren Jahre ab 2009 wird die Angabe der Zulassungsinhaber über die Maximalkonzentration von  $10 \text{ mg kg}^{-1}$  angenommen (Syngenta Agro, 2015).

#### Picloram

Für Picloram wurde in einigen Pestiziden ein Maximalgehalt von  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  spezifiziert. Diese Pestizide wurden in Deutschland ab 2006 in den Verkehr gebracht. In der Richtlinie 2008/69/EG wurde Picloram in Anhang I aufgenommen. Der Wert ist immer noch auf  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  festgelegt (FAO, 2012).

#### Lindan

Die HCB-Gehalte in Lindan wurden mithilfe historischer Lindan-Daten (siehe Tab. 11.15) des Instituts für Folgenabschätzungen im Pflanzenschutz, Kleinmachnow, der früheren Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) abgeleitet. Diese Daten beruhen auf freiwilligen Herstellerangaben. Für die Jahre nach 1997 sind keine Daten verfügbar, da die Anwendung von Lindan ab 1998 auslief. Für Lindan wurde für die Jahre 1990 bis 1994 eine maximale HCB-

are available because the application of Lindane was phased out in 1998. For lindane, a maximum concentration of 100 mg kg<sup>-1</sup> was specified for the years 1990 until 1994. For the years after 1994 a lower concentration (50 mg kg<sup>-1</sup>) was assumed. Both figures are based on the information compiled of specifications by Bailey (2001), cf. Table 11.16.

Konzentration von 100 mg kg<sup>-1</sup> angesetzt. Für die Jahre nach 1994 wurde eine niedrigere Konzentration (50 mg kg<sup>-1</sup>) angenommen. Beide Angaben basieren auf den gesammelten Informationen von Bailey (2001) (siehe Table 11.16).

**Table 11.15: Pesticides, domestic sales of lindane 1990 – 1997 (t a<sup>-1</sup>)**

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
119.34	126.28	73.05	46.59	36.67	25.97	36.57	28.74

**Table 11.16: Pesticides, maximum concentrations of HCB impurities in relevant active substances (g t<sup>-1</sup>)**

	1990	1995	2000	2001 - 2004	2005 - 2008	2009 - 2016
Chlorothalonil	300	300	170	40	13.33 *	10
Picloram	50	50	50	50	50	50
Lindane	100	50	n/a	n/a	n/a	n/a

\* weighted mean

n/a = not applicable

In recent years, the total HCB quantities in pesticide active substances (cf. Table 11.17) have been affected primarily by sales of chlorothalonil. While this results from the large quantities of chlorothalonil-containing pesticides sold, it is also due to the high chlorothalonil concentrations in such pesticides and to the high permitted maximum HCB concentrations (0.3 g kg<sup>-1</sup>), in chlorothalonil as a technical active substance, that applied prior to 2000.

Due to the revised data of HCB impurities, changes in HCB quantities occur compared to the reported data in submission 2016.

The maximum HCB quantity for picloram, in the period under consideration, were lower, respectively, than the relevant quantities for chlorothalonil. For this reason, fluctuations in sales of picloram have very little impact on maximum HCB quantities.

For the calculation of emissions consumption figures (i. e. statistical figures) are used. Therefore, a standard error of HCB content is assumed as 2.5 % for the emission inventory. The 95 % confidence interval is therefore 5 %. A normal distribution is assumed.

Die Gesamt-HCB-Mengen aus Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen (siehe Table 11.17) werden in den letzten Jahren hauptsächlich durch den Absatz von Chlorthalonil geprägt. Dies ist allerdings nicht nur auf die hohen Verkaufszahlen Chlorthalonil-haltiger Pestizide zurück zu führen, sondern auch auf die hohen Chlorthalonil-Konzentrationen in diesen Pestiziden und den erlaubten hohen HCB-Verunreinigungsgrad (0,3 g kg<sup>-1</sup>) in Chlorthalonil der Jahre vor 2000.

Aufgrund der überarbeiteten Angaben zu den Verunreinigungsgehalten kommt es zu Änderungen der HCB-Mengen im Vergleich zu den berichteten Daten der Berichterstattung 2016.

Die maximale HCB-Menge für Picloram war im Betrachtungszeitraum jeweils niedriger als die relevanten Mengen für Chlorthalonil. Aus diesem Grund haben Absatzschwankungen bei Picloram nur einen sehr geringen Einfluss auf die maximalen HCB-Mengen.

Für die Emissionsberechnung werden Verbrauchszahlen (d.h. statistische Zahlen) verwendet. Daher wird für das Emissionsinventar von einem Standardfehler der HCB-Gehalte 2,5 % ausgegangen. Das 95 %-Konfidenzintervall beträgt demnach 5 %. Es wird eine Normalverteilung angenommen.

**Table 11.17: Pesticides, HCB quantities in domestically sold active substances in pesticides (kg)**

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
107.12	137.98	55.65	29.68	26.71	17.98	26.58	24.24	5.01	44.98
2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
18.58	0.79	1.00	9.61	1.59	11.43	12.07	9.88	9.59	5.25
2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016			
6.30	6.68	5.48	5.84	10.22	9.03	11.70			

### 11.12.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

In principle, the calculation of emissions is based on the Tier 1 method provided in EMEP (2016)-3Df/3I-5, Chapter 3. Here, the permissible maximum HCB content is calculated from the applied active ingredient of the pertinent pesticide.

Die für die Emissionsberechnung verwendete Gleichung ist sinngemäß in EMEP (2016)-3Df/3I-5, Kapitel 3, angegeben. Hierbei wird der zulässige Maximalgehalt an HCB aus dem applizierten Wirkstoff des Pflanzenschutzmittels errechnet.

$$E_{\text{HCB}} = EF_{\text{HCB}} \cdot \sum_i m_{\text{HCB},i} \cdot IF_i \quad (11.15)$$

$E_{\text{HCB}}$	total HCB emission from pesticides applied (in $\text{mg a}^{-1}$ , to be reported in $\text{kg a}^{-1}$ ),
$EF_{\text{HCB}}$	EF for individual active substance (volatile fraction of applied amount of the active substance),
$m_{\text{HCB},i}$	mass of ith active substance applied ( $\text{kg a}^{-1}$ )
$IF_i$	Impurity factor (max. concentration of impurity) in the ith active substance ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

The HCB emission factor was modeled by using the Pesticide Leaching Model (PELMO 3.31) which is also used for the European registration process of pesticides. The one-dimensional pesticide leaching model has been extended to predict the pesticide volatilisation after agricultural applications under field conditions (Ferrari et al., 2005) however, it is also able to calculate the behaviour of impurities in the products. The model was developed by the Fraunhofer Institute for Molecularbiology and Applied Ecology (IME).

Due to its volatility behaviour in the presence of water vapor even at low temperatures, ambient HCB is usually found in the vapour phase and appears to volatilize from plant and soil surfaces during the first 24 hours after application (Klein, 2017). As a test substance chlothalonil was used in the simulation. The simulation conditions are defined after annual applications in potatoes 14 days before harvest. A detailed description of the input parameters is available (Klein, 2017). It is assumed that the HCB volatilisation of the impurity in picloram is the same.

The result of the emission factor is 1 or 100%. Hence the amounts of HCB displayed in in Table 11.17 were completely emitted. From 1990 until 2016, HCB emissions were reduced by 89 %. Restrictions and new approvals of substances with impurities of HCB lead to fluctuations in the emissions trend. Furthermore, relevant pesticides are only used when crops are at risk of infection.

By using a modelled emission factor for Germany, the method can be qualified as Tier 2 according to the definition of the Tier 2 Approach (EMEP, 2016).

The uncertainty for the emission factor was determined using the PELMO model. For this purpose, the applied amounts of HCB on the plant surface were calculated with a vapour pressure reduced by a factor of 10. In addition, the meteorological conditions for modelling were selected in such a way that a range of possible emission factors for different locations was distributed across Europe (from Porto, Portugal, to Jokioinen in Finland). This results in a minimum and maximum emission factor. The maximum range was 30 %; the arithmetic mean was 10 % uncertainty (personal communication, Klein, 2017). A conservative approach and thus 30 % uncertainty is chosen for the calculation of uncertainties. This results in a total uncertainty for HCB emissions of 30.4 % (95 % confidence interval, normal distribution).

Der HCB-Emissionsfaktor wurde mithilfe des Pesticide Leaching Model (PELMO 3.31) modelliert, das auch für die europäische Registrierung von Pestiziden verwendet wird. Das eindimensionale Pestizidauswaschungsmodell wurde erweitert, um die Pestizidverflüchtigung nach landwirtschaftlichen Anwendungen unter Feldbedingungen vorherzusagen (Ferrari et al., 2005). Gleichfalls ist es in der Lage, das Verhalten von Verunreinigungen in den Wirkstoffen zu berechnen. Das Modell wurde vom Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie (IME) entwickelt.

HCB weist in Gegenwart von Wasserdampf auch bei niedrigen Temperaturen eine hohe Verflüchtigungsrate auf, sodass sich HCB nach der Applikation der Wirkstoffe meist in der Dampfphase befindet und sich in den ersten 24 Stunden von Pflanzen- und Bodenoberflächen verflüchtigt (Klein, 2017). In der Simulation wurde als Testsubstanz Chlothalonil verwendet. Für die Applikation wurde eine jährliche Anwendung in der Kartoffelproduktion 14 Tage vor der Ernte festgelegt. Eine detaillierte Beschreibung der Eingabeparameter ist verfügbar (Klein, 2017). Es wird davon ausgegangen, dass die Verflüchtigung der HCB-Verunreinigung sich bei Picloram ähnlich verhält.

Das Simulationsergebnis für den Emissionsfaktor ist 1 oder 100%, d. h. die gesamten in Table 11.17 genannten HCB-Mengen wurden emittiert. Von 1990 bis 2016 sind die HCB-Emissionen um 89 % zurückgegangen. Beschränkungen und Neuzulassungen von Substanzen mit HCB führen zu Schwankungen im Emissionstrend. Überdies werden Pestizide nur im Bedarfsfalle angewendet.

Durch die Verwendung eines modellierten Emissionsfaktors für Deutschland kann die Methode als Tier 2 gemäß der Definition des Tier-2-Ansatzes (EMEP, 2016) eingestuft werden.

Die Unsicherheit für den Emissionsfaktor wurde mithilfe des Modells PELMO ermittelt. Dazu wurden die HCB-Einträge auf der Pflanzenoberfläche mit einem um den Faktor 10 reduzierten Dampfdruck gerechnet. Des Weiteren wurden die meteorologischen Rahmenbedingungen für die Modellierung so ausgewählt, dass sich eine Spannweite an möglichen Emissionsfaktoren für verschiedene Einsatzorte über Europa verteilt (von Porto, Portugal, bis Jokioinen in Finnland) ergab. Somit erhält man einen minimalen wie auch maximalen Emissionsfaktor. Die größte Spannweite lag bei 30 %; das arithmetische Mittel bei 10 % Unsicherheit (persönliche Mitteilung, Klein, 2017). Für die Unsicherheitenberechnung wird ein konservativer Ansatz und somit 30 % Unsicherheit gewählt. Somit ergibt sich eine Gesamtunsicherheit für HCB-Emissionen von 30,4 % (95 %-Konfidenzintervall, Normalverteilung).

### 11.13 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

Soil cultivation and harvesting lead to emissions of particulate matter, with harvesting being the predominant source. Crop type, soil type, cultivation method and weather conditions determine the source strength. In emission reporting there are three categories of PM: TSP (total suspended matter; aerodynamic diameter  $\leq 57 \mu\text{m}$ ),  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  (particulate matter, aerodynamic diameter  $< 10 \mu\text{m}$  and  $< 2,5 \mu\text{m}$ , respectively). For further details see EMEP (2013)-3D-35 and EMEP (2016)-3D-32.

Bodenbearbeitung und Ernte führen zu Partikelemissionen, wobei die Ernte die bedeutendere Quelle darstellt. Die Quellstärke hängt von Fruchtart, Bodenart, Bearbeitungsmethode und Wetterbedingungen ab. Zu berichten sind Emissionen von TSP (total suspended matter; aerodynamischer Durchmesser  $\leq 57 \mu\text{m}$ ),  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  (particulate matter, Partikelklassen mit aerodynamischem Durchmesser  $< 10 \mu\text{m}$  bzw.  $< 2,5 \mu\text{m}$ ). Zu weiteren Details siehe EMEP (2013)-3D-35 und EMEP (2016)-3D-32.

#### 11.13.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The areas of crop cultivation serve as activity data. These areas are provided by official statistics (STATBA FS 3, R 3.1.2, and before 2005: FS 3, R 1.1.1).

The Federal Statistical Office does not provide quantitative estimates of the uncertainties of cultivation areas. The inventory assumes an uncertainty (standard error) of 5 % (i. e. 10 % for half the 95 % confidence interval) with normal distribution.

Als Aktivitätsdaten dienen die Anbauflächen-Daten aus Veröffentlichungen des Statistische Bundesamtes (STATBA FS 3, R 3.1.2, bzw. vor 2005: FS 3, R 1.1.1).

Das Statistische Bundesamt macht keine quantitativen Aussagen zur Unsicherheit der Flächendaten. Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von 5 % (d. h. 10 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall) mit Normalverteilung.

#### 11.13.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

EMEP(2016)-3D-17 describes a Tier 2 methodology for the calculation of particle emissions from agricultural area sources. However, as the frequencies of the emission-generating operations in Germany are not known, a Tier 1 methodology is used (see EMEP(2016)-3D-11):

EMEP(2016)-3D-17 beschreibt eine Stufe-2-Methode zur Berechnung von Partikelemissionen aus landwirtschaftlichen Flächenquellen. Da die Häufigkeiten der emissionserzeugenden Aktivitäten für Deutschland aber nicht bekannt sind, werden die PM-Emissionen nach der Stufe-1-Methode (EMEP(2016)-3D-11) berechnet:

$$E_{\text{pollutant}} = A_a \cdot EF_{\text{pollutant}} \quad (11.16)$$

$E_{\text{pollutant}}$	emissions of TSP, $\text{PM}_{10}$ or $\text{PM}_{2.5}$ from cropped areas (in $\text{kg a}^{-1}$ )
$A_a$	area of arable land (in ha)
$EF_{\text{pollutant}}$	emission factors for TSP, $\text{PM}_{10}$ or $\text{PM}_{2.5}$ from cropped areas (in $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ )

The emission calculations are based on the emission factors given in EMEP(2016)-3D-12, Table 3-1:  $1.56 \text{ kg ha}^{-1}$  for TSP and  $\text{PM}_{10}$ , and  $0.06 \text{ kg ha}^{-1}$  for  $\text{PM}_{2.5}$ .

The approach given above only allows for a first estimate of the order of magnitude to be expected for these emissions. The emission factors of this methodology do not include emissions from fertilizer, pesticides or from grassland (e. g. hay making).

The uncertainties of the emission factors of TSP,  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  are defined by EMEP(2016)-3D-12, Table 3-1: the 95 % confidence interval for TSP and  $\text{PM}_{10}$  is given by 0.78 und  $7.8 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ , for  $\text{PM}_{2.5}$  by 0.03 und  $0.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ . Hence, the difference between the lower boundary of the 95 % confidence interval and the mean emission factor is 50 % of the mean emission factor, while the difference between the upper boundary and the mean emission factor is 400 % of the mean emission factor. The distribution is asymmetric (lognormal distribution).

Es werden die Emissionsfaktoren aus EMEP(2016)-3D-12, Table 3-1, verwendet:  $1,56 \text{ kg ha}^{-1}$  für TSP und  $\text{PM}_{10}$  sowie  $0,06 \text{ kg ha}^{-1}$  für  $\text{PM}_{2.5}$ .

Das o. g. Berechnungsverfahren ermöglicht lediglich eine erste Schätzung der Größenordnung der Emissionen. Die Emissionsfaktoren schließen Emissionen aus Düngernutzung, Pestiziden und aus Grünlandflächen (z. B. durch Heumachen) nicht ein.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren von TSP,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  gibt EMEP(2016)-3D-12, Table 3-1, an, dass die Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalles bei 0,78 und  $7,8 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  für TSP und  $\text{PM}_{10}$  liegen, sowie bei 0,03 und  $0,3 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$  für  $\text{PM}_{2.5}$ . Damit beträgt die Differenz zwischen der Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalls und dem verwendeten mittleren Emissionsfaktor 50 % des Emissionsfaktors, die Differenz zwischen Emissionsfaktor und oberer Konfidenzintervallgrenze 400 %. Es liegt eine asymmetrischen Verteilung vor (Lognormal-Verteilung).

### 11.14 International comparison / Internationaler Vergleich

Within the framework of quality assurance a comparison of input data and inventory results was made on European level. (For details of the procedure of the comparison see Chapter 4.3.10.)

Table 11.18 compares the aggregated emission factors (IEF) for emissions of  $\text{N}_2\text{O}$  and  $\text{NH}_3$  due to cultivation of agricultural soils. Table 11.18 also shows the indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions the calculation of which is described in Chapter 12.

For the application of mineral fertilizers and animal manures as well as for crop residues the  $\text{N}_2\text{O}$ -N IEFs of the ten countries correspond, with exception of The Netherlands and United Kingdom, with the IPCC (2006) default value of  $0.01 \text{ kg kg}^{-1}$ .

As to the IEF for  $\text{N}_2\text{O}$ -N from organic soils most countries that report this IEF use the IPCC (2006) default value of  $8 \text{ kg ha}^{-1}$ . The Danish value is significantly higher. The German value is  $4.85 \text{ kg ha}^{-1}$ , which marks the lower end of the range of values. However, it is based on national emission factors, see Chapter 11.6.

Most IEFs for  $\text{N}_2\text{O}$ -N from grazing are obviously based on a combination of the two IPCC (2006) default values where the contribution by "other animals" with their lower emission factor varies among countries due to varying animal numbers. The IEFs of the Netherlands and the United Kingdom considerably deviate to the upper and the lower end, respectively. The German value is  $0.019 \text{ kg kg}^{-1}$  and is located in the middle range. It is close to the default value for cattle, pigs and poultry, which, as expected, reflects that the population shares of the "other animals" are comparatively small.

Except for France, the Netherlands and Switzerland all countries, including Germany, use the IPCC (2006) default emission factor for indirect  $\text{N}_2\text{O}$ -N due to the deposition of reactive nitrogen.

As to the indirect  $\text{N}_2\text{O}$ -N from leaching and runoff most countries, including Germany, use the emission factor provided in IPCC (2006). The emission factor of Denmark is significantly lower.

The  $\text{NH}_3$  IEFs for the application of mineral fertilizers could not be calculated for Austria, because Austria did not report the respective  $\text{NH}_3$  emissions. For the other countries the IEFs range between  $0.0247 \text{ kg kg}^{-1}$  (Denmark) and  $0.085 \text{ kg kg}^{-1}$  (France). This wide range means a variation by a factor of about 3. This variation may partly be due to the fact that some of the countries do not report according to the current EMEP guidebook (EMEP (2013): The emission factors for the application of mineral fertilizers changed in the past years with every update of the EMEP guidebook. Another reason may be, due to the high emission factor of urea, the share of urea of the total amount of mineral fertilizers that varies from country to country. The German IEF is based on the current emission factors provided by EMEP (2016) and is located somewhat above the arithmetic mean of the IEFs of all countries which is  $0.0444 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleuropäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.10.)

Table 11.18 vergleicht die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für  $\text{N}_2\text{O}$  und  $\text{NH}_3$  aus dem Bereich der Nutzung landwirtschaftlicher Böden. Die Tabelle zeigt auch die indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen, deren Berechnung für das deutsche Inventar in Kapitel 12 beschrieben wird.

Für die Ausbringung von Mineraldünger und Wirtschaftsdünger sowie für Ernterückstände entsprechen die  $\text{N}_2\text{O}$ -N-IEFs der zehn Vergleichsländer mit zwei Ausnahmen (Niederlande und Vereinigtes Königreich) dem IPCC (2006)-Defaultwert von  $0,01 \text{ kg kg}^{-1}$ .

Beim IEF für  $\text{N}_2\text{O}$ -N aus organischen Böden verwendet die Mehrzahl der Länder, die diese Größe berichten, den IPCC (2006)-Defaultwert von  $8 \text{ kg ha}^{-1}$ . Der dänische Wert weicht davon deutlich nach oben ab. Der deutsche Wert markiert zwar das untere Ende der Skala, basiert aber auf nationalen Emissionsfaktoren, s. Kapitel 11.6.

Die meisten IEFs für  $\text{N}_2\text{O}$ -N als Folge von Weidegang beruhen offensichtlich auf einer Kombination der beiden Defaultvorgaben von IPCC (2006), wobei der Anteil der „anderen Tiere“ mit dem niedrigeren EF von Land zu Land variierend ins Gewicht fällt. Die Werte der Niederlande und des Vereinigten Königreichs weichen erheblich nach oben bzw. unten vom allgemeinen Bild ab. Der deutsche Wert liegt mit  $0,019 \text{ kg kg}^{-1}$  im Mittelfeld und dabei nahe am Defaultwert für Rinder, Schweine und Geflügel. Hierin kommt erwartungsgemäß zum Ausdruck, dass in Deutschland die Populationsanteile der „anderen Tiere“ vergleichsweise klein sind.

Mit Ausnahme von Frankreich, den Niederlanden und der Schweiz rechnen beim indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -N infolge der Deposition von reaktiven Stickstoffs alle Länder, also auch Deutschland, mit dem IPCC (2006)-Defaultwert.

Beim indirekten  $\text{N}_2\text{O}$ -N aus Auswaschung und Oberflächenabfluss (leaching) folgen die meisten Länder, darunter auch Deutschland, der Vorgabe in IPCC (2006). Der dänische Wert weicht deutlich nach unten ab.

Der  $\text{NH}_3$ -IEF für die Ausbringung von Mineraldünger konnte für Österreich nicht berechnet werden, weil die emittierte  $\text{NH}_3$ -Menge nicht berichtet wurde. Bei den anderen Ländern liegt der Schwankungsbereich zwischen  $0,0247 \text{ kg kg}^{-1}$  (Dänemark) und  $0,085 \text{ kg kg}^{-1}$  (Frankreich). Dieser sich über rund einen Faktor 3 erstreckende Bereich ist möglicherweise zum Teil darauf zurück zu führen, dass nicht alle Länder nach dem aktuellen EMEP-Guidebook (EMEP, 2016) berichten: Die Mineraldünger-Emissionsfaktoren haben in den EMEP-Guidebooks in den letzten Jahren von Neuauflage zu Neuauflage gewechselt. Ein anderer Einflussfaktor ist (wegen des besonders hohen Emissionsfaktors für Harnstoff) der von Land zu Land variierende Harnstoffanteil an der Gesamtdüngermenge. Der deutsche IEF beruht auf den aktuellen Emissionsfaktoren aus EMEP (2016) und liegt etwas oberhalb des Mittelwertes aller Länder ( $0,0444 \text{ kg kg}^{-1}$ ).

**Table 11.18: Soils and crops, 2015, international comparison of implied emission factors for N<sub>2</sub>O and NH<sub>3</sub>**

	IEF								
	N <sub>2</sub> O-N synthetic fertilizer	N <sub>2</sub> O-N manure	N <sub>2</sub> O-N crop residues	N <sub>2</sub> O-N managed organic soils	N <sub>2</sub> O-N grazing	N <sub>2</sub> O-N deposi- tion	N <sub>2</sub> O-N leaching	NH <sub>3</sub> -N synthetic fertilizer	NH <sub>3</sub> -N animal manures
	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>
Austria	0.0100	0.0100	0.0100	8.20	0.0156	0.0100	0.0075	n/c	n/c
Belgium	0.0100	0.0100	0.0100	8.00	0.0195	0.0100	0.0075	0.0408	0.101
Czech Republic	0.0100	0.0100	0.0100	NO	0.0182	0.0100	0.0075	0.0563	n/c
Denmark <sup>a</sup>	0.0100	0.0100	0.0100	11.73	0.0179	0.0100	0.0051	0.0247	0.077
France	0.0100	0.0100	0.0100	8.01	0.0189	0.0107	0.0075	0.0849	n/c
<b>Germany</b>	<b>0.0100</b>	<b>0.0100</b>	<b>0.0100</b>	<b>4.87</b>	<b>0.0190</b>	<b>0.0100</b>	<b>0.0075</b>	<b>0.0474</b>	<b>0.161</b>
Netherlands	0.0130	0.0087	0.0107	4.43	0.0330	0.0110	0.0075	0.0358	0.103
Poland	0.0100	0.0100	0.0100	8.00	0.0191	0.0100	0.0075	0.0350	n/c
Switzerland	0.0100	0.0100	0.0100	8.00	0.0190	0.0264	0.0075	0.0414	0.215
United Kingdom	0.0091	0.0046	0.0100	8.00	0.0044	0.0100	0.0075	0.0331	0.152
IPCC (2006)-11.11, 11.24, IPCC (2013) <sup>b</sup>	0.01	0.01	0.01	8 (13 / 4.3 / 8.2 / 1.6) <sup>b</sup>	0.02 (cattle, pigs, poul- try), 0.01 other animals	0.01	0.0075		
EMEP (2013)-3D-11								0.081	
EMEP (2016)-3D-12								0.05	

Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables; CEIP (2017), NFR Tables (IEFs for NH<sub>3</sub> from mineral fertilizers and for NMVOC are calculated from original data)  
n/c: cannot be calculated  
<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island  
<sup>b</sup> IPCC (2013) Wetlands Supplement, Table 2.5 (Cropland, drained / Grassland, drained, nutrient-poor / Grassland, deep-drained, nutrient rich / Grassland, shallow-drained, nutrient rich)

Table 11.19 compares the aggregated emission factors (IEF) for emissions of CO<sub>2</sub> and NMVOC.

Table 11.19 vergleicht die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für CO<sub>2</sub> und NMVOC.

**Table 11.19: Soils and crops, 2015, international comparison of implied emission factors for CO<sub>2</sub> and NMVOC**

	IEF				application of urea	NMVOC cultivated crops
	liming					
	Limestone	Dolomite	other C contain- ing fertilizers			
	kg CO <sub>2</sub> per kg				kg ha <sup>-1</sup>	
Austria	0.12	NO	NA	0.20	n/c	
Belgium	0.12	0.13	NO	0.20	0.86	
Czech Republic	0.12	IE	NO	0.20	n/c	
Denmark <sup>a</sup>	0.12	NO	0.03000	0.20	0.81	
France	0.12	0.13	NO	0.20	n/c	
<b>Germany</b>	<b>0.12</b>	<b>0.13</b>	<b>0.02748</b>	<b>0.20</b>	<b>0.63</b>	
Netherlands	0.12	0.13	NO	IE	n/c	
Poland	0.12	0.13	NO	0.20	n/c	
Switzerland	0.12	0.13	NO	0.20	n/c	
United Kingdom	0.12	0.13	NO	0.20	n/c	
IPCC (2006)-11.27	0.12	0.13		0.20		
EMEP (2013)-3D-11, EMEP (2016)-3D-12					0.86	
Sources: Germany: Submission 2018; all other countries: UNFCCC (2017), CRF Tables; CEIP (2017), NFR Tables (IEFs for NH <sub>3</sub> from mineral fertilizers and for NMVOC are calculated from original data)						
n/c: cannot be calculated from submitted data						
<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island						

It can be seen that all countries reporting CO<sub>2</sub> emissions from liming of dolomite and limestone use the IPCC (2006) default values as emission factors. The use of other calcium fertilizers is reported only by Denmark and Germany. If the German IEF were rounded to two decimals, it would be equivalent to the Danish value. With the exception of the Netherlands, all of the com-

Alle Länder, die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Kalkung von Dolomit und Kalkstein berichten, verwenden als Emissionsfaktoren die IPCC(2006)-Defaultwerte. Die Anwendung anderer kalkhaltiger Dünger wird nur von Dänemark und Deutschland berichtet; würde der deutsche IEF auf zwei Dezimalstellen gerundet, entspräche er dem dänischen Wert. Mit Ausnahme der Niederlande be-



pared countries calculate CO<sub>2</sub> emissions from from urea application using the IPCC (2006) default value.

The IEF for NMVOC emissions from the cultivation of crops can only be calculated for three countries due to missing data on emissions and / or cultivated area: Belgium, Denmark and Germany. Belgium obviously used the EMEP default value for its emission calculations. the Danish IEF is slightly below the IPCC default value, the German IEF clearly. The difference between Danish and German value is due to the different distribution of different cultures and the pertaining, partly very different, emission factors. An overall assessment in the Central European context is not possible due to a lack of data from the other countries.

Table 11.20 enables a comparison of the so-called FRAC quantities for Central Europe. (For details of the German FRAC quantities see Chapter 13.)

rechnen alle verglichenen Länder die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Harnstoffanwendung, wobei einheitlich der IPCC (2006)-Defaultwert eingesetzt wurde.

Der IEF für NMVOC-Emissionen aus dem Anbau kann wegen fehlender Daten bei Emission und/oder Anbaufläche nur für drei Länder berechnet werden: Belgien, Dänemark und Deutschland. Belgien hat dabei offensichtlich mit dem EMEP-Defaultwert gerechnet. der dänische IEF liegt etwas unter dem IPCC-Defaultwert, der deutsche IEF deutlich. Der Unterschied zwischen dänischem und deutschem Wert ist auf die unterschiedliche Verbreitung verschiedener Kulturen sowie die dafür z.T. sehr unterschiedlichen Emissionsfaktoren zurückzuführen. Eine Gesamtbewertung im mitteleuropäischen Rahmen ist mangels Daten aus den übrigen Ländern nicht möglich.

Table 11.20 ermöglicht einen mitteleuropäischen Vergleich der so genannten FRAC-Größen. (Details zu den deutschen FRAC-Größen finden sich in Kapitel 13.)

**Table 11.20: Soils and crops, 2015, international comparison of fractions**

	Frac <sub>GASF</sub>	Frac <sub>GASM</sub>	Frac <sub>LEACH</sub>
	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>	kg kg <sup>-1</sup>
Austria	0.052	0.174	0.152
Belgium	0.255	0.573	0.900
Czech Republic	0.100	0.200	0.300
Denmark <sup>a</sup>	0.051	0.086	0.285
France	0.100	0.200	0.300
<b>Germany</b>	<b>0.059</b>	<b>0.161</b>	<b>0.300</b>
Netherlands	0.050	0.173	0.130
Poland	0.100	0.200	0.300
Switzerland	0.054	0.208	0.178
United Kingdom	0.033	0.072	0.234
IPCC(2006)-11.24	0.052	0.174	0.152

Sources: Germany: Submission 2018; other countries: UNFCCC (2017)  
<sup>a</sup> Denmark without Greenland and Faroe Island

Frac<sub>GASF</sub> is defined as the fraction of total N in synthetic fertilizers applied that is emitted as NH<sub>3</sub>-N and NO-N. In the German inventory the quantity Frac<sub>GASF</sub> is not used as input variable. It is back calculated from input and output data once the emission calculations are terminated.

The Frac<sub>GASF</sub> scatter in Table 11.20 can be attributed to the variation among the compared countries regarding the relative shares of different fertiliser types (with their different NH<sub>3</sub> emission factors). Thus the values cannot easily be compared. The German value, 0.059 kg kg<sup>-1</sup>, is lower than the IPCC (2006) default value of 0.10 kg kg<sup>-1</sup>, but is almost identical to the median of the reported values (0.057 kg kg<sup>-1</sup>). The Belgian value is located on the same level.

Frac<sub>GASM</sub> is the fraction of total N applied with animal manures, digestate (digeste of manure and energy crops), sewage sludge and by grazing that is emitted as NH<sub>3</sub>-N and NO-N. Like Frac<sub>GASF</sub>, Frac<sub>GASM</sub> is not used as an input variable in the German inventory, but is calculated retrospectively.

Frac<sub>GASF</sub> ist definiert als der Anteil der mit Mineraldüngern ausgebrachten N-Menge, der als NH<sub>3</sub>-N und NO-N emittiert wird. Die Größe Frac<sub>GASF</sub> wird im deutschen Inventar nicht als Eingangsgröße verwendet, sondern für die Berichterstattung aus Ein- und Ausgabedaten der abgeschlossenen Emissionsberechnung ermittelt.

Die Frac<sub>GASF</sub>-Streuung in Table 11.20 wird auf die zwischen den Vergleichsländern variierenden relativen Anteile verschiedener Düngerarten (mit ihren unterschiedlichen NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren) zurück geführt. Die Werte sind daher nur schwer vergleichbar. Der deutsche Wert liegt mit 0,059 kg kg<sup>-1</sup> unter dem IPCC (2006)-Defaultwert von 0,10 kg kg<sup>-1</sup>, entspricht aber nahezu dem Median der berichteten Werte (0,057 kg kg<sup>-1</sup>).

Frac<sub>GASM</sub> ist der Anteil der mit Wirtschaftsdünger, Gärresten (von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen), Klärschlämmen und durch Weidegang ausgebrachten N-Menge, der als NH<sub>3</sub>-N und NO-N emittiert wird. Analog zu Frac<sub>GASF</sub> wird Frac<sub>GASM</sub> im deutschen Inventar nicht als Eingangsgröße verwendet, sondern nachträglich berechnet.

Frac<sub>GASM</sub> also shows a considerable bandwidth in Table 11.20 due, among other things, to differences in application techniques and incorporation times. The German value is 0.161 kg kg<sup>-1</sup>, which is below the IPCC (2006) default value of 0.20 kg kg<sup>-1</sup> and below the median of the reported values (0.187 kg kg<sup>-1</sup>).

Frac<sub>LEACH</sub> is defined as the relative fraction of N available that is lost via leaching and surface runoff. In the German inventory Frac<sub>LEACH</sub> is an input parameter that controls the amount of the indirect N<sub>2</sub>O emissions from leaching/runoff.

Regarding the Frac<sub>LEACH</sub> values in Table 11.20 it is found that some countries, including Germany, use the IPCC default value. Values that deviate from the IPCC default value cannot be explained with the data available.

Auch bei Frac<sub>GASM</sub> ist in Table 11.20 eine erhebliche Bandbreite festzustellen, u. a. wegen Unterschieden in den Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten. Der deutsche Wert liegt mit 0,161 kg kg<sup>-1</sup> unter dem IPCC (2006)-Defaultwert von 0,20 kg kg<sup>-1</sup> sowie unter dem Median der berichteten Werte (0,187 kg kg<sup>-1</sup>).

Frac<sub>LEACH</sub> gibt den relativen Anteil des verfügbaren N an, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren geht. Frac<sub>LEACH</sub> ist im deutschen Inventar eine Eingabegröße, die die Höhe der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen beeinflusst.

Bei den Frac<sub>LEACH</sub>-Werten in Table 11.20 ist festzustellen, dass einige Länder, einschließlich Deutschland, den IPCC-Defaultwert verwenden. Davon abweichende Frac<sub>LEACH</sub>-Werte können mit den verfügbaren Daten nicht erklärt werden.

### 11.15 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

The subsequent table lists the references to information provided in the data collection (see Chapter 2.4).

Die nachfolgende Tabelle enthält Verweise auf die Informationen in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

Table 11.21: Direct emissions from agricultural soils, related tables provided in the data collection

		from		to
Emissions	Emissionen	NH <sub>3</sub> , mineral fertilizer	EM1001.01	
		NH <sub>3</sub> , animal manure	EM1001.02	
		NH <sub>3</sub> , sewage sludge	EM1001.03	
		NH <sub>3</sub> , digested energy crops	EM1001.04	
		NH <sub>3</sub> , grazing	EM1001.05	
		N <sub>2</sub> O, mineral fertilizer	EM1001.07	
		N <sub>2</sub> O, animal manure	EM1001.08	
		N <sub>2</sub> O, sewage sludge	EM1001.09	
		N <sub>2</sub> O, digested energy crops	EM1001.10	
		N <sub>2</sub> O, grazing	EM1001.11	
		N <sub>2</sub> O, crop residues	EM1001.12	
		N <sub>2</sub> O, histosols	EM1001.13	
		NO, mineral fertilizer	EM1001.24	
		NO, animal manure	EM1001.25	
		NO, sewage sludge	EM1001.26	
		NO, digested energy crops	EM1001.27	
		NO, grazing	EM1001.28	
		NMVOC, cultivated crops	EM1001.30	
		TSP, crop production	EM1001.31	
		PM <sub>10</sub> , crop production	EM1001.32	
		PM <sub>2.5</sub> , crop production	EM1001.33	
		CO <sub>2</sub> , urea	EM1001.35	
		CO <sub>2</sub> , liming (Lime application)	EM1001.36	
		CO <sub>2</sub> , liming (Dolomite application)	EM1001.37	
		CO <sub>2</sub> , liming (CAN application)	EM1001.38	
Activity data	Aktivitäten	mineral fertilizers (NH <sub>3</sub> )	AI1001.04	AI1001.09
		mineral fertilizers (N <sub>2</sub> O, NO)	AC1001.01	
		animal manures	AC1001.02	
		sewage sludge	AC1001.08	
		digested energy crops	AC1001.07	
		grazing	AC1001.03	AC1001.05
		crop residues	AC1001.09	
		histosols	AC1001.10	
		areas for NMVOC and PM calculation	AC1001.11	AC1001.12
		urea	AC1001.14	
		liming (Limestone)	AC1001.15	
		Liming (Dolomite)	AC1001.16	
		Liming (CAN)	AC1001.17	
Emission factors	Emissionsfaktoren	NH <sub>3</sub> , mineral fertilizer	IEF1001.01	
		NH <sub>3</sub> , animal manure	IEF1001.02	
		NH <sub>3</sub> , sewage sludge	IEF1001.03	
		NH <sub>3</sub> , digested energy crops	IEF1001.04	
		NH <sub>3</sub> , grazing	IEF1001.05	
		N <sub>2</sub> O, mineral fertilizer	IEF1001.07	
		N <sub>2</sub> O, animal manure	IEF1001.08	
		N <sub>2</sub> O, sewage sludge	IEF1001.09	
		N <sub>2</sub> O, digested energy crops	IEF1001.10	
		N <sub>2</sub> O, grazing	IEF1001.11	
		N <sub>2</sub> O, crop residues	IEF1001.12	
		N <sub>2</sub> O, histosols	IEF1001.13	
		NO, mineral fertilizer	IEF1001.18	
		NO, animal manure	IEF1001.19	
		NO, sewage sludge	IEF1001.20	
		NO, digested energy crops	IEF1001.21	
		NO, grazing	IEF1001.22	
		NMVOC, cultivated crops	IEF1001.24	
		TSP, crop production	IEF1001.25	
		PM <sub>10</sub> , crop production	IEF1001.26	
		PM <sub>2.5</sub> , crop production	IEF1001.27	
		CO <sub>2</sub> , urea	IEF1001.29	
		CO <sub>2</sub> , liming (Lime application)	IEF1001.30	
		CO <sub>2</sub> , liming (Dolomite application)	IEF1001.31	
		CO <sub>2</sub> , liming (CAN application)	IEF1001.32	

## 12 Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils / Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen

Emissions from managed agricultural soils and cultures fall into two categories: direct emissions and indirect emissions.

Direct emissions are emissions that are a primary effect of soil management, like e. g. NH<sub>3</sub> from and N<sub>2</sub>O after spreading of fertilizers, or emissions of particulate matter. For the direct emissions of N<sub>2</sub>O see Chapter 11

Indirect emissions are N<sub>2</sub>O emissions that are a secondary effect of agricultural activities, i. e. N<sub>2</sub>O emissions from soils due to deposition of reactive nitrogen (NH<sub>3</sub> and NO) emitted from agricultural sources, and N<sub>2</sub>O emissions that are a consequence of nitrogen leaching and runoff.

According to IPCC (2006), indirect N<sub>2</sub>O emissions caused by the N management in animal housing and manure storage are attributed to animal husbandry (Sector 3.D), see Chapter 3.3.4.3.6. For indirect N<sub>2</sub>O emissions in connection with digestion of energy crops see Chapter 10.2. All other indirect N<sub>2</sub>O emissions are reported in the Sector "agricultural soils" (Sector 3.D). Their calculation is described in the following.

Table 12.1 gives an overview of the methodologies applied. At the time being, only Tier 1 calculation procedures are available.

Bei den Emissionen aus landwirtschaftlicher Nutzflächen wird zwischen direkten und indirekten Emissionen unterschieden.

Direkte Emissionen sind Emissionen, die sich unmittelbar aus der Bodennutzung ergeben, wie z.B. NH<sub>3</sub> und N<sub>2</sub>O infolge der Ausbringung von Mineraldünger, oder auch Emissionen von Partikeln. Zu direktem N<sub>2</sub>O siehe Kapitel 11.

Indirekte Emissionen sind N<sub>2</sub>O-Emissionen, die sich als Sekundärfolge von landwirtschaftlichen Aktivitäten ergeben: N<sub>2</sub>O-Emissionen aus dem Boden nach Deposition reaktiven Stickstoffs, der zuvor aus landwirtschaftlichen Quellen emittiert wurde, sowie N<sub>2</sub>O-Emissionen infolge von N-Auswaschung bzw. -Oberflächenabfluss.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen die im Bereich Stall/Lager entstehen, werden nach IPCC (2006) der Tierhaltung (Sektor 3.B) zugeordnet (siehe Kapitel 3.3.4.3.6). Mit Ausnahme der indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (siehe dazu Kapitel 10.2) werden alle übrigen indirekten N<sub>2</sub>O-Emissionen im Sektor „Böden“ (Sektor 3.D) berichtet. Ihre Berechnung wird im Folgenden beschrieben.

Table 12.1 gibt eine Übersicht über die verwendeten Rechenverfahren. Derzeit sind nur Stufe-1-Verfahren verfügbar.

**Table 12.1: Agricultural soils, procedures used for the calculation of indirect N<sub>2</sub>O emissions**

Species	Origin	Tier	Method applied
N <sub>2</sub> O	indirect, deposition	1	IPCC
N <sub>2</sub> O	indirect, leaching	1	IPCC

### 12.1 Deposition of reactive nitrogen / Deposition von reaktivem Stickstoff

Atmospheric deposition of reactive nitrogen species results in N<sub>2</sub>O emissions. For the agricultural emission inventory, the deposition of reactive nitrogen from agriculture is considered.

Die atmosphärische Deposition von reaktiven Stickstoff-Spezies führt zu N<sub>2</sub>O-Emissionen. Für das landwirtschaftliche Emissionsinventar wird die Deposition von reaktivem N aus der Landwirtschaft berücksichtigt.

#### 12.1.1 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> and NO from fertilizer application,
- NH<sub>3</sub> and NO from application of animal manures (incl. digested manures),
- NH<sub>3</sub> and NO from application of digestate of energy crops,
- NH<sub>3</sub> and NO from grazing.

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 11.4.

Das deutsche Inventar berechnet die depositionsbedingten N<sub>2</sub>O-Emissionen unter der Annahme, dass alle nachstehend aufgeführten Emissionen reaktiven Stickstoffs der Deposition unterliegen:

- NH<sub>3</sub> und NO aus Mineraldüngeranwendung,
- NH<sub>3</sub> und NO aus Wirtschaftsdünger-Ausbringung (incl. vergorenem Wirtschaftsdünger),
- NH<sub>3</sub> und NO aus Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten,
- NH<sub>3</sub> und NO aus Weidegang.

Die Klärschlamm-Ausbringung wird nicht berücksichtigt, da hierfür keine NH<sub>3</sub>- und NO-Emissionen berechnet werden, siehe Kapitel 11.4.

An uncertainty (standard error) of 25 % is assumed, corresponding to 50 % for half the 95 % confidence interval. It is further assumed that the distribution is (approximately) normal.

Angenommen wird eine Unsicherheit (Standardfehler) von 25 %, was einem Wert von 50 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall entspricht. Die Verteilung wird als (angenähert) normal angenommen.

### 12.1.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

A Tier 1 approach similar to the treatment of N<sub>2</sub>O emissions from the application of mineral fertilizer is used (see Chapter 11.1.2.2):

Es wird ein Stufe-1-Verfahren analog zur Beschreibung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Mineraldünger-Anwendung eingesetzt (siehe Kapitel 11.1.2.2):

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, dep}} = [(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{fert}} + (E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{SAM}} + (E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{SEP}} + (E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{graz}}] \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}} \quad (12.1)$$

$E_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$	indirect N <sub>2</sub> O-N emissions resulting from the deposition of NH <sub>3</sub> -N and NO-N emitted from agricultural soils (see Chapter 12.1.1) (in Gg a <sup>-1</sup> )
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{fert}}$	NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from mineral fertilizer (in Gg a <sup>-1</sup> ), see Chapter 11.1
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{SAM}}$	NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from spreading of animal manures (in Gg a <sup>-1</sup> ), see Chapter 11.2
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{SEP}}$	NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from spreading of digestate from energy crops (in Gg a <sup>-1</sup> ), see Chapter 11.3
$(E_{\text{NH}_3\text{-N}} + E_{\text{NO-N}})_{\text{graz}}$	NH <sub>3</sub> -N and NO-N emissions from grazing (in Gg a <sup>-1</sup> ), see Chapter 11.5
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$	N <sub>2</sub> O-N emission factor for indirect emissions from deposition (in kg kg <sup>-1</sup> ), see below

The N<sub>2</sub>O-N emission factor  $EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$  is given as 0.01 kg kg<sup>-1</sup> (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.3, an uncertainty range of 0.002 kg kg<sup>-1</sup> to 0.05 kg kg<sup>-1</sup> is given for the N<sub>2</sub>O-N emission factor. This interval is assumed to be the 95 % confidence interval. The difference between the upper limit of the confidence interval and the emission factor amounts to 400 % of the emission factor. The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor is 80 % of the emission factor. According to IPCC(2006)-3.29 the higher percentage (400 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 14.6). Due to the asymmetry a lognormal distribution is assumed.

Der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor  $EF_{\text{N}_2\text{O-N, dep}}$  wird mit 0,01 kg kg<sup>-1</sup> angesetzt (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.3, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,002 kg kg<sup>-1</sup> bis 0,05 kg kg<sup>-1</sup> angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Dabei entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 400 % des Emissionsfaktors, das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor 80 %. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, d. h. 400 %. Aufgrund der Asymmetrie wird Lognormalverteilung angenommen.

## 12.2 Leaching and runoff of nitrogen / Ausgewaschener und abgeflossener Stickstoff

Nitrogen inputs into soils are to some extent liable to runoff and leaching. The inputs into surface and ground waters give rise to indirect nitrous oxide emissions.

Stickstoff-Einträge in Böden gelangen teilweise durch Oberflächenabfluss in Oberflächengewässer und durch Auswaschung ins Grundwasser. Sie sind dort Quelle indirekter Lachgas-Emissionen.

### 12.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amount of leached N ( $m_{\text{leach}}$ ) that leads to indirect  $\text{N}_2\text{O}$  emissions is calculated by multiplying an amount of N ( $m_{\text{N}}$ , see Equation (12.3)) with the leaching factor  $\text{Frac}_{\text{leach}}$ . According to IPCC (2006)-11.24, Table 11.3,  $\text{Frac}_{\text{leach}} = 0.3 \text{ kg kg}^{-1}$ . The criterion for the application of  $\text{Frac}_{\text{leach}} = 0.3 \text{ kg kg}^{-1}$  is the exceedance of the soil water-holding capacity, see IPCC (2006a)-11.24, Table 11.3. As there is groundwater recharge all over Germany (NEUMANN & WYCISK, 2002) it can be assumed, on an annual basis, that soil water-holding capacity is exceeded in Germany.

Die zur  $\text{N}_2\text{O}$ -Freisetzung führende ausgewaschene N-Menge  $m_{\text{leach}}$  wird ermittelt, indem eine Stickstoffmenge  $m_{\text{N}}$  (siehe Gleichung (12.3)) mit dem Auswaschungsfaktor  $\text{Frac}_{\text{leach}}$  multipliziert wird. Dieser Faktor wird nach IPCC (2006)-11.24, Table 11.3, mit  $0,3 \text{ kg kg}^{-1}$  angesetzt. Das Kriterium für die Anwendung dieses Defaultwertes ist die Überschreitung der Bodenwasserhaltekapazität, siehe IPCC (2006a)-11.24, Table 11.3. Von einer solchen Überschreitung ist im Jahresmittel für ganz Deutschland auszugehen, da überall in Deutschland Grundwasserneubildung stattfindet (NEUMANN & WYCISK, 2002).

$$m_{\text{leach}} = m_{\text{N}} \cdot \text{Frac}_{\text{LEACH}} \quad (12.2)$$

$m_{\text{leach}}$	amount of N leached (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$m_{\text{N}}$	amount of N available (in $\text{Gg a}^{-1}$ ), see Eq. (12.3)
$\text{Frac}_{\text{LEACH}}$	fraction to describe the ratio of $m_{\text{leach}}$ to $m_{\text{N}}$ (in $\text{kg kg}^{-1}$ ), see text

The amount of N available ( $m_{\text{N}}$ ) is defined as follows:

Die N-Menge  $m_{\text{N}}$  setzt sich wie folgt zusammen:

$$m_{\text{N}} = m_{\text{fert}} + m_{\text{man}} + m_{\text{ec}} + m_{\text{graz}} + m_{\text{sl}} + m_{\text{cr}} \quad (12.3)$$

$m_{\text{N}}$	amount of N from which leaching is to be calculated (in $\text{Gg a}^{-1}$ )
$m_{\text{fert}}$	amount of fertilizer N applied (in $\text{Gg a}^{-1}$ ), see Chapter 11.1.1
$m_{\text{man}}$	amount of manure N available for spreading (in $\text{Gg a}^{-1}$ ), see Chapter 11.2.1
$m_{\text{ec}}$	amount of N available in digestate of energy crops to be spreaded (in $\text{Gg a}^{-1}$ ), see Chapter 11.3.1
$m_{\text{graz}}$	amount N excreted during grazing (in $\text{Gg a}^{-1}$ ), see Chapter 11.5.1
$m_{\text{sl}}$	amount of N in sewage sludge applied (in $\text{Gg a}^{-1}$ ), see Chapter 11.4.1
$m_{\text{cr}}$	amount of N available by decomposition of crop residues (minus straw N for bedding) (in $\text{Gg a}^{-1}$ ), see Chapter 11.7.1.1

The uncertainty of the activity data is a combination of the uncertainties of two input quantities.

The uncertainty (i. e. the standard error) of the N input data is assumed to be 30 %. A normal distribution seems to be appropriate.

For  $x_{\text{leach}}$  IPCC(2006)-11.24, Table 11.3 give an uncertainty range of  $0.1 \text{ kg kg}^{-1}$  to  $0.8 \text{ kg kg}^{-1}$ . This interval is assumed to be the 95 % confidence interval. The difference between the upper limit of the confidence interval and the emission factor amounts to 167 % of the emission factor. The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor is 67 % of the emission factor. According to IPCC(2006)-3.29 the higher percentage (167 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 14.6).

This leads, according to the calculation rules given in Chapter 14.2, to an overall uncertainty of the activity data of 170 %. Due to the asymmetry a lognormal distribution is assumed.

Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten ergibt sich aus der Kombination der Unsicherheiten zweier Einflussgrößen.

Die Unsicherheit (d. h. der Standardfehler) der N-Einträge wird dabei mit 30 % bei Normalverteilung angenommen.

Für  $x_{\text{leach}}$  wird in IPCC(2006)-11.24, Table 11.3 ein Unsicherheitsbereich von  $0,1$  bis  $0,8 \text{ kg kg}^{-1}$  angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Dabei entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor 167 % des Emissionsfaktors, das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor 67 %. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, also 167 %.

Daraus ergibt sich nach der in Kapitel 14.2 beschriebenen Berechnungsmethode eine Gesamtunsicherheit der Aktivitätsdaten von 170 %. Aufgrund der Asymmetrie wird Lognormalverteilung angenommen..

### 12.2.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The N<sub>2</sub>O emissions are calculated using a Tier 1 methodology according to IPCC(2006)-11.21, Equation 11.10:

Die N<sub>2</sub>O-Emissionen werden nach IPCC(2006)-11.21, Gleichung 11.10, mit einem Stufe-1-Verfahren berechnet:

$$E_{\text{N}_2\text{O-N, leach}} = m_{\text{leach}} \cdot EF_{\text{N}_2\text{O-N, leach}} \quad (12.4)$$

$E_{\text{N}_2\text{O-N, leach}}$	N <sub>2</sub> O-N emissions due to leaching and runoff (in Gg a <sup>-1</sup> )
$m_{\text{leach}}$	amount of N leached (in Gg a <sup>-1</sup> ), see Chapter 12.2.1
$EF_{\text{N}_2\text{O-N, leach}}$	N <sub>2</sub> O-N emission factor for N from leaching and runoff (in kg kg <sup>-1</sup> )

The N<sub>2</sub>O-N emission factor is 0.0075 kg kg<sup>-1</sup>, see IPCC (2006)-11.24, Table 11.3.

Der N<sub>2</sub>O-N-Emissionsfaktor ist 0,0075 kg kg<sup>-1</sup>, siehe IPCC (2006)-11.24, Table 11.3.

In IPCC(2006)-11.24, Table 11.3, an uncertainty range of 0.005 kg kg<sup>-1</sup> to 0.025 kg kg<sup>-1</sup> is given for the N<sub>2</sub>O-N emission factor. The latter is assumed to be the 95 % confidence interval. The difference between the upper limit of the confidence interval and the emission factor amounts to (rounded) 230 % of the emission factor. The difference between the lower limit of the confidence interval and the emission factor is (rounded) 90 % of the emission factor. According to IPCC(2006)-3.29 the higher percentage (230 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 14.6). Due to the asymmetry a lognormal distribution is assumed.

In IPCC(2006)-11.24, Table 11.3, wird für den Emissionsfaktor ein Unsicherheitsbereich von 0,0005 kg kg<sup>-1</sup> bis 0,025 kg kg<sup>-1</sup> angegeben. Dieser wird als 95 %-Konfidenzintervall aufgefasst. Dabei entspricht das Intervall zwischen oberer Konfidenzintervall-Grenze und verwendetem Emissionsfaktor rund 230 % des Emissionsfaktors, das Intervall zwischen unterer Konfidenzintervall-Grenze und Emissionsfaktor rund 90 %. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, also 230 %. Aufgrund der Asymmetrie wird Lognormalverteilung angenommen.

### 12.3 International comparison of data / Internationaler Datenvergleich

Within the framework of quality assurance a comparison of input data and inventory results was made on European level. (For details of the procedure of the comparison see Chapter 4.3.10.)

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleuropäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.10.)

The international comparison of the indirect N<sub>2</sub>O emissions is made along with the comparison of the direct N<sub>2</sub>O emissions, see Chapter 11.14.

Der internationale Vergleich für indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen erfolgt zusammen mit dem Vergleich der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen in Kapitel 11.14.

### 12.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

**Table 12.2: Indirect N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils, related tables provided in the data collection**

			from	to
Emissions	Emissionen	N <sub>2</sub> O, indirect, deposition	EM1001.17	EM1001.19
		N <sub>2</sub> O, indirect, leaching	EM1001.14	EM1001.16
Activity data	Aktivitäten	N deposited	AC1001.21	AC1001.23
		N input liable to leaching	AC1001.18	AC1001.20
Emission factors	Emissionsfaktoren	N <sub>2</sub> O, indirect, deposition	IEF1001.15	
		N <sub>2</sub> O, indirect, leaching	IEF1001.14	



## 13 Fractions / Verhältniszahlen

The fractions described in the following have to be reported within the framework of IPCC (2006) emission reporting (CRF Table 3.D).

### 13.1 $\text{Frac}_{\text{GASF}}$

According to IPCC (2006)-11.21, Equation 11.9,  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  is defined as the fraction of total N in synthetic fertilizers applied that is emitted as  $\text{NH}_3\text{-N}$  and  $\text{NO-N}$ .

In the German inventory the quantity  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  is not used as an input parameter. It is back-calculated from input and output data once the emission calculations are terminated.

The average  $\text{NH}_3\text{-N}$  emission factor for mineral fertilizers is more than three times the  $\text{NO-N}$  emission factor.  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  is thus primarily determined by  $\text{NH}_3\text{-N}$  and, because of the different  $\text{NH}_3$  emission factors of the various mineral fertilizer types, especially by the mineral fertilizer mix of the respective year: Because of the comparatively high emission factor of urea (see Chapter 11.1.2.1) there is a very good correlation of  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  with the relative ratio  $u_{\text{N}}$  of urea-N to total mineral fertilizer N (data from the years 1990 to 2016,  $R^2 = 99.6\%$ ):  $\text{Frac}_{\text{GASF}} = 0.0266 + 0.1093 \cdot u_{\text{N}}$ .

As an example, the German  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  value of 2014 is given in Chapter 11.14. For the complete time series see the reference information in Chapter 13.5.

### 13.2 $\text{Frac}_{\text{GASM}}$

According to IPCC (2006)-11.21, Equation 11.9,  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  is the fraction of total N applied with animal manures, digestate (digestate of manure and energy crops), sewage sludge and by grazing that is emitted as  $\text{NH}_3\text{-N}$  and  $\text{NO-N}$ . (The  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  definition in CRF 3.D is not the same as this definition and is thus ignored in German reporting.)

In the German inventory the quantity  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  is not used as an input parameter. It is back-calculated from input and output data once the emission calculations are terminated.

As an example, the German  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  value of 2014 is given in Chapter 11.14. For the complete time series see the reference information in Chapter 13.5.

### 13.3 $\text{Frac}_{\text{LEACH}}$

$\text{Frac}_{\text{LEACH}}$  is defined as the relative fraction of N inputs into the soil that is lost via leaching and surface runoff ( $\text{Frac}_{\text{LEACH}} = m_{\text{leach}}/m_{\text{soil}}$ ; for  $m_{\text{leach}}$  and  $m_{\text{soil}}$  see Chapter 12.2.1).

In the German inventory,  $\text{Frac}_{\text{LEACH}}$  is an input value. The IPCC default value  $\text{Frac}_{\text{LEACH}} = 0.30 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC (2006)-11.24, Table 11.3) is used.

Die nachstehend beschriebenen Verhältniszahlen sind in der Treibhausgas-Emissionsberichterstattung nach IPCC (2006) zu berichten (CRF-Tabelle 3.D).

$\text{Frac}_{\text{GASF}}$  ist nach IPCC (2006)-11.21, Gleichung 11.9, der Anteil der mit Mineraldüngern ausgebrachten N-Menge an, der als  $\text{NH}_3\text{-N}$  und  $\text{NO-N}$  emittiert wird.

Die Größe  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  wird im deutschen Inventar nicht als Eingangsgröße verwendet, sondern für die Berichterstattung nachträglich aus Ein- und Ausgabedaten der abgeschlossenen Emissionsberechnung ermittelt.

Der mittlere  $\text{NH}_3\text{-N}$ -Emissionsfaktor für Mineraldünger ist gut dreimal so groß wie der  $\text{NO-N}$ -Emissionsfaktor.  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  wird also vorrangig durch  $\text{NH}_3\text{-N}$  bestimmt und dabei, wegen der unterschiedlichen  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren der verschiedenen Mineraldüngerarten, vor allem durch den Mineraldüngermix des jeweiligen Jahres: Wegen des vergleichsweise hohen Emissionsfaktors von Harnstoff (siehe Kapitel 11.1.2.1) ergibt eine sehr gute Korrelation von  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  mit dem relativen Verhältnis  $u_{\text{N}}$  von Harnstoff-N zu Gesamtmineraldünger-N (Daten der Jahre 1990 bis 2016,  $R^2 = 99,6\%$ ):  $\text{Frac}_{\text{GASF}} = 0,0266 + 0,1093 \cdot u_{\text{N}}$ .

Kapitel 11.14 zeigt beispielhaft den deutschen  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$ -Wert für 2014. Zur vollständigen Zeitreihe siehe den Hinweis in Kapitel 13.5.

$\text{Frac}_{\text{GASM}}$  ist nach IPCC (2006)-11.21, Gleichung 11.9, der Anteil der mit Wirtschaftsdünger, Gärresten (von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen), Klärschlämmen und durch Weidegang ausgebrachten N-Menge, der als  $\text{NH}_3\text{-N}$  und  $\text{NO-N}$  emittiert wird. (Die  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ -Definition in CRF 3.D entspricht nicht dieser Definition und wird in der deutschen Berichterstattung ignoriert.)

Die Größe  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$  wird im deutschen Inventar nicht als Eingangsgröße verwendet, sondern für die Berichterstattung aus Ein- und Ausgabedaten der abgeschlossenen Emissionsberechnung ermittelt.

Kapitel 11.14 zeigt beispielhaft den deutschen  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ -Wert für 2014. Zur vollständigen Zeitreihe siehe den Hinweis in Kapitel 13.5.

$\text{Frac}_{\text{LEACH}}$  gibt den relativen Anteil des N-Eintrags in Böden an, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren geht ( $\text{Frac}_{\text{LEACH}} = m_{\text{leach}}/m_{\text{soil}}$ ; zu  $m_{\text{leach}}$  und  $m_{\text{soil}}$  siehe Kapitel 12.2.1).

$\text{Frac}_{\text{LEACH}}$  ist im deutschen Inventar eine Eingangsgröße. Es wird der IPCC-Defaultwert  $\text{Frac}_{\text{LEACH}} = 0,30 \text{ kg kg}^{-1}$  (IPCC (2006)-11.24, Tabelle 11.3) verwendet.

13.4 International comparison of data / Internationaler Datenvergleich

Within the framework of quality assurance a comparison of input data and inventory results was made on European level. (For details of the procedure of the comparison see Chapter 4.3.10.)  
The international comparison of the Frac parameters is made along with the comparison of the direct N<sub>2</sub>O emissions, see Chapter 11.14.

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleuropäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.10.)  
Der internationale Vergleich der Frac-Größen erfolgt zusammen mit dem Vergleich der direkten N<sub>2</sub>O-Emissionen in Kapitel 11.14.

13.5 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 13.1: Fractions Frac<sub>x</sub>, related tables provided in the data collection

Frac <sub>GASF</sub>	AI1001.01
Frac <sub>GASM</sub>	AI1001.02

## 14 Overall emission inventory uncertainty / Emissionsinventar-Gesamtunsicherheit

### 14.1 Overview / Überblick

In parallel to the establishment of the inventory, the total uncertainties of the German agricultural GHG emission inventory and of the German agricultural Ammonia emission inventory were calculated according to IPCC (2006a) and EMEP (2016), respectively.

These uncertainties are a measure for the accuracy (precision) of the inventory results, but not for the correctness, as is discussed in IPCC (2006a). (Correctness is a question of systematic errors (e. g. in the derivation of modelling parameters) that cannot be judged by analysis of uncertainties arising from random errors in activity data and emission factors.)

The assessment of the overall uncertainty of the emissions is achieved by combining the uncertainties (amount and type of distribution) of the respective implied emission factors (IEF) and activity data (animal numbers, areas). The measure of uncertainty is described in Chapter 14.2.

The quantification of the overall uncertainty of the national GHG and ammonia inventories is difficult and complex due to the multitude of emission generating processes. In addition, the number of input parameters is vast; as a rule they do not exhibit normal distributions and they do not always satisfy the criterion of being independent from each other.

The only method to correctly solve the problem is the Monte Carlo methodology as described in IPCC (2006a) as Approach 2. Monte Carlo calculations are very time intensive and costly. Therefore, IPCC (2006a) also provides a simpler estimate (Approach 1) that is based on Gaussian error propagation calculations. By convention, this simpler approach allows the use of the Gaussian error calculation irrespective of the fact that in some cases the input data are not independent and that normal distribution often is not existent.

As in the report at hand Approach 1 is used to estimate the overall uncertainty of the national GHG and NH<sub>3</sub> inventories (the EMEP (2016) methodology is nearly identical to Approach 1 of IPCC (2006a)), the rules of the Gaussian error propagation calculation are described in Chapter 14.2 along with a description of the calculation of the 95 % confidence interval.

The application of Approach 1 in the agricultural inventory assumes that the emission factors are correlated over the years, whereas the activity data are not. Thus, the calculation scheme described in IPCC (2006a)-3.31 is used without modification.

Chapters 14.3 bis 14.5 discuss the uncertainties of all relevant implied emission factors.

The resulting overall uncertainties (amounts and trends of GHG and NH<sub>3</sub>) are provided in Chapters 14.6 and 14.7.

Parallel zu den Emissionberechnungen erfolgte die Berechnung der Gesamtunsicherheiten des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars und des deutschen landwirtschaftlichen Ammoniak-Inventars nach IPCC (2006a) bzw. EMEP (2016).

Diese Unsicherheiten sind ein Maß für die Genauigkeit (Präzision) der Inventarergebnisse, nicht aber für die Korrektheit, siehe IPCC (2006a)-3.8. (Korrektheit ist eine Frage von systematischen Fehlern, z. B. in der Ableitung von Modellparametern, und kann nicht anhand von Unsicherheiten beurteilt werden, die aus zufälligen Fehlern in Eingangsdaten und Emissionsfaktoren folgen.)

Zur Beurteilung der Unsicherheit der nationalen Gesamtemission einer Spezies werden – neben der Unsicherheit der Aktivität (Tierzahl, Fläche) – die Unsicherheiten (Betrag und Verteilungstyp) von aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) benötigt. Zur Wahl des Unsicherheitsmaßes siehe Kapitel 14.2.

Die Ermittlung der Gesamtunsicherheit von nationalem THG-Inventar und nationalem NH<sub>3</sub>-Inventar ist wegen der Vielzahl und Komplexität der emissionserzeugenden Prozesse sowie der großen Anzahl der eingehenden, i. d. R. nicht-normalverteilten und auch nicht immer voneinander unabhängigen Größen und deren Unsicherheiten eine komplexe Aufgabe.

Die einzige Methode zur korrekten Bewältigung dieser Aufgabe ist die Monte-Carlo-Methode, die in IPCC (2006a) als Approach 2 genannt wird. Monte-Carlo-Berechnungen sind sehr aufwändig, weshalb IPCC (2006a) auch eine einfache Schätzmethode (Approach 1) angibt, basierend auf den Regeln der Gaußschen Fehlerrechnung. Dieses vereinfachte Verfahren vernachlässigt per Konvention, dass die Gaußsche Fehlerrechnung unabhängige und normalverteilte Größen voraussetzt.

Da Approach 1 im vorliegenden Bericht zur Schätzung der Gesamtunsicherheit von nationalem THG-Inventar und nationalem NH<sub>3</sub>-Inventar eingesetzt wird (die EMEP (2016)-Methodik entspricht weitgehend dem Approach 1 von IPCC (2006a)), werden in Kapitel 14.2 die Rechenregeln der Gaußschen Fehlerrechnung beschrieben und um die Beschreibung der Berechnung des 95 %-Konfidenzintervalls ergänzt.

Die Anwendung des Approach 1 im landwirtschaftlichen Inventar geht davon aus, dass die Emissionsfaktoren über die Jahre miteinander korreliert sind, während die Aktivitätsdaten es nicht sind. Damit kommt direkt das Rechenschema zum Einsatz, das in IPCC (2006a)-3.31 beschrieben ist.

Die Kapitel 14.3 bis 14.5 gehen auf die Unsicherheiten aller relevanten aggregierten Emissionsfaktoren ein.

Die resultierenden Gesamtunsicherheiten des Inventars (Höhe der Emissionen und Trend bei THG und NH<sub>3</sub>) finden sich in Kapitel 14.6 und 14.7.

## 14.2 Gaussian error propagation and 95 % confidence interval / Gaußsche Fehlerfortpflanzung und 95 %-Konfidenzintervall

The standard error  $s(y)$  of a quantity  $y$  which is calculated from a number of quantities  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), is derived from the standard errors of the input data  $s(x_i)$  using the Gaussian error propagation procedure:

$$s(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial y}{\partial x_i} \cdot s(x_i) \right)^2} \quad (14.1)$$

The relative standard error  $r(y)$  is defined by

$$r(y) = \frac{s(y)}{y} \quad (14.2)$$

If  $y$  is a sum of  $n$  quantities  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) that can have positive or negative signs, Equations (14.1) und (14.2) lead to the following calculation procedure for the combined relative standard error:

$$r(y) = \frac{\sqrt{[r(x_1) \cdot x_1]^2 + [r(x_2) \cdot x_2]^2 + \dots + [r(x_n) \cdot x_n]^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|} \quad (14.3)$$

If  $y$  is a product of  $n$  quantities  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ), Equations (14.1) und (14.2) lead to the following calculation procedure for the combined relative standard error :

$$r(y) = \sqrt{[r(x_1)]^2 + [r(x_2)]^2 + \dots + [r(x_n)]^2} \quad (14.4)$$

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 standard error calculated using Equation (14.1) becomes  $s(y') = c \cdot s(y)$ . Hence, it can be derived from Equation (14.2) that the relative standard error of  $y'$  equals that of  $y$ :  $r(y') = r(y)$ .

Any calculation combining the basic arithmetical operations can be dealt with by combining step by step the error propagation methods described above. However, this leads only to an approximation to the correct value that would be obtained from a strict application of Equation (14.1).

Instead of the standard error  $r(y)$ , IPCC (2006a) und EMEP (2016) require half the 95 % confidence interval to be reported as uncertainty, expressed as percentage of the mean value. In the following this quantity is denoted  $U(y)$ .

For a normal distribution half the 95 % confidence interval is about twice the value of the standard error (IPCC (2006a)-3.17). Using this approximation and Equations (14.1) und (14.2) one obtains for  $U(y)$  the following equation that is used in the inventory (in % units):

Der Standardfehler  $s(y)$  einer Größe  $y$ , die sich aus mehreren Größen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) berechnet, ergibt sich nach dem Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetz aus den Standardfehlern  $s(x_i)$  der eingehenden Größen:

Für den relativen Standardfehler  $r(y)$  gilt:

Wenn  $y$  eine Summe von  $n$  Größen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) ist, wobei die  $x_i$  auch negativ sein können, führen Gleichung (14.1) und (14.2) zur folgenden Regel für den kombinierten relativen Standardfehler:

Wenn  $y$  ein Produkt aus  $n$  Größen  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) ist, führen die Gleichungen (14.1) und (14.2) zur folgenden Regel für den kombinierten relativen Standardfehler:

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  $c$  zu  $y' = c \cdot y$ , so ergibt sich aus Gleichung (14.1) der Standardfehler mit  $s(y') = c \cdot s(y)$ . Damit folgt schließlich aus Gleichung (14.2), dass der relative Standardfehler von  $y'$  gleich demjenigen von  $y$  ist:  $r(y') = r(y)$ .

Soll für eine Berechnung, in der die vier Grundrechenarten kombiniert sind, eine Fehlerfortpflanzungsrechnung durchgeführt werden, ist eine schrittweise Kombination der oben angeführten Regeln möglich. Das Ergebnis ist allerdings nur eine Näherung des korrekten Ergebnisses von Gleichung (14.1).

Nach IPCC (2006a) und EMEP (2016) ist nicht der relative Standardfehler  $r(y)$  als Unsicherheit zu berichten, sondern das halbe 95 %-Konfidenzintervall, dividiert durch den Mittelwert und als Prozentzahl ausgedrückt. Diese Größe wird hier mit dem Symbol  $U(y)$  bezeichnet.

Bei einer Normalverteilung entspricht das halbe 95 %-Konfidenzintervall näherungsweise dem Zweifachen des Standardfehlers (IPCC (2006a)-3.17). Mit dieser Näherung und den Gleichungen (14.1) und (14.2) ergibt sich für  $U(y)$  die im Inventar verwendete Rechenvorschrift ( $U(y)$  mit der Einheit %:

$$U(y) = 100 \cdot 2 \cdot r(y) \quad (14.5)$$

As the factors (100 and 2) are constant, the calculation rules derived for  $r(y)$  (see Equation (14.3) and (14.4)) apply to  $U(y)$  as well, see IPCC (2006a)-3.28 and EMEP (2016), Part A, Chapter 5, Equations (2) and (3).

The approximative method „Approach 1“ given by IPCC (2006) for the estimation of the total uncertainty of the GHG inventory applies the Gaussian error propagation method also to quantities that are not normally distributed. Such quantities can be emission factors, the 95 % confidence interval of which is often defined by  $[M/X_1, M \cdot X_2]$  where  $M$  is the mean emission factor and  $X_1$  und  $X_2$  are given factors  $> 1$  (often with  $X_2 = X_1$ ). Hence, the error distribution is asymmetric with two different “halves” of the 95 % confidence interval:  $U_{\text{low}}$  below the mean value and  $U_{\text{high}}$  above the mean value. The  $U_{\text{low}}$  and  $U_{\text{high}}$  are given by (in percent of the mean value):

$$U_{\text{low}} = 100 \cdot \left( 1 - \frac{1}{X_1} \right) \quad (14.6)$$

$$U_{\text{high}} = 100 \cdot (X_2 - 1) \quad (14.7)$$

The application of the calculation rules (14.3) and (14.4) to combine partial uncertainties can lead to large uncertainties. If this is the case, it can be assumed the error distribution is not normal. For this specific case, IPCC (2006a), Chapter 3.7.3, provides a correction method for the resulting uncertainty and a specific method for the estimation of  $U_{\text{low}}$  and  $U_{\text{high}}$ . The latter leads to an increase of the  $U$  values calculated without the method. It applies, however only to  $U$  values lower than 230 %. However, the inventory at hand has  $U$  values up to 400 %, so that the forementioned correction method could not be applied. Hence, in order to avoid inconsistencies, the German inventory did not use any corrections of the  $U$  values.

IPCC (2006a)-3.29 requires for asymmetric error distributions that, when using the Approach 1 method, the larger of the two intervals  $U_{\text{low}}$  and  $U_{\text{high}}$  be used (see specifications in IPCC (2006a) to fill the columns E and F in IPCC Table 3.2).

Da die Faktoren (100 und 2) konstant sind, sind die für  $r(y)$  abgeleiteten Rechenregeln (14.3) und (14.4) direkt auch für  $U(y)$  anwendbar, siehe IPCC (2006a)-3.28 und EMEP (2016), Part A, Kapitel 5, Gleichungen (2) und (3).

Der IPCC-Näherungsansatz „Approach 1“ zur Abschätzung der Gesamtunsicherheit des THG-Emissionsinventars wendet die Gaußsche Fehlerrechnung auch auf nicht normalverteilte Größen an. Dies betrifft z. B. Emissionsfaktoren, deren 95 %-Konfidenzintervall oftmals durch  $[M/X_1, M \cdot X_2]$  charakterisiert wird, wobei  $M$  der Mittelwert des Emissionsfaktors ist und  $X_1$  und  $X_2$  feste Faktoren  $> 1$  sind (wobei oftmals  $X_2 = X_1$ ). Es handelt sich dann also um eine asymmetrische Verteilung mit zwei unterschiedlichen „Hälften“ des 95 %-Konfidenzintervalls:  $U_{\text{low}}$  unterhalb und  $U_{\text{high}}$  oberhalb des Mittelwertes  $M$ , beide Größe in Prozent des Mittelwertes:

Entstehen durch die Anwendung der Rechenregeln (14.3) und (14.4) große Unsicherheiten aus der Kombination von Teil-Unsicherheiten, ist davon auszugehen, dass es sich nicht um eine Normalverteilung des Fehlers handelt. Für diesen Fall bietet IPCC (2006a), Kapitel 3.7.3, ein Korrekturverfahren für die resultierende Unsicherheit sowie ein besonderes Schätzverfahren zur Berechnung von  $U_{\text{low}}$  und  $U_{\text{high}}$  an. Dieses Korrekturverfahren führt zu einer Vergrößerung der  $U$ -Werte, kann aber nur für  $U$ -Werte kleiner als 230 % angewendet werden. Da im vorliegenden Inventar aber auch  $U$ -Werte größer als 400 % vorkommen, für die dann keine Korrektur möglich wäre, wurde zur Vermeidung von Inkonsistenzen generell auf eine  $U$ -Korrektur verzichtet.

Für asymmetrische Fehler-Verteilungen schreibt IPCC (2006a)-3.29 vor (siehe dortige Vorschrift zum Füllen der Spalten E und F in IPCC-Tabelle 3.2), dass bei Anwendung der Approach-1-Methode von den beiden Intervallen  $U_{\text{low}}$  und  $U_{\text{high}}$  das größere zu verwenden ist.

## 14.3 IEF uncertainty for methane / IEF-Unsicherheit für Methan

### 14.3.1 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For the calculation of methane emissions from enteric fermentation see also Chapter 3.3.2. The assessment of the respective uncertainty using the Gaussian error propagation calculation remains problematic as not all input data can be characterized by adequate uncertainties. Hence, the uncertainty of the emission factor is fixed to 20 % in accordance with IPCC(2006)-10.33 (30 % for sheep and goats).

Die Berechnung von Methanemissionen aus der Verdauung erfolgt nach Kapitel 3.3.2. Die Ermittlung der Unsicherheit des Emissionsfaktors ist mithilfe 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 % für Schafe und Ziegen).

### 14.3.2 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 3.3.4.1. Again, many of the input data cannot be characterized by their uncertainties. Hence, a Gaussian error propagation cannot be applied. Instead, the uncertainty (half the 95 % confidence interval) of 20 % as recommended by IPCC(2006)-10.48 is used.

Zur Berechnung von Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 3.3.4.1. Nicht für alle eingehenden Größen sind Unsicherheiten bekannt, so dass die Gaußschen Fehlerfortpflanzungsrechnung nicht angewendet werden kann. Es wird stattdessen nach IPCC(2006)-10.48 eine Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) von 20 % angesetzt.

## 14.4 IEF uncertainties for N<sub>2</sub>O, NO and N<sub>2</sub> / IEF-Unsicherheiten für N<sub>2</sub>O, NO und N<sub>2</sub>

### 14.4.1 IEF uncertainty for N<sub>2</sub>O from manure management / IEF-Unsicherheit für N<sub>2</sub>O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of the uncertainty  $U$  (half the 95 % confidence interval) of the IEF for N<sub>2</sub>O emissions from manure management uses the Gaussian error propagation calculation on national scale. Following Approach 1 (see Chapter 14.1) it is assumed that the preconditions for the application of the Gaussian error propagation be satisfied. According to Equation (14.5)  $U$  can be derived from the relative standard error  $r$  the calculation of which is described in the following.

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:

Die Berechnung der Unsicherheit  $U$  (halbes 95 %-Konfidenzintervall) des IEF für N<sub>2</sub>O-Emission aus dem Wirtschaftsdünger-Management beruht auf der Anwendung des Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetzes auf nationaler Ebene. Im Sinne von Approach 1 (siehe Kapitel 14.1) wird angenommen, dass die Voraussetzungen dafür erfüllt seien. Nach Gleichung (14.5) lässt sich  $U$  auf den relativen Fehler  $r$  zurückführen. Dieser wird im Folgenden abgeleitet.

Die im Inventar verwendeten N<sub>2</sub>O-Emissionsfaktoren beziehen sich auf die ausgeschiedene N-Menge. Daher gilt für den auf den Tierplatz bezogenen aggregierten Emissionsfaktor (IEF):

$$IEF_{N_2O-N, MM} = N_{\text{housing}} \cdot EF_{N_2O-N, MM} \quad (14.8)$$

$IEF_{N_2O-N, MM}$	implied N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$N_{\text{housing}}$	N excreted in the house (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{N_2O-N, MM}$	partial N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management, related to N (in kg kg <sup>-1</sup> )

Then, according to Chapter 14.2, the relative standard error of the IEF is given by:

Nach Kapitel 14.2 gilt dann für die relative Standardfehler:

$$r(IEF_{N_2O-N, MM}) = \sqrt{r^2(N_{\text{housing}}) + r^2(EF_{N_2O-N, MM})} \quad (14.9)$$

$r(IEF_{N_2O-N, MM})$	relative standard error of the implied N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg kg <sup>-1</sup> )
$r(N_{\text{housing}})$	relative standard error of the amount of N excreted in the house (in kg kg <sup>-1</sup> )
$r(EF_{N_2O-N, MM})$	relative standard error of the partial N <sub>2</sub> O-N emission factor for manure management (in kg kg <sup>-1</sup> )

IPCC (2006), Table 10.21, describes the uncertainty range of the emission factors of direct N<sub>2</sub>O from all management systems with non-zero emission factors

IPCC (2006), Tabelle 10.21, gibt für die von Null verschiedenen Emissionsfaktoren für direktes N<sub>2</sub>O aus allen Managementsystemen einen Unsicherheitsfaktor von 2

with a factor of 2, i. e. from -50 % to +100 %. These are the boundaries of the 95 % confidence interval. According to the convention for Approach 1, the larger of the two percentages is to be applied in the calculation of the overall uncertainty of the GHG inventory (see Chapter 14.2), i.e. +100 %, corresponding to 50 % for the relative standard error.

The methodologies for the calculations of N excretions have continuously been improved during the past years. The results have been checked to meet with N excretions reported in the literature. Hence, it is assumed that the uncertainty of calculated N be adequately characterized by 5 % (half the 95 % confidence interval, the standard error being ca. 2.5 %). It is assumed that N excretions directly adopted from literature (only for a small number of animal categories) do not have higher uncertainties.

Based on this data Equation (14.9) leads to a relative standard error of the IEF of slightly more than 50 %. This means that in comparison to the relative standard error of the emission factor the relative standard error of the N excretion rates seem to be negligible. Correspondingly, the 95 % confidence interval of the IEF is assumed to be equivalent to that of the partial emission factor, i.e. -50 % and +100 %. As mentioned above, the Approach 1 estimate of the overall uncertainty of the GHG inventory uses the higher percentage only, i.e. 100 %. A lognormal distribution is assumed.

However, the definition described above has to be modified for mammals, as from Submission 2013 onwards a national partial emission factor for solid manure systems is used (VANDRÉ et al, 2012, 2013). For this new emission factor the boundaries of the 95 % confidence interval are -66 % and +291 %, with a lognormal distribution. Again, the larger percentage is to be used in the uncertainty assessment of the GHG. This rounds up to 300 %. Based on the rounding effect it can be assumed that the uncertainty of the N excretion rates can be considered included. By analogy, the lower boundary is rounded to 70 %. It is used by Umweltbundesamt for a Monte Carlo calculation (Approach 2, see IPCC (2006a), Chapter 3.2.3).

Calculating the overall uncertainty of the GHG inventory with Approach 1 requires the knowledge of the total uncertainty of the mean IEF describing slurry and solid manure systems. Here, the calculation with the Gaussian error propagation method would be very complex. The potential advantage of this work would not justify the time required; it would be out of all proportion to the simplicity of Approach 1. Therefore the estimate of the overall uncertainty of the GHG inventory makes use of the fact that for those animal categories with predominating slurry-based systems (dairy cows, other cattle and pigs) the upper boundary of the 95 % confidence interval is fixed to 100 %, whereas 300 % are assumed for sheep, goats and horses.

an, der einer Unsicherheit von -50 % / + 100 % entspricht. Diese Werte begrenzen das 95 %-Konfidenzintervall. Gemäß der Konvention für das Approach-1-Verfahren zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars (siehe Kapitel 14.2) ist das größere der beiden Intervalle zu verwenden, also +100 %, was 50 % für den relativen Standardfehler entspricht.

Für die im Inventar berechneten N-Ausscheidungen wird aufgrund der in den letzten Jahren immer weiterentwickelten und mit Ausscheidungsdaten aus der Literatur abgestimmten Methodik eine Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) von 5 % für angemessen erachtet. Dies entspricht einem Standardfehler von ca. 2,5 %. Es wird davon ausgegangen, dass die nur für wenige Tierkategorien aus der Literatur direkt entnommenen N-Ausscheidungswerte keine höhere Unsicherheit aufweisen.

Damit ergibt sich mit Gleichung (14.9) ein relativer Standardfehler des IEF von knapp über 50 %. Der Einfluss des relativen Standardfehlers der N-Ausscheidung ist also praktisch vernachlässigbar im Vergleich zum relativen Standardfehler des Emissionsfaktors. Dementsprechend wird das 95 %-Konfidenzintervall des IEF demjenigen für den partiellen Emissionsfaktor gleich gesetzt: -50 % / + 100 %. In die Abschätzung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars geht wie oben erwähnt nur der höhere Prozentbetrag (100 %) ein. Es wird lognormale Verteilung angenommen.

Die vorstehende Festlegung muss allerdings für Säugetiere modifiziert werden, da für diese seit Submission 2013 ein nationaler partieller Emissionsfaktor für Festmistsysteme verwendet wird (VANDRÉ et al., 2012, 2013). Für diesen liegen die Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalles bei -66 % / +291 % (Lognormal-Verteilung). Auch hier geht der höhere Prozentbetrag in die Unsicherheitsberechnung für das THG-Inventar ein und wird dazu auf 300 % gerundet. Aufgrund des Rundungseffektes kann die Unsicherheit der N-Ausscheidung als enthalten gelten. Analog wird die untere Grenze, die vom Umweltbundesamt für eine Unsicherheitsberechnung mithilfe der Monte-Carlo-Methode (Approach 2, siehe IPCC (2006a), Kapitel 3.2.3) benötigt wird, auf -70 % gerundet.

Das Schema von Approach 1 zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars verlangt die Vorgabe der Unsicherheit für den über gülle- und festmistbasierte Systeme gemittelten IEF. Die Berechnung mithilfe der Gaußschen Fehlerrechnung wäre sehr komplex und der dafür erforderliche Aufwand stünde in keinem Verhältnis zur sonstigen Einfachheit von Approach 1. Daher wird in der Schätzung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars vereinfachend für alle durch Flüssigmist dominierten Tierkategorien (Milchkühe, andere Rinder und Schweine) die obere Grenze des 95 %-Konfidenzintervalles auf 100 % gesetzt, während für Schafe, Ziegen und Pferde der Wert 300 % gewählt wird.



#### 14.4.2 IEF uncertainty for NO and N<sub>2</sub> from manure management / IEF-Unsicherheit für NO und N<sub>2</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The ZSE data base of Umweltbundesamt requires uncertainties for NO and N<sub>2</sub> emission factors. No default values are available. However, as the NO and N<sub>2</sub> emissions are calculated proportional to the N<sub>2</sub>O emissions, the uncertainties of the N<sub>2</sub>O emission factors as described in Chapter 14.4.1 are applied to these gases. This also applies to the distribution.

Angaben zur Unsicherheit des IEF für NO und N<sub>2</sub> werden für die ZSE-Datenbank des Umweltbundesamtes benötigt. Allerdings sind keine Defaultangaben verfügbar. Da die Emissionen von NO und N<sub>2</sub> im deutschen Inventar proportional zu den Emissionen von N<sub>2</sub>O berechnet werden, werden die in Kapitel 14.4.1 beschriebenen N<sub>2</sub>O-Unsicherheiten sowie die Verteilungsform übernommen.

#### 14.4.3 IEF uncertainty for N<sub>2</sub>O from agricultural soils / IEF-Unsicherheit für N<sub>2</sub>O aus landwirtschaftlichen Böden

Direct N<sub>2</sub>O emissions are reported for the following sources:

- application of mineral fertilizer,
- application of animal manures,
- application of sewage sludge,
- application of digestate of energy crops,
- animal grazing,
- crop residues,
- cultivation of histosols.

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(2006a)-3.29 proposes to use the higher percentage between mean and the limits of confidence. The resulting uncertainties are given in Table 14.1.

Indirect emissions originate from the deposition of reactive nitrogen as well as from runoff and leaching of N.

For the uncertainties listed in Table 14.1 see Chapters 12.1.2 and 12.2.2.

Für die folgenden Quellen werden direkte N<sub>2</sub>O-Emissionen berichtet:

- Ausbringung von Mineraldünger,
- Ausbringung von Wirtschaftsdünger,
- Ausbringung von Klärschlamm,
- Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten,
- Weidegang,
- Ernterückstände,
- Bewirtschaftung organischer Böden.

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(2006a)-3.29, die größere Prozentzahl zwischen Mittelwert und Konfidenzgrenze verwendet, siehe Table 14.1.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen entstehen infolge von Deposition von reaktivem Stickstoff, sowie aus ausgewaschenem und abgeflossenem N.

Zu den in Table 14.1 eingehenden Unsicherheiten siehe Kapitel 12.1.2 und 12.2.2.

## 14.5 IEF uncertainty for NH<sub>3</sub> from manure management / IEF-Unsicherheit für NH<sub>3</sub> aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of the uncertainty  $U$  (half the 95 % confidence interval) of the implied emission factor  $IEF_{\text{NH}_3\text{-N, MM}}$  for NH<sub>3</sub> emissions from manure management without spreading (i.e. for the emissions from housing plus storage) is based on the partial NH<sub>3</sub> emission factors and the different amounts of TAN present at housing and storage. Following Approach 1 (see Chapter 14.1) it is assumed that the preconditions for the application of the Gaussian error propagation be satisfied. According to Equation (14.5)  $U$  can be derived from the relative standard error  $r$  the calculation of which is described in the following. In order to simplify notation, indices are introduced to denote the origin of the emissions from the house (1) and the storage system (2):

$$IEF_{\text{NH}_3\text{-N, MM}} = IEF_{\text{NH}_3\text{-N, 1}} + IEF_{\text{NH}_3\text{-N, 2}} \quad (14.10)$$

$IEF_{\text{NH}_3\text{-N, MM}}$	implied NH <sub>3</sub> -N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$IEF_{\text{NH}_3\text{-N, j}}$	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)

Each implied emission factor is defined as

Dabei ist jeder IEF wie folgt definiert:

$$IEF_{\text{NH}_3\text{-N, j}} = \text{TAN}_j \cdot EF_{\text{NH}_3\text{-N, j}} \quad (14.11)$$

$IEF_{\text{NH}_3\text{-N, j}}$	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)
$\text{TAN}_j$	TAN entering compartment j (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{NH}_3\text{-N, j}}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )

According to the N flow scheme (see Chapter 3.3.4.3.5)  $\text{TAN}_2$  is defined by:

Gemäß dem N-Fluss-Schema (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) gilt für  $\text{TAN}_2$ :

$$\text{TAN}_2 = \text{TAN}_1 \cdot (1 - EF_{\text{NH}_3\text{-N, 1}}) \quad (14.12)$$

$\text{TAN}_2$	TAN entering storage (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\text{TAN}_1$	TAN excreted in the housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{NH}_3\text{-N, 1}}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for housing, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )

Using this one arrives at the following equation for the NH<sub>3</sub>-IEF for housing plus storage:

Damit ergibt sich für den aggregierten Emissionsfaktor für NH<sub>3</sub>-Emissionen aus Stall und Lager:

$$IEF_{\text{NH}_3\text{-N, MM}} = \text{TAN}_1 \cdot (EF_{\text{NH}_3\text{-N, 1}} + EF_{\text{NH}_3\text{-N, 2}} - EF_{\text{NH}_3\text{-N, 1}} \cdot EF_{\text{NH}_3\text{-N, 2}}) \quad (14.13)$$

$IEF_{\text{NH}_3\text{-N, MM}}$	implied NH <sub>3</sub> -N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$\text{TAN}_1$	TAN excreted in the housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{\text{NH}_3\text{-N, j}}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage)

Hence, according to Equation (14.1), the standard error  $s$  is:

Für den Standardfehler  $s$  gilt dann nach Gleichung (14.1):

$$s(IEF_{NH_3-N, MM}) = \sqrt{\left(\frac{\partial IEF_{NH_3-N, MM}}{\partial TAN_1} \cdot s(TAN_1)\right)^2 + \sum_{j=1}^2 \left(\frac{\partial IEF_{NH_3-N, MM}}{\partial EF_{NH_3-N, j}} \cdot s(EF_{NH_3-N, j})\right)^2} \quad (14.14)$$

$s(IEF_{NH_3-N, MM})$	standard error of the implied NH <sub>3</sub> -N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$TAN_1$	TAN excreted in the housing (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$EF_{NH_3-N, j}$	partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage)
$s(EF_{NH_3-N, j})$	standard error of the partial NH <sub>3</sub> -N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg <sup>-1</sup> )

According to Chapter 14.2, the relative standard error is

Der relative Standardfehler folgt dann entsprechend Kapitel 14.2 aus

$$r(IEF_{NH_3-N, MM}) = \frac{s(IEF_{NH_3-N, MM})}{IEF_{NH_3-N, MM}} \quad (14.15)$$

$r(IEF_{NH_3-N, MM})$	relative standard error of the implied NH <sub>3</sub> -N emission factor for manure management (housing plus storage)
$s(IEF_{NH_3-N, MM})$	standard error of the implied NH <sub>3</sub> -N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )
$IEF_{NH_3-N, MM}$	implied NH <sub>3</sub> -N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> )

The uncertainty calculation uses the partial emission factors for NH<sub>3</sub>-N from housing and storage the uncertainties of which, however, are not known. EMEP (2007)-B1090-19 provided an uncertainty of 30 % for Tier 1 emission factors. In the following this uncertainty is assumed to be valid for the partial emission factors (95 % confidence interval). This leads to a relative standard error of the emission factors of ± 15 %.

The relative standard error of TAN inputs to the house is estimated as follows: Based on Dämmgen et al. (2009b) it is assumed that the assessment of N excretions can be achieved with an uncertainty < 10 % (standard error). It is further assumed that this applies to TAN excretions as well. Hence, the inventory uses 10 % as a standard error, i.e. 20 % for half the 95 % confidence interval.

Considering that the standard error for  $EF_1$  und  $EF_2$  is assumed to be equal (here denoted as  $r(EF)$ , it is found that the resulting  $r(IEF_{NH_3-N, MM})$  is always lower than  $r_{max}$ :

In die Unsicherheitsberechnung gehen die partiellen Emissionsfaktoren für NH<sub>3</sub>-N aus Stall und Lager ein, deren Unsicherheit allerdings nicht bekannt ist. EMEP (2007)-B1090-19 gab für Stufe-1-Emissionsfaktoren eine Unsicherheit von 30 % an. Diese Unsicherheit wird im Folgenden auch für die partiellen Emissionsfaktoren unterstellt (95 %-Konfidenzintervall). Der relative Standardfehler liegt entsprechend bei ± 15 %.

Die Unsicherheit der TAN-Mengen wird wie folgt geschätzt: In Anlehnung an Dämmgen et al. (2009b) wird angenommen, dass die tierischen N-Ausscheidungen eine Unsicherheit < 10 % haben (relativer Standardfehler). Es wird weiterhin angenommen, dass die TAN-Unsicherheit gleich der der N-Ausscheidungen ist. Für das Inventar wird also von einem relativen Standardfehler der TAN-Menge von 10 % ausgegangen.

Unter Berücksichtigung des für  $EF_1$  und  $EF_2$  als gleich angenommenen relativen Standardfehlers, der hier mit  $r(EF)$  bezeichnet wird, ist  $r(IEF_{NH_3-N, MM})$  stets kleiner als  $r_{max}$ :

$$r(IEF_{NH_3-N, MM}) < r_{max} = \sqrt{[r(TAN_1)]^2 + [r(EF)]^2} \quad (14.16)$$

$r(IEF_{NH_3-N, MM})$	relative standard error of the implied NH <sub>3</sub> -N emission factor for manure management (housing plus storage)
$r_{max}$	maximum possible value of $r(IEF_{NH_3-N, MM})$
$r(TAN_1)$	relative standard error of the TAN excreted in the housing
$r(EF)$	relative standard error for each of the NH <sub>3</sub> -N emission factors for housing and storage

The upper threshold  $r_{max}$  is used as an uncertainty that does not depend on animal category, because it does not account for category-specific emission factors and frequencies of housing and storage systems. This simplification seems justified in the light of the vague basis of the uncertainty value adopted from EMEP (2007)-B1090-19. The upper threshold  $r_{max}$  is found to be

Die Obergrenze  $r_{max}$  wird als eine für alle Tiere einheitliche Unsicherheit verwendet, die von individuellen Emissionsfaktoren und Häufigkeitsverteilungen von Stall- und Lagersystemen unabhängig ist. Diese Vereinfachung erscheint in Anbetracht der relative vagen Ausgangsbasis (EMEP (2007)-B1090-19) gerechtfertigt. Für  $r_{max}$  ergibt sich 0,18 bzw. 18 %. Die Unsicherheit  $U$  (hal-

0.18 or 18 %. This means, according to Chapter 14.2, 36 % for  $U(IEF_{NH_3-N, MM})$  (half the 95 % confidence interval).

The frequency distribution of the errors can be assumed to be normal due to the numerous data influencing the results.

bes 95 %-Konfidenzintervall) wird nach Kapitel 14.2 als das Zweifache berechnet:  $U(IEF_{NH_3-N, MM}) = 36 \%$ .

Die Verteilung der Fehler kann wegen der Vielzahl der eingehenden Einflussfaktoren als normal angenommen werden.

## 14.6 Total uncertainty of the German agricultural GHG inventory / Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen THG-Inventars

### 14.6.1 Calculation methodology / Berechnungsmethodik

The basic rules for the calculation of the total uncertainty of the German agricultural GHG inventory are described in Chapters 14.1 to 14.5.

For the uncertainties of the activity data and the emission factors used in the overall uncertainty calculations see Chapters 4 bis 11. Special features are discussed in Chapters 14.6.2 und 14.6.3.

The effect of these uncertainties on the German national agricultural greenhouse gas inventory is discussed in Chapter 14.6, in particular see Table 14.1.

Die Grundlagen für die Berechnung der Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen THG-Inventars werden in den Kapiteln 14.1 bis 14.5 beschrieben.

Zu den Unsicherheiten der Aktivitätsdaten und der Emissionsfaktoren siehe entsprechende Angaben in den Kapiteln 4 bis 11. Auf Besonderheiten gehen Kapitel 14.6.2 und 14.6.3 ein.

Auf die resultierende Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars wird in Kapitel 14.6 eingegangen, siehe besonders Table 14.1.

### 14.6.2 Special features of the uncertainties of activity data / Besonderheiten von Unsicherheiten der Aktivitätsdaten

For cattle numbers, the uncertainty has decreased over the past years. The uncertainty used is an estimated mean uncertainty. A sensitivity analysis showed that the accuracy of this estimated uncertainty has no impact on the overall uncertainty of the greenhouse gas inventory.

The uncertainties of the activity data regarding direct  $N_2O$  emissions from agricultural soils are influenced by a comparatively large number of quantities and their respective uncertainties. It is assumed that the overall uncertainty of the activity data does not exceed 20 to 30 % which is markedly less than the relative uncertainty of the emission factors (see Chapter 14.4.3). 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.

Bei den Tierzahlen von Rindern hat die Unsicherheit mit den Jahren abgenommen. Daher wird mit einem geschätzten Mittelwert gerechnet. Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheiten ohne Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Treibhausgas-Inventars ist.

Die Unsicherheiten der Aktivitätsdaten bei direkten  $N_2O$ -Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (N-Menge) sind eine Funktion einer größeren Anzahl an Einflussgrößen und deren Unsicherheiten. Es ist davon auszugehen, dass die Gesamtunsicherheit der Aktivitätsdaten nicht höher als 20 bis 30 % und damit deutlich geringer als die relative Unsicherheit der Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 14.4.3) ist. Letztere dominiert somit die relative Unsicherheit der Gesamt- $N_2O$ -Emissionen, womit eine genauere Bestimmung der Aktivitätsunsicherheiten nicht erforderlich erscheint.

### 14.6.3 Special features of the uncertainties of emission factors / Besonderheiten der Unsicherheiten von Emissionsfaktoren

The relative uncertainties of the emission factors for  $CH_4$  and  $N_2O$  can be transferred directly into uncertainties of  $CO_2$  equivalents. The multiplication with a constant factor has no effect on the relative uncertainty (see Chapter 14.2).

Die relativen Emissionsfaktor-Unsicherheiten für  $CH_4$  und  $N_2O$  können direkt für die Darstellung in  $CO_2$ -Äquivalenten übernommen werden, da letztere nur durch Multiplikation mit einem konstanten Faktor entstehen, der keinen Einfluss auf die relative Unsicherheit hat (siehe Kapitel 14.2).

### 14.6.4 Uncertainty table / Unsicherheitstabelle

Table 14.1 displays the various input data and their uncertainties as well as intermediate results obtained during the calculation of the overall uncertainty of the agricultural greenhouse gas emission inventory.

Table 14.1 zeigt die verschiedenen Eingabedaten und ihre Unsicherheiten sowie Zwischenergebnisse zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars.

The overall uncertainty is expressed as percentage of the total emissions of the last year of the time series and is listed at the very bottom of column H. The other values in column H, however, are auxiliary data required for the uncertainty calculations. These values are proportional to the contributions of the various sub-sources to the total variance of the greenhouse gas inventory, cf. footnote in Table 14.1. Comparison of the entries in column H reveals that the overall uncertainty of the agricultural greenhouse gas inventory is caused mainly by the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils.

The percentage uncertainties of the trend of the overall emissions from German agriculture are given at the bottom of column M. (For the meaning of the values in column M see the footnote Table 14.1.)

Emissions of the single greenhouse gases in Table 14.1 were transformed in  $\text{CO}_2$  equivalents using the following global warming potentials (GWP) prescribed by IPCC (2007): 25  $\text{kg kg}^{-1}$  for  $\text{CH}_4$ , and 298  $\text{kg kg}^{-1}$  for  $\text{N}_2\text{O}$ .

Obviously the uncertainties of the emission factors are significantly higher than the uncertainties of the activity data. They dominate the combined uncertainties given in column G („Combined uncertainty as % of total national emissions“).

The total uncertainty of the emissions of the greenhouse gas inventory is 37.2 % (valid for the year 2016). This uncertainty is mainly caused by the uncertainties of the  $\text{N}_2\text{O}$  emissions from agricultural soils and cultures, as can be seen when comparing the values in column G. The uncertainty of the trend 1990 – 2016 is 12.6 %.

In comparison to Submission 2017 (Rösemann et al., 2017), the uncertainty of the total emissions has decreased by 0.9 percentage points (Submission 2017: 38.1 %, valid for 2015). The uncertainty of the trend has decreased by 0.3 percentage points (Submission 2017: 12.9 %, valid for 1990 – 2015). These changes are mostly due to the decrease of emissions from 2015 to 2016, while changes in uncertainties and methods are of less importance.

Die Gesamtunsicherheit (in Prozent der Gesamtemission des letzten Jahres der Zeitreihe) findet sich in Spalte H ganz unten. Die übrigen Daten in Spalte H stellen eine für die Berechnung erforderliche Zwischengröße dar, die proportional zu den Beiträgen der einzelnen Teilquellen zur Gesamtvarianz des THG-Inventars ist (siehe dazu auch Fußnote in Table 14.1). Der Vergleich der Werte in Spalte H zeigt, dass die Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars überwiegend durch Unsicherheiten von  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus dem Bereich der landwirtschaftlich genutzten Böden verursacht wird.

Die prozentuale Unsicherheit des Trends der Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft ist in Spalte M ganz unten dargestellt. (Zur Bedeutung der Werte in Spalte M siehe Fußnote in Table 14.1.)

Die Umrechnung der Treibhausgas-Emissionen in Table 14.1 in  $\text{CO}_2$ -Äquivalente wurde mit den durch IPCC (2007) vorgeschriebenen Umrechnungsfaktoren (GWP, Global Warming Potential) durchgeführt: 25  $\text{kg kg}^{-1}$  für  $\text{CH}_4$  und 298  $\text{kg kg}^{-1}$  für  $\text{N}_2\text{O}$ .

Deutlich zu erkennen ist, dass die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren in der Regel erheblich über denen der Aktivitätsdaten liegen, so dass sie die kombinierte Unsicherheit in Spalte „Combined uncertainty as % of total national emissions“ dominieren.

Die Unsicherheit der Emissionshöhe des THG-Gesamtinventars beträgt 37,2 % (gültig für das Jahr 2016). Sie geht zum großen Teil auf die Unsicherheiten der  $\text{N}_2\text{O}$ -Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden und Kulturen zurück, wie der Spalte G zu entnehmen ist. Die Unsicherheit des Trends 1990 – 2016 liegt bei 12,6 %.

Gegenüber Submission 2017 (Rösemann et al., 2017) hat sich die Unsicherheit der Emissionshöhe um 0,9 Prozentpunkte verringert (Submission 2017: 38,1 %, gültig für 2015); die Unsicherheit des Trends liegt um 0,3 Prozentpunkte niedriger (Submission 2017: 12,9 %, gültig für 1990 – 2015). Diese Änderungen sind im Wesentlichen eine Folge der von 2015 zu 2016 gesunkenen Emissionen. Änderungen bei Unsicherheiten und Methoden sind dagegen von untergeordneter Bedeutung.

**Table 14.1: Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Source category	Gas	Base year (1990) emissions, in CO <sub>2</sub> -eq.	Year 2016 emissions, in CO <sub>2</sub> -eq.	Activity data uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Auxiliary quantity, proportional to the contribution to the total variance in 2016 <sup>(*)</sup>	Type A sensitivity	Type B sensitivity	Uncertainty in trend in national emissions introduced by emission factor uncertainty	Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty	Square of the uncertainty introduced into the trend <sup>(*)</sup>
EntFer = Enteric Fermentation MM = Manure Management (housing, storage, spreading) DEC = Digestion of Energy Crops		(GWP <sub>CH<sub>4</sub></sub> = 25 kg kg <sup>-1</sup> , GWP <sub>N<sub>2</sub>O</sub> = 298 kg kg <sup>-1</sup> )										
		Gg a <sup>-1</sup>	Gg a <sup>-1</sup>	%	%	%	(%) <sup>2</sup>	%	%	%	%	(%) <sup>2</sup>
EntFer, dairy cows	CH <sub>4</sub>	19,089.1	14,379.4	4	20	20.4	20.2	0.02	0.18	0.33	1.02	1.16
EntFer, calves	CH <sub>4</sub>	496.3	321.6	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
EntFer, heifers	CH <sub>4</sub>	6,559.8	4,069.8	4	20	20.4	1.6	0.02	0.05	0.33	0.29	0.19
EntFer, male beef cattle	CH <sub>4</sub>	5,853.0	3,076.2	4	20	20.4	0.9	0.02	0.04	0.44	0.22	0.24
EntFer, suckler cows	CH <sub>4</sub>	789.8	1,273.6	4	20	20.4	0.2	0.01	0.02	0.16	0.09	0.03
EntFer, mature males > 2 years	CH <sub>4</sub>	464.4	187.7	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00
EntFer, sows	CH <sub>4</sub>	211.0	140.9	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
EntFer, weaners	CH <sub>4</sub>	51.2	53.3	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EntFer, fattening pigs	CH <sub>4</sub>	409.9	457.2	4	20	20.4	0.0	0.00	0.01	0.03	0.03	0.00
EntFer, boars	CH <sub>4</sub>	5.7	1.3	20	20	28.3	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EntFer, sheep	CH <sub>4</sub>	518.2	294.5	10	30	31.6	0.0	0.00	0.00	0.05	0.05	0.01
EntFer, goats	CH <sub>4</sub>	11.3	17.4	20	30	36.1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
EntFer, horses	CH <sub>4</sub>	204.6	183.1	10	30	31.6	0.0	0.00	0.00	0.01	0.03	0.00
MM, dairy cows	CH <sub>4</sub>	2,646.8	2,202.0	4	20	20.4	0.5	0.00	0.03	0.01	0.16	0.02
MM, calves	CH <sub>4</sub>	111.0	123.2	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
MM, heifers	CH <sub>4</sub>	953.9	456.5	4	20	20.4	0.0	0.00	0.01	0.08	0.03	0.01
MM, male beef cattle	CH <sub>4</sub>	1,345.5	660.4	4	20	20.4	0.0	0.01	0.01	0.11	0.05	0.01
MM, suckler cows	CH <sub>4</sub>	130.4	165.5	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
MM, mature males > 2 years	CH <sub>4</sub>	62.1	22.6	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, sows	CH <sub>4</sub>	512.6	342.8	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
MM, weaners	CH <sub>4</sub>	194.6	160.0	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MM, fattening pigs	CH <sub>4</sub>	1,965.5	1,821.1	4	20	20.4	0.3	0.00	0.02	0.05	0.13	0.02
MM, boars	CH <sub>4</sub>	11.9	2.7	20	20	28.3	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, sheep	CH <sub>4</sub>	17.0	9.7	10	30	31.6	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, goats	CH <sub>4</sub>	0.5	0.8	20	30	36.1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, horses	CH <sub>4</sub>	31.7	28.4	10	30	31.6	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MM, laying hens	CH <sub>4</sub>	54.5	56.3	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MM, broilers	CH <sub>4</sub>	13.2	48.7	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
MM, pullets	CH <sub>4</sub>	6.8	4.1	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, geese	CH <sub>4</sub>	0.6	0.2	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, ducks	CH <sub>4</sub>	1.7	1.8	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, male turkeys	CH <sub>4</sub>	8.3	23.8	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, female turkeys	CH <sub>4</sub>	4.3	12.3	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, dairy cows	N <sub>2</sub> O	1,565.6	988.8	4	100	100.1	2.3	0.00	0.01	0.37	0.07	0.15

MM, calves	N <sub>2</sub> O	252.8	146.5	4	100	100.1	0.1	0.00	0.00	0.08	0.01	0.01
MM, heifers	N <sub>2</sub> O	696.1	450.4	4	100	100.1	0.5	0.00	0.01	0.15	0.03	0.02
MM, male beef cattle	N <sub>2</sub> O	355.3	239.0	4	100	100.1	0.1	0.00	0.00	0.07	0.02	0.00
MM, suckler cows	N <sub>2</sub> O	103.1	129.1	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.06	0.01	0.00
MM, mature males > 2 years	N <sub>2</sub> O	48.9	19.0	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
MM, sows	N <sub>2</sub> O	238.9	110.4	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.11	0.01	0.01
MM, weaners	N <sub>2</sub> O	24.6	33.1	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
MM, fattening pigs	N <sub>2</sub> O	277.2	398.1	4	100	100.1	0.4	0.00	0.01	0.21	0.03	0.05
MM, boars	N <sub>2</sub> O	7.9	1.5	20	100	102.0	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, sheep	N <sub>2</sub> O	74.2	41.9	10	300	300.2	0.0	0.00	0.00	0.07	0.01	0.01
MM, goats	N <sub>2</sub> O	4.2	6.5	20	300	300.7	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, horses	N <sub>2</sub> O	156.1	140.0	10	300	300.2	0.4	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00
MM, laying hens	N <sub>2</sub> O	20.6	24.4	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, broilers	N <sub>2</sub> O	8.0	24.4	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
MM, pullets	N <sub>2</sub> O	3.2	2.3	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, geese	N <sub>2</sub> O	0.2	0.1	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, ducks	N <sub>2</sub> O	0.7	0.8	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, male turkeys	N <sub>2</sub> O	3.0	9.1	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, female turkeys	N <sub>2</sub> O	1.8	5.6	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, indirect N <sub>2</sub> O, all animals	N <sub>2</sub> O	1,241.9	1,022.9	40	400	402.0	39.7	0.00	0.01	0.01	0.73	0.53
Soils, mineral fertilizers	N <sub>2</sub> O	10,132.1	8,010.6	1	200	200.0	603.3	0.00	0.10	0.79	0.14	0.64
Soils, spreading of manure	N <sub>2</sub> O	5,396.6	4,615.9	20	200	201.0	202.3	0.00	0.06	0.46	1.64	2.91
Soils, sewage sludge	N <sub>2</sub> O	128.4	87.7	20	200	201.0	0.1	0.00	0.00	0.04	0.03	0.00
Soils, crop residues	N <sub>2</sub> O	2,267.8	2,755.7	50	200	206.2	75.9	0.01	0.03	2.25	2.45	11.08
Soils, organic soils	N <sub>2</sub> O	2,594.2	2,837.4	1	200	200.0	75.7	0.01	0.04	1.78	0.05	3.16
Soils, grazing	N <sub>2</sub> O	1,909.0	1,199.9	20	200	201.0	13.7	0.00	0.02	0.93	0.43	1.04
Soils, indirect N <sub>2</sub> O (deposition)	N <sub>2</sub> O	1,706.0	1,331.1	50	400	403.1	67.7	0.00	0.02	0.35	1.19	1.53
Soils, indirect N <sub>2</sub> O (leaching, runoff)	N <sub>2</sub> O	4,258.0	3,622.5	170	230	286.0	252.3	0.00	0.05	0.36	10.97	120.45
DEC, digester and storage	CH <sub>4</sub>	0.3	1,359.7	10	20	22.4	0.2	0.02	0.02	0.34	0.24	0.18
DEC, storage, direct N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	0.1	254.4	10	100	100.5	0.2	0.00	0.00	0.32	0.05	0.10
DEC, storage, indirect N <sub>2</sub> O (deposition)	N <sub>2</sub> O	0.0	13.1	10	400	400.1	0.0	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
DEC, soils, direct N <sub>2</sub> O	N <sub>2</sub> O	0.2	1,416.4	10	200	200.2	18.9	0.02	0.02	3.57	0.25	12.79
DEC, soils, indirect N <sub>2</sub> O (deposition)	N <sub>2</sub> O	0.0	239.7	10	400	400.1	2.2	0.00	0.00	1.21	0.04	1.46
DEC, soils, indirect N <sub>2</sub> O (leaching, runoff)	N <sub>2</sub> O	0.0	318.7	10	230	230.2	1.3	0.00	0.00	0.92	0.06	0.86
Liming (agriculture and forest), without Dolomite & CAN <sup>(#)</sup>	CO <sub>2</sub>	1,837.1	1,669.9	3	3	4.2	0.0	0.00	0.02	0.01	0.09	0.01
Liming (agriculture and forest), Dolomite	CO <sub>2</sub>	363.7	63.7	100	3	100.0	0.0	0.00	0.00	0.01	0.11	0.01
Liming (agriculture and forest), CAN <sup>(#)</sup>	CO <sub>2</sub>	503.2	218.8	3	3	4.2	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Application of urea	CO <sub>2</sub>	479.6	820.4	1	1	1.4	0.0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
Total		79,398.0	65,228.4				37.2	← Uncertainty of 2016 emissions (percentage) Uncertainty of the trend (percentage) →				12.6

<sup>(#)</sup> CAN: Calcium ammonium nitrate

<sup>(\*)</sup> Columns H and M: While the calculation procedures given in IPCC (2006a)-3.31, Table 3.2, have been used, the heads of the columns (H: Contribution to Variance by Category, M: Uncertainty introduced into the trend in total national emissions) had to be modified in order to correspond correctly to the calculation procedures used. The units had to be modified into (%)<sup>2</sup> in order to be consistent with the calculation procedures.



## 14.7 Uncertainty of the German agricultural ammonia inventory / Unsicherheit des Ammoniak-Inventars für die deutsche Landwirtschaft

For the ammonia inventory of the German agriculture, a calculation of uncertainties has been carried out according to EMEP (2016), Part A, Chapter 5. However, these calculations do not include the emissions from digestion of energy crops (including spreading of the digestate), as these emissions are reported but not taken into account when compliance of the total German NH<sub>3</sub> emissions with the NEC threshold value is checked (Adjustment), see Chapter 1.

The basic rules of these calculations are the same like for calculation of the total uncertainty of the green house gas inventory (Chapters 14.1 to 14.5).

Table 14.2 shows input data, calculation details and the resulting overall uncertainty of the German ammonia emission inventory. (For the content of columns H and M see the footnote in Table 14.2.)

Input data for the calculations in Table 14.2 were the emissions of the first and of the last year of the time series as well as the uncertainties of the activity data and the emission factors. For the uncertainties see Chapters 4 to 11. In addition it has to take into account:

- For cattle numbers, the uncertainty 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.

The overall uncertainty is expressed as percentage of the total emissions of the last year of the time series and is listed at the very bottom of column H. The other values in column H, however, are auxiliary data required for the uncertainty calculations. These values are proportional to the contributions of the various sub-sources to the total variance of the ammonia inventory, cf. footnote in Table 14.2.

The percentage uncertainties of the trends of the overall emissions of ammonia from German agriculture is given at the bottom of column M. (For the meaning of the values in column M see the footnote Table 14.2.)

The uncertainty calculations show that the overall uncertainty of the agricultural ammonia inventory is governed by the uncertainties characterizing the manure management of dairy cattle and fattening pigs and the application of mineral fertilizers (see column H).

In comparison to Submission 2017 (RÖSEMANN et al., 2017), the uncertainty of the total emissions decreased from 18.5 % (valid for 2015) to 16.7 % (valid for 2016). The uncertainty of the trend has slightly decreased to 8.6 % (from 9.2 % valid for 1990 – 2015). These changes are mostly due to the decrease of emissions from 2015 to 2016, which in turn is caused by reduced emission factors for mineral fertilizers provided in EMEP (2016). This Result is only marginally modified by including NH<sub>3</sub> from application of sewage sludge as an additional emission source.

Für das Ammoniak-Inventar der deutschen Landwirtschaft wurde eine Unsicherheitsberechnung nach EMEP (2016), Part A, Kapitel 5, durchgeführt. Die Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Ausbringung der Gärreste) wurden dabei allerdings nicht berücksichtigt, da sie zwar berichtet werden, aber vor Überprüfung der deutschen NH<sub>3</sub>-Gesamtemissionen auf Einhaltung der NEC-Obergrenze durch Adjustment wieder abgezogen werden, siehe Kapitel 1.

Die Grundlagen für die Berechnung entsprechen denen für die Berechnung der Gesamtunsicherheit des Treibhausgas-Inventars (Kapitel 14.1 bis 14.5).

Table 14.2 zeigt Inputdaten, Berechnungsdetails und Ergebnisse der Unsicherheitsberechnung für das deutsche Ammoniak-Inventar. (Zum Inhalt der Spalten H und M siehe die Fußnote in Table 14.2.)

Als Inputdaten dienten die Emissionen des ersten und letzten Zeitreihenjahres sowie die Unsicherheiten der Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren. Für die Unsicherheiten wird auf entsprechende Unterkapitel in Kapitel 4 bis 11 verwiesen. Ergänzend ist zu berücksichtigen:

- Bei den Rinderzahlen hat sich die Unsicherheit der Tierzahl über die Jahre verringert. Es wurde mit einem geschätzten Mittelwert der Unsicherheit gerechnet. Der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheit erwies sich als ohne Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Ammoniak-Inventars.
- Zu den Emissionsfaktor-Unsicherheiten für das Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 14.5.

Die Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Ammoniak-Inventars (in Prozent der Gesamtemission des letzten Jahres der Zeitreihe) findet sich in Spalte H ganz unten. Die übrigen Daten in Spalte H stellen eine für die Berechnung erforderliche Zwischengröße dar, die proportional zu den Beiträgen der einzelnen Teilquellen zur Gesamtvarianz des Ammoniak-Inventars ist (siehe dazu auch Fußnote in Table 14.2).

Die prozentuale Unsicherheit des Trends der Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft ist in Spalte M ganz unten dargestellt. (Zur Bedeutung der Werte in Spalte M siehe Fußnote in Table 14.2.)

Die Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Ammoniak-Inventars wird überwiegend bestimmt durch die Unsicherheiten im Wirtschaftsdünger-Management von Milchkühen und Mastschweinen sowie in der Mineraldünger-Anwendung (siehe Spalte H).

Gegenüber Submission 2017 (RÖSEMANN et al., 2017) hat sich die Unsicherheit der Emissionshöhe von 18,5 % (gültig für 2015) auf 16,7 % (gültig für 2016) verringert. Die Unsicherheit des Trends hat sich gegenüber Submission 2017 (9,2 %, gültig für 1990 - 2015) etwas verringert auf 8,6 %. Diese Änderungen sind im Wesentlichen eine Folge des gesunkenen Emissionsniveaus, welches auf verringerte Mineraldünger-Emissionsfaktoren in EMEP (2016) zurückgeht und nur zu einem sehr geringen Anteil die Zunahme von NH<sub>3</sub> aus der Klärschlammasubstratbringung teilkompensiert wird.

**Table 14.2: Uncertainty calculation for the German agricultural ammonia inventory (without emissions from storage and spreading of digestate of energy crops)**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Source category	Gas	Base year (1990) emissions	Year 2016 emissions	Activity data uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Emission factor uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Combined uncertainty (half the 95 % confidence interval)	Auxiliary quantity, proportional to the contribution to the total variance in 2016 <sup>(*)</sup>	Type A sensitivity	Type B sensitivity	Uncertainty in trend in national emissions introduced by emission factor uncertainty	Uncertainty in trend in national emissions introduced by activity data uncertainty	Square of the uncertainty introduced into the trend <sup>(*)</sup>
		Gg a <sup>-1</sup>	Gg a <sup>-1</sup>	%	%	%	(%) <sup>2</sup>	%	%	%	%	(%) <sup>2</sup>
Manure management, dairy cows	NH <sub>3</sub>	75.1	65.9	4	36	36.2	17.1	0.01	0.09	0.26	0.52	0.34
Manure management, calves	NH <sub>3</sub>	14.3	11.9	4	36	36.2	0.6	0.00	0.02	0.02	0.09	0.01
Manure management, heifers	NH <sub>3</sub>	41.1	27.2	4	36	36.2	2.9	0.01	0.04	0.31	0.22	0.14
Manure management, male beef cattle	NH <sub>3</sub>	31.4	19.6	4	36	36.2	1.5	0.01	0.03	0.30	0.16	0.11
Manure management, suckler cows	NH <sub>3</sub>	7.2	9.0	4	36	36.2	0.3	0.00	0.01	0.16	0.07	0.03
Manure management, mature males > 2 years	NH <sub>3</sub>	2.4	0.9	4	36	36.2	0.0	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00
Manure management, sows	NH <sub>3</sub>	33.4	19.6	4	36	36.2	1.5	0.01	0.03	0.38	0.16	0.17
Manure management, weaners	NH <sub>3</sub>	7.1	5.3	4	36	36.2	0.1	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00
Manure management, fattening pigs	NH <sub>3</sub>	75.3	69.0	4	36	36.2	18.8	0.01	0.10	0.41	0.55	0.47
Manure management, boars	NH <sub>3</sub>	1.3	0.3	20	36	41.2	0.0	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00
Manure management, sheep	NH <sub>3</sub>	2.6	1.5	10	36	37.4	0.0	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00
Manure management, goats	NH <sub>3</sub>	0.1	0.2	20	36	41.2	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Manure management, horses	NH <sub>3</sub>	6.7	6.1	10	36	37.4	0.2	0.00	0.01	0.03	0.12	0.02
Manure management, laying hens	NH <sub>3</sub>	13.1	9.0	10	36	37.4	0.3	0.00	0.01	0.08	0.18	0.04
Manure management, broilers	NH <sub>3</sub>	3.7	9.1	10	36	37.4	0.3	0.01	0.01	0.31	0.18	0.13
Manure management, pullets	NH <sub>3</sub>	1.6	1.0	10	36	37.4	0.0	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
Manure management, geese	NH <sub>3</sub>	0.2	0.1	10	36	37.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, ducks	NH <sub>3</sub>	0.4	0.4	10	36	37.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Manure management, turkeys	NH <sub>3</sub>	3.9	10.8	10	36	37.4	0.5	0.01	0.02	0.39	0.22	0.20
Manure spreading, all animals	NH <sub>3</sub>	294.3	193.4	20	30	36.1	146.4	0.06	0.27	1.89	7.69	62.64
Animal grazing	NH <sub>3</sub>	14.2	8.4	20	150	151.3	4.9	0.00	0.01	0.64	0.33	0.53
Mineral fertilizers	NH <sub>3</sub>	78.4	105.0	1	50	50.0	83.0	0.06	0.15	2.91	0.21	8.50
Sewage sludge	NH <sub>3</sub>	3.7	2.5	20	50	53.9	0.1	0.00	0.00	0.03	0.10	0.01
Total		711.6	576.3				16.7	← Uncertainty of 2016 emissions (percentage) Uncertainty of the trend (percentage) →				8.6

<sup>(\*)</sup> For columns H and M the calculation procedures and the column heads differ from that described in EMEP (2016), Part A, Chapter 5, as the procedures and column heads given in IPCC (2006a)-3.31, Table 3.2, have been used in order to keep the similarity to Table 14.1. However, the heads of the columns given by IPCC (2006a) (H: Contribution to Variance by Category, M: Uncertainty introduced into the trend in total national emissions) had to be modified in order to correspond correctly to the calculation procedures used. The units had to be modified into (%)<sup>2</sup> in order to be consistent with the calculation procedures.

## 15 References / Literatur

- AARHUS PROTOCOL ON PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS (2009) United Nation: Aarhus Protocol on Long-range Transboundary Air Pollution, Persistent Organic Pollutants, 1998 - Amendment - (on Annexes V and VII) Decision 2009. Status in force (since Dec 13, 2010), Annex III.
- ADR – ARBEITSGEMEINSCHAFT DEUTSCHER RINDERZÜCHTER (1993, and subsequent years) Rinderproduktion in Deutschland 1992 (and subsequent years). Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter, Bonn
- AMI – AGRARMARKT INFORMATIONEN-GMBH. Markt Bilanz Milch (2011)
- AMI – AGRARMARKT INFORMATIONEN-GMBH. Markt Bilanz Milch (2012)
- AMI – AGRARMARKT INFORMATIONEN-GMBH. Markt Bilanz Milch (2013)
- AMI – AGRARMARKT INFORMATIONEN-GMBH. Markt Bilanz Milch (2014)
- AMI – AGRARMARKT INFORMATIONEN-GMBH. Markt Bilanz Milch (2015)
- AMI – AGRARMARKT INFORMATIONEN-GMBH. Markt Bilanz Milch (2017)
- AMON B, AMON TH, BOXBERGER J, ALT CH (2001) Emissions of NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, and CH<sub>4</sub> from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall (Housing, Manure Storage, Manure Spreading). *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60, 103-113
- ANONYMUS (2001a) Legeleistungsprüfung für Hühner 1998 bis 2000. DGS Magazin 5/2001, Ulmer, Stuttgart, 12-18
- 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
- ASSE M, ZACHARIAS B (2011) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2010/2011.– Teil 1: Biologische Auswertung. [https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1355163/LSZ\\_Teil1\\_Schweinemast\\_Schweinereport2011%20biol.pdf](https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1355163/LSZ_Teil1_Schweinemast_Schweinereport2011%20biol.pdf) [13.06.2012]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2012a) Ergebnisse aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2010/2011. Ferkelerzeugung mit Verkauf von 8 kg Ferkeln – Teil 1: Biologische Auswertung. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1359215\\_11/LSZ\\_Teil%201\\_Ferkelerzeugung%208%20kg%20Ferkel\\_Schweinereport2011%20%E2%80%A6.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1359215_11/LSZ_Teil%201_Ferkelerzeugung%208%20kg%20Ferkel_Schweinereport2011%20%E2%80%A6.pdf) [13.06.2012]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2012b) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2011/2012.– Teil 1: Biologische Auswertung. <https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1382703/index.pdf> [06.05.2013]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2012c) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2011/2012.– Teil 1: Biologische Auswertung. <https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1382704/index.pdf> [06.05.2013]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2013a) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg. – Teil 1: Biologische Auswertung 2012/2013. <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/pb/,Lde/664332?QUERYSTRING=Schweinereport+2012> [31.03.2014]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2013b) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2012/2013. – Teil 1: Biologische Auswertung. <http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/pb/,Lde/664332?QUERYSTRING=Schweinereport+2012> [31.03.2014]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2015a) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg. – Teil 1: Biologische Auswertung 2013/2014. <http://www.lsz-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Wissen/Schweinereport> [14.07.2015]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2015b) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2013/2014. – Teil 1: Biologische Auswertung. <http://www.lsz-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Wissen/Schweinereport> [14.07.2015]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2016a) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg. – Teil 1: Biologische Auswertung 2014/2015. <http://www.lsz-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Wissen/Schweinereport> [05.04.2016]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2016b) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2014/2015. – Teil 1: Biologische Auswertung. <http://www.lsz-bw.de/pb/,Lde/Startseite/Wissen/Schweinereport> [05.04.2016]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2017a) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2015/16. – Teil 1: Biologische Auswertung. roesemann:<https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/MLR.LSZ,Lde/Startseite/Wissen/Schweinereport> [22.03.2017]
- ASSE M, ZACHARIAS B (2017b) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2015/2016. – Teil 1: Biologische Auswertung. <https://www.landwirtschaft-bw.info/pb/MLR.LSZ,Lde/Startseite/Wissen/Schweinereport> [22.03.2017]
- BACHMAIER H, GRONAUER A (2007) Klimabilanz von Biogasstrom. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). Freising.
- BAILEY RE (2001) Global hexachlorobenzene emissions. *Chemosphere*, 43(2), 167-182.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK UND DATENVERARBEITUNG, München  
see Statistische Landesämter
- BELITZ HD, GROSCH W, SCHIEBERLE P (2008) Lehrbuch der der Lebensmittelchemie. 6. Auflage. Springer, 1118 pp.
- BERK J (2010) Faustzahlen zur Haltung von Mastgeflügel. Geflügeljahrbuch 2011. Ulmer, Stuttgart, p. 145
- 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
- BD - BERATUNGSDIENST SCHWEINEHALTUNG UND SCHWEINEZUCHT E.V. (2011): Schweinereport Baden-Württemberg. Wirtschaftsjahr 2009/2010. Heft 5, Bad Mergentheim.

- BMPII (2009): „Biogas-Messprogramm II - 61 Biogasanlagen im Vergleich“; Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Hrsg. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), 2009, 1. Auflage, S. 111
- DÜNGEMITTELVERORDNUNG (2012) Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung - DüMV). In der Fassung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I S. 2482)
- BLE – BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (2015) Milcherzeugung und –verwendung. [http://www.ble.de/DE/01\\_Markt/09\\_Marktbeobachtung/01\\_MilchUndMilcherzeugnisse/MilchUndMilcherzeugnisse\\_node.html](http://www.ble.de/DE/01_Markt/09_Marktbeobachtung/01_MilchUndMilcherzeugnisse/MilchUndMilcherzeugnisse_node.html) [31.07.2015]
- BLE – BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (2016) Milcherzeugung und –verwendung. [http://www.ble.de/DE/01\\_Markt/09\\_Marktbeobachtung/01\\_MilchUndMilcherzeugnisse/MilchUndMilcherzeugnisse\\_node.html](http://www.ble.de/DE/01_Markt/09_Marktbeobachtung/01_MilchUndMilcherzeugnisse/MilchUndMilcherzeugnisse_node.html) [25.04.2016]
- BLE – BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (2017) Milcherzeugung und –verwendung. [http://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/milch-milcherzeugnisse\\_node.html#doc8985378bodyText5](http://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/milch-milcherzeugnisse_node.html#doc8985378bodyText5) [21.08.2017]
- BLUM JW (2002) Fütterung von Equiden. [http://www.vetmed.unibe.ch/studvet/download/year23/NOZ/NOZ%20ss%202003/Pferdef%C3%9Cterung\\_Total.pdf](http://www.vetmed.unibe.ch/studvet/download/year23/NOZ/NOZ%20ss%202003/Pferdef%C3%9Cterung_Total.pdf)
- BMEL – BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2016): Konzept zur Erstellung von THG-Emissions- und Kohlenstoffinventaren der Quell- und Senkengruppen Landwirtschaft und LULUCF durch das Johann Heinrich von Thünen Institut (TI) im Zuständigkeitsbereich des BMEL. Stand 16.09.2016.
- BMELF - BUNDESMINISTER FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1981) Verordnung über die Güteprüfung und Bezahlung der Anlieferungsmilch (Milch-Güteverordnung). BGBl. I, 878; zuletzt geändert am 17. Dezember 2010, BGBl. I, 2132
- BMELV - BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2011) Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch (Lebensmittel- und Futtermittelgesetzbuch - LFGB). BGBl. I, 1770, zuletzt geändert am 15. März 2012, BGBl. I, 476
- BMELV – BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2012): Konzept zur Erstellung von THG-Emissions- und Kohlenstoffinventaren der Quell- und Senkengruppen 4 und 5 durch das Johann Heinrich von Thünen Institut (vTI) im Zuständigkeitsbereich des BMELV. Stand 20.03.2012. AZ: 521 – 65408/0002
- BÖRJESSON P, BERGLUND M (2007) Environmental systems analysis of biogas systems—Part II: The environmental impact of replacing various reference systems. *Biomass and Bioenergy* 31 (2007) 326–344
- BREHME G (2007) Emissionspapier Pekingentenhaltung. Unpublished, pp. 23.
- BUNDESGESETZBLATT Jahrgang 2008 Teil I Nr. 52: Verordnung zur Durchführung des Fleischgesetzes und zur Änderung handelsklassenrechtlicher Vorschriften für Schlachtkörper von Rindern, Schweinen und Schafen. Ausgegeben zu Bonn am 18. November 2008
- BIMSchG - BUNDESIMMISSIONSSCHUTZGESETZ (1974). Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG). Bundesgesetzblatt I (1974), pp. 721-1193; latest updated published version dd 26 September 2002 (Bundesgesetzblatt I 2002, pg. 3830); latest changes dd 26 November 2010 (Bundesgesetzblatt I 2010, pg. 1728).
- BUNDESMINISTER FÜR WIRTSCHAFT (1969) Gesetz über Einheiten im Meßwesen. BGBl. 1969, Teil I, 709-712
- BUNDESMINISTER FÜR WIRTSCHAFT (1970) Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten im Meßwesen. BGBl. 1970, Teil I, 981-991
- BVL - BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (2012) Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 64 LFGB, § 35 Vorläufiges Tabakgesetz, § 28 b GenTG. L 01.00-10-1. Kjeldahl-Verfahren (nach DIN EN ISO 8968 Teil 1).
- BVL - BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (2015) Persönliche Mitteilung der Wirkstoffdaten, 2015.
- BVL - BUNDESAMT FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ UND LEBENSMITTELSICHERHEIT (2017) Persönliche Mitteilung der Wirkstoffdaten, 2017.
- CAI Z, LAUGHLIN RJ, STEVENS RJ (2001) Nitrous oxide and dinitrogen emissions from soil under different water regimes and straw amendment. *Chemosphere* 42, 113-121
- CEIP – CENTRE ON EMISSIONS INVENTORIES AND PROJECTIONS (2014) CLRTAP Inventory Submissions 2014. [http://www.ceip.at/ms/ceip\\_home1/ceip\\_home/status\\_reporting/2014\\_submissions/](http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/status_reporting/2014_submissions/). [26.01.2015]
- COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) No 540/2011 OF 25 MAY 2011 implementing Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council as regards the list of approved active substances. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32011R0541> [20.12.2017]
- COUNCIL DIRECTIVE 91/414/EEC OF 15 JULY 1991 concerning the placing of plant protection products on the market. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=CELEX:31991L0414> [20.12.2017]
- 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 (2000) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2001. Ulmer, Stuttgart, pp. 197-207
- DAMME K (2001) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2002. Ulmer, Stuttgart, pp. 181-192
- DAMME K (2002) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2003. Ulmer, Stuttgart, pp. 193-204
- DAMME K (2003) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2004. Ulmer, Stuttgart, pp. 68-79
- DAMME K (2004) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2005. Ulmer, Stuttgart, pp. 74-89
- DAMME K (2005) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2006. Ulmer, Stuttgart, pp. 60-76
- DAMME K (2006) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2007. Ulmer, Stuttgart, pp. 67-85
- DAMME K (2009) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2010. Ulmer, Stuttgart, p. 87
- DAMME K (2009) Deutliche Unterschiede zwischen den Genotypen. DGS Magazin 45/2009. Ulmer, Stuttgart, 17-21
- DAMME K (2010) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2011. Ulmer, Stuttgart, p. 70
- DAMME K (2013) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2014. Ulmer, Stuttgart, p. 79
- DAMME K (2014) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2015. Ulmer, Stuttgart, p. 89

- DAMME K (2015) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Geflügeljahrbuch 2016. Ulmer, Stuttgart, p. 93
- DAMME K, LEMME A (2010) Bessere Mast mit CreAmino®. DGS Magazin 26/2010, Ulmer Stuttgart, 10-14
- 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, AMON B, GYLDENKÆRNE S, HUTCHINGS NJ, KLEINE KLAUSING H, HAENEL H-D, RÖSEMANN C (2011a) Reassessment of the calculation procedure for the volatile solids excretion rates of cattle and pigs in the Austrian, Danish and German agricultural emission inventories. Landbauforsch 61, 115 – 126
- DÄMMGEN U, AMON B, HUTCHINGS NJ, HAENEL H-D, RÖSEMANN C (2012a) Data sets to assess methane emissions from untreated cattle and pig slurry and manure storage systems in the German and Austrian emission inventories. Landbauforsch 62, 1 – 20
- DÄMMGEN U, BRADE W, SCHULZ J, KLEINE KLAUSING H, HUTCHINGS NJ, HAENEL H-D, RÖSEMANN C (2011b) The effect of feed composition and feeding strategies on excretion rates in German pig production. Landbauforsch 61, 327-342
- DÄMMGEN U, DÖHLER H, LÜTTICH M, EURICH-MENDEN B, OSTERBURG B, HAENEL H-D, DÖRING U, STROGIES M (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 1. Emissionen. Landbauforsch 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. Landbauforsch 59, 233-252
- DÄMMGEN U, HAENEL H-D, RÖSEMANN C, BRADE W, MÜLLER-LINDENLAUF M, EURICH-MENDEN B, DÖHLER H, HUTCHINGS NJ (2010a) An improved data base for the description of dairy cows in the German emission model GAS-EM. vTI Agricultural and Forestry Research 60, 87 - 100
- DÄMMGEN U, HAENEL H-D, RÖSEMANN C, EURICH-MENDEN B, DÖHLER H (2010b) Derivation of TAN related ammonia emission factors in pig production. Landbauforsch 60, 241-248
- DÄMMGEN U, HUTCHINGS NJ (2005) The assessment of emissions of nitrogen species from agriculture using the methodology of the atmospheric emission inventory guidebook. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko A (eds) Emissions from European agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen. pp 51-62
- DÄMMGEN U, HUTCHINGS NJ (2008) Emissions of gaseous nitrogen species from manure management - a new approach. Environmental Pollution 154, 488-497
- DÄMMGEN U, LÜTTICH M, 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, MEYER U, RÖSEMANN C, HAENEL H-D, HUTCHINGS NJ (2013) Methane emissions from enteric fermentation as well as nitrogen and volatile solids excretions of German calves – A national approach. Landbauforsch 63, 37-46
- DÄMMGEN U, RÖSEMANN C, HAENEL H-D, HUTCHINGS NJ (2012b) Enteric methane emissions from German dairy cows. Agriculture and Forest Research 1/2, 21 – 32
- DÄMMGEN U, SCHULZ J, KLEINE KLAUSING H, HUTCHINGS NJ, HAENEL H-D, RÖSEMANN C (2012c) Enteric Methane emissions from German pigs. Agriculture and Forest Research 3, 83-96
- DBFZ (2014): DBFZ – Biogasanlagendatenbank. Unveröffentlichtes Manuskript.
- DENIER VAN DER GOON HAC, BLEEKER A, LIGTHART T, DUIJZER JH, KUIKMAN PJ, VAN GROENINGEN JW, HAMMINGA W, KROEZE C, DE WILDE HPJ, HENSEN A (2004) Indirect nitrous oxide emissions from the Netherlands; source strength, methodologies, uncertainties and potential for mitigation. TNO report R 2004/275. TNO Apeldoorn, 131 pp
- DEUTSCHER BÜFFELVERBAND (2008) Büffelhaltung in Deutschland. <http://www.bueffelverband-deutschland.de/haltung.html> [24.7.2008]
- DIETERLE M (2012) Schätzung regionaler Daten mithilfe von Small Area-Schätzmethoden. Wirtschaft und Statistik, Statistisches Bundesamt, Dezember 2011, 2012 – 2018.
- DIRECTIVE 2005/53/EC: COMMISSION DIRECTIVE 2005/53/EC OF 16 SEPTEMBER 2005 amending Council Directive 91/414/EEC to include chlorothalonil, chlorotoluron, cypermethrin, daminozide and thiophanate-methyl as active substances 2005/53/EC C.F.R. (2005).
- DIRECTIVE 2006/76/EC: COMMISSION DIRECTIVE 2006/76/EC OF 22 SEPTEMBER 2006 amending Council Directive 91/414/EEC as regards the specification of the active substance chlorothalonil (Text with EEA relevance) 2006/76/EC C.F.R. (2006).
- DIRECTIVE 2008/69/EC: COMMISSION DIRECTIVE 2008/69/EC OF 1 JULY 2008 amending Council Directive 91/414/EEC to include clofentezine, dicamba, difenoconazole, diflubenzuron, imazaquin, lenacil, oxadiazon, picloram and pyriproxyfen as active substances 2008/69/EC C.F.R. (2008).
- DIRECTIVE 2016/2284/EU: DIRECTIVE (EU) 2016/2284 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL OF 14 DECEMBER 2016 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC

- DLG - DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (1986): Grundfutteraufnahme und Grundfutterverdrängung bei Milchkühen. DLG-Information 2/1986. Frankfurt/M. : Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. 8 pp
- DLG - DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (2001): Empfehlungen zum Einsatz von Mischrationen bei Milchkühen. DLG-Information 1/2001, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DLG - DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (ed.) (2005) Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztierarten. Arbeiten der DLG/Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt/Main., 69 pp
- DLG - DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (2008) Empfehlungen zur Sauen- und Ferkelfütterung. DLG-Information 1/2008. DLG-Verlag, Frankfurt/M., 55 pp
- DÖHLER H, EURICH-MENDEN B, DÄMMGEN U, OSTERBURG B, LÜTTICH M, BERGSCHMIDT A, BERG W, BRUNSCH R (2002) BMVEL/UBA-Ammoniak-Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft und Minderungsszenarien bis zum Jahr 2010. Forschungsbericht 299 42 256/02. Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin
- DÜNGEVERORDNUNG (2007) Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV). In der Fassung der Bekanntmachung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S.221).
- DÜNGEVERORDNUNG (2017) Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV). In der Fassung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S.1305).
- DWA - DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E.V. (ed.) (2004) Klärschlämme - Inhaltsstoffe und Bewertung. DWA, Hennef. 138 pp
- EEA (2014) Non-methane volatile organic compounds (NMVOC) emissions (APE 004) - Assessment published Jan 2014. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/eea-32-non-methane-volatile-1/assessment-4#toc-1>
- EEC – EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY (1986) Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. Official Journal L 181 , 04/07/1986 P. 0006 – 0012 40
- ELLIS JL, KEBREAB E, ODONGO NE, MCBRIDE BW, OKINE EK, FRANCE J (2007) Prediction of Methane Production from Dairy and Beef Cattle. J Dairy Sci 90, 3456-3466
- EMEP (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>
- EMEP (2013) -EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2013, Technical Report No 12/2013. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>
- EMEP (2016) -EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2016 – EEA Report No 21/2016. <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>
- ERZEUGERRING WESTFALEN (2016) Jahresbericht 2015. <http://www.erzeugerring.com/jahresberichte/jahresberichte.html> [06.04.2016]
- ERZEUGERRING WESTFALEN (2017) Jahresbericht 2016. <http://www.erzeugerring.com/jahresberichte/jahresberichte.html> [16.06.2017]
- EU (1991): Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Official Journal of the European Communities, L 375/1, December 31, 1991.
- EURICH-MENDEN B, DÖHLER H, VAN DEN WEGHE H (2011) Ammoniakemissionsfaktoren im landwirtschaftlichen Emissionsinventar – Teil : Geflügel und Mastschweine. Landtechnik 66, 60-63
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2012) FAO Specifications and Evaluations for Picloram, Table 2, p. 23. <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/jmps/ps-new/en/>. [20.12.2017]
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (2015) FAO Specifications and Evaluations for Chlorothalonil, p 51. <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/jmps/ps-new/en/>. [20.12.2017]
- FAUSTZAHLEN FÜR LANDWIRTSCHAFT UND GARTENBAU. 12th ed., Landwirtschaftsverlag, Münster, 1993
- FELDHAUS L, SIEVERDING E (2007) Putenmast. 3rd edition, Ulmer, Stuttgart
- FERRARI F, KLEIN M, CAPRI E, TREVISAN M (2005) Prediction of pesticide volatilization with PELMO 3.31. Chemosphere, 60 (5), 705-713.
- FREIBAUER A (2003) Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. European Journal of Agronomy 19(2), 135-160
- GÄRTNER S, MÜNCH J, REINHARDT G, VOGT R (2008) Materialband: E. Ökobilanzen. In: BMU-Bericht „Optimierungen für einen nachhaltigen Ausbau der Biogaserzeugung und -nutzung in Deutschland“, FKZ: 0327544.
- GAUGER T, DÄMMGEN U, VERMEULEN A, BLEEKER A, ERISMAN J-W, SCHAAP M, RÖSEMAN C, NAGEL H-D, SPRANGER T, KLIMONT Z (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 2. Transmission und Deposition. Landbauforsch Völknerode Spezial Issue 291, 11-19
- GEFLÜGELJAHRBUCH (2005) Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V. und seiner Mitgliedsverbände. Ulmer, Stuttgart, 328 pp
- GEHMAN AM, KONONOFF PJ, MULLINS CR, JANICEK BN (2008) Evaluation of nitrogen utilization and the effects of monensin in dairy cows fed Brown Midrib Corn silage. J Dairy Sci 91, 288-300
- GERMAN STANDARD VDI 2450 PART 1 (1977) Messen von Emission, Transmission und Immission luftverunreinigender Stoffe. Begriffe, Definitionen, Erläuterungen. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf, 4 pp
- GfE – GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, AUSSCHUSS FÜR BEDARFSNORMEN (1987) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 4. Schweine. Frankfurt/M., DLG

- GFE – GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, AUSSCHUSS FÜR BEDARFSNORMEN (2000) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere, Nr. 7. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner 2000. Frankfurt/Main., DLG, 185 pp
- GFE – GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, AUSSCHUSS FÜR BEDARFSNORMEN (2001) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 6. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchtrinder. Frankfurt/M., DLG, 135 pp
- GFE – GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNGSPHYSIOLOGIE, AUSSCHUSS FÜR BEDARFSNORMEN (2006) Energie- und Nährstoffbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere. Nr. 10. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung von Schweinen. Frankfurt/M., DLG, 247 pp
- HAENEL H-D, DÄMMGEN U (2007a) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 1. General considerations and pullets. *Landbauforsch Völkenrode* 57(4), 349-362
- HAENEL H-D, DÄMMGEN U (2007b) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 2. Laying hens. *Landbauforsch Völkenrode* 57(4), 363-390
- HAENEL H-D, DÄMMGEN U (2009a) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 3a. Broilers. Fattening procedures and animal properties. *Landbauforsch*, 59(1), 61-86
- HAENEL H-D, DÄMMGEN U (2009b) Consistent time series of data to model volatile solids and nitrogen excretions of poultry. 3b. Broilers. Modelling using official statistical data. *Landbauforsch* 59(2), 87-104
- HAENEL H-D, DÄMMGEN U, LAUBACH P, RÖSEMANN C (2011a) Update of the calculation of metabolizable energy requirements for pigs in the German agricultural emission inventory. *Landbauforsch* 61(3), 217-228
- HAENEL H-D, DÄMMGEN U, RÖSEMANN C (2011b) Estimating numbers of piglets, weaners and fattening pigs for the German agricultural emission inventory. *Landbauforsch* 61(3), 229-236
- HAENEL H-D, RÖSEMANN C, DÄMMGEN U, DÖHLER H, EURICH-MENDEN B, LAUBACH P, MÜLLER-LINDENLAUF M, OSTERBURG B (2010) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2010 for 2008. Methods and Data (GAS-EM). *Landbauforsch, Special Issue* 334, 13 – 428
- HAENEL H-D, RÖSEMANN C, DÄMMGEN U, PODDEY E, FREIBAUER A, DÖHLER H, EURICH-MENDEN B, WULF S, DIETERLE M, OSTERBURG B (2012) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990–2010. Report on methods and data (RMD). Submission 2012. *Landbauforsch, Special Issue* 356, 394 pp
- HAENEL H-D, RÖSEMANN C, DÄMMGEN U, FREIBAUER A, DÖHRING U, WULF S, EURICH-MENDEN B, DÖHLER H, SCHREINER C, OSTERBURG B (2016) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990–2014. Report on methods and data (RMD). Submission 2016. Thünen Institute Braunschweig, Germany. Thünen Report 39, 408 pp
- HAENEL H-D, WULF S (2016): Berechnung von CH<sub>4</sub>-, N<sub>2</sub>O-, NO-, N<sub>2</sub>- und NH<sub>3</sub>-Emissionen durch Vergärung von Gülle, Mist und Energiepflanzen ab Emissionsberichterstattung 2015. Thünen-Institut, Braunschweig, und KTBL, Darmstadt. Unveröffentlichtes Manuskript.
- HALLE I (2002) Einfluss einer gestaffelten Supplementierung von Lysin und Methionin während der Aufzucht auf das Wachstum und auf Leistungsmerkmale der Hennen in der folgenden Legeperiode bei einer gestaffelten Protein- und Energieversorgung. *Arch. Geflügelk.* 66, 66-74
- HALLE I, TZSCHENTKE B (2009) Ein Grad mehr kann viel bewirken. *DGS Magazin* 31/2009, Ulmer, Stuttgart, 28-32
- HARTMANN W, HEIL G (1992) Amtliche Legeleistungsprüfung 1990/91: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion* 8/1992, Ulmer, Stuttgart, 219-229
- HAUS DÜSSE (2008) Bringen 7-Phasen-Futterkonzepte in der Putenmast Vorteile? *Versuchsberichte* 2008. [http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/puten/2008\\_7\\_phasen\\_putenmast.pdf](http://www.duesse.de/tierhaltung/gefluegel/versuche/puten/2008_7_phasen_putenmast.pdf) [2011-05-05]
- HEIDECKE C, KREINS P, STONNER R, GÖMANN H (2011) Global change impacts on agricultural land use in the Baltic Coastal Zones of Germany. In: Schernewski G, Hofstede J, Neumann T (eds): *Global Change and Baltic Coastal Zones*. Coastal Research Library. Springer, Dordrecht, The Netherlands. pp 71-89.
- HEIL G, HARTMANN W (1993) Amtliche Legeleistungsprüfung 1991/92: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion* 8/1993, Ulmer, Stuttgart, 7-15
- HEIL G, HARTMANN W (1994) Amtliche Legeleistungsprüfung 1992/93: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion* 8/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-14
- HEIL G, HARTMANN W (1995) Amtliche Legeleistungsprüfung 1993/94: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 13/1995, Ulmer, Stuttgart, 18-29
- HEIL G, HARTMANN W (1996) Amtliche Legeleistungsprüfung 1994/95: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 18/1996, Ulmer, Stuttgart, 10-21
- HEIL G, HARTMANN W (1997) Amtliche Legeleistungsprüfung 1995/96: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 36/1997, Ulmer, Stuttgart, 12-22
- HEIL G, HARTMANN W (1998) Amtliche Legeleistungsprüfung 1996/97: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 40/1998, Ulmer, Stuttgart, 20-31
- HEIL G, HARTMANN W (2000) Amtliche Legeleistungsprüfung 1997/99: Zusammenfassende Auswertung. *DGS Magazin* 9/2000, Ulmer, Stuttgart, 10-17
- HENRICHSMEYER W, CYPRIUS CH, LÖHE W, MEUTH M, ISERMAYER F, HEINRICH I, SCHEFSKI A, NEANDER E, FASTERDING F, NEUMANN M, NIEBERG H (1996) Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BMELF (94 HS 021), Bonn, Braunschweig
- HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, WIESBADEN  
see Statistische Landesämter
- HILLER P, MEYER A, SIMON I, STEGEMANN J (2011) "Gesundes" Futterkonzept im Test. *DGS Magazin* 26/2011, Ulmer Stuttgart, 14-18
- HILLER P, NANNEN A (2015) Runter vom Gas. Slow Growth in der Hähnchenmast. *DGS Magazin* 49/2015, Ulmer Stuttgart, 20-23.
- 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.hmuv.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?uid=24607118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d](http://www.hmuv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?uid=24607118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d)
- HMULV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2009) Jahresagrarbericht 2009.
- HMULV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2010) Jahresagrarbericht 2010.
- HMULV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2011) Jahresagrarbericht 2011. [http://www.hessen.de/irj/HMULV\\_Internet?cid=8527e1d18ef246c2c1d4d79017bb47ec](http://www.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=8527e1d18ef246c2c1d4d79017bb47ec) [20.7.2011]
- HOBBS PJ, WEBB J, MOTTRAM TT, GRANT B, MISSELBROOK TM (2004) Emissions of volatile organic compounds originating from UK livestock agriculture. *J Science of Food and Agriculture* 84, 1414-1420
- HUBER J (undated): <http://www.anderlbauer.de/0000009bb40e00207/0000009bb40ea1921/0000009bce0c7d84c/index.html> [12.10.2016]
- 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>
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2006a) 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 1 General Guidance and Reporting. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2007): Fourth Assessment Report (AR4), Climate Change 2007. [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html) [2016-04-18]
- IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2013) 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/wetlands/>
- IPCS (1996) Chlorothalonil. Environmental Health Criteria, 183. 145pp. WHO, Geneva, Switzerland. ISBN 92-4-157183-7. C12138614.7. [http://www.ceip.at/fileadmin/inhalte/emep/Adjustments/Decision\\_2014\\_1.pdf](http://www.ceip.at/fileadmin/inhalte/emep/Adjustments/Decision_2014_1.pdf) [20.12.2017]
- IUPAC – INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (1993) Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry. 2nd ed., Blackwell, London, 160 pp
- IUPAP – INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED PHYSICS (1987) Symbols, Units, Nomenclature and Fundamental Constants in Physics. *Physica* 146A, 1-68
- JARVIS SC, PAIN BF (1994) Greenhouse gas emissions from intensive livestock systems: their estimation and technologies for reduction. *Climatic Change* 27, 27-38
- JEROCH H, DÄNICKE S (2005) Faustzahlen zur Geflügelfütterung. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2006. Ulmer, Stuttgart, pp. 143-176
- JGS-ANLAGENV (1998). Verordnung zur Umsetzung von Artikel 4 und 5 der Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigungen durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen. <http://www.umwelt-online.de/recht/wasser/laender/nrw/jgs.htm> [15 Sept 2015]
- JILG T (2009) Phasenfütterung in der intensiven Lämmermast. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1109109\\_l1/index1215773518694.html](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1109109_l1/index1215773518694.html) [2009-12-17]
- JOHNSON HA, BALDWIN RL (2008) Evaluating model predictions of partitioning nitrogen excretion using the dairy cow model, Molly. *Animal Feed Sci Tech-nol* 143, 104-126
- JUNGKUNST H F, FREIBAUER A (2005) Overview on emissions observations in Europe. In: Leip A (ed.) N<sub>2</sub>O emissions from agriculture. Report on the expert meeting on “Improving the quality for greenhouse gas inventories for N<sub>2</sub>O emissions from agricultural soils” under the mandate of the working group on annual inventories, Climate Change Committee, Joint Research Centre, 21-22 October 2004, Ispra. pp 48-54
- KASIMIR-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
- KIRCHGEßNER M, ROTH F X, SCHWARZ F J, STANGL G I (2008) Tierernährung. 12. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt a.M., 635 S.
- KIRCHGEßNER M, WINDISCH W, MÜLLER HL (1994) Methane release from dairy cows and pigs. In: Aguilera JF (ed) Proc XIII Symp on energy metabolism of farm animals. EAAP Publ 76:399-402
- KLEIN M (2017) Calculation of emission factors for impurities in organic pesticides with PELMO. Personal communication. [Description available, Umweltbundesamt, FG I 2.6, Emissionssituation].
- KOCH C, LANDFRIED K (2009) <http://www.hofgut-neumuehle.de/pdfs/2009-laemmer.pdf> [12.10.2016]
- KÖNIG G, BRUNDA M, PUXBAUM H, HEWITT CN, DUCKHAM SC, RUDOLPH J (1995) Relative contribution of oxygenated hydrocarbons to the total biogenic VOC emissions of selected Mid-European agricultural and natural plant species. *Atmospheric Environment* 29, 861-874
- KRUIF A DE, MANSFELD R, HOEDEMAEKER M (2006): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Enke, pg. 113
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2004) Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05. KTBL-Datensammlung. 19th ed., Darmstadt: KTBL, 573 pp

- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2005a) Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13th ed., Darmstadt: KTBL, 1095 pp
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2005b): Methodenaktualisierung für die Emissionsberechnung 2003. F+E Vorhaben 203 412 53 des UFOPLAN 2003. Teilvorhaben 04: EF Landwirtschaft: Landwirtschaft – Ermittlung und Anpassung von Emissionsfaktoren (CRF 4). Abschlussbericht. KTBL, Darmstadt, 90 pp
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2006a) Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsvorfahren. 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.) (2008) Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/09. KTBL-Datensammlung. 21st ed., Darmstadt: KTBL, 752 pp
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2009) Faustzahlen für die Landwirtschaft. 14th ed., Darmstadt: KTBL, 1179 pp
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2010) Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11. KTBL-Datensammlung. 22nd ed., Darmstadt: KTBL, 784 pp
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2013a) Faustzahlen Biogas, 3. Auflage. KTBL, Darmstadt, 360 S.
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2016) Documentation on the generation of activity data on biogas for the National Inventory Report, Submission 2017 for 2015 (in preparation), Darmstadt, Germany.
- KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2015) KTBL-Produktivdatenbank: KTBL-Stoffliste, Stand 31. Januar 2015 (unpublished), Darmstadt, Germany.
- LABER H (2005) Biologische N<sub>2</sub>-Fixierung von Gemüseerbsen und –buschbohnen. In: Infodienst 02/2005 für Beratung und Schule der Sächsischen Agrarverwaltung. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.) (2005), 81-89.
- 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
- 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
- LEPPELT T, DECHOW R, GEBBERT S, FREIBAUER A, LOHILA A, AUGUSTIN J, DRÖSLER M, FIEDLER S, GLATZEL S, HÖPER H, JÄRVEOJA J, LERKE PE, MALJANEN M, MANDER Ü, MÄKIRANTA P, MINKINEN K, OJANEN P, REGINA K, STRÖMGREN M (2014) Nitrous oxide emission hotspots from organic soils in Europe. *Biogeosciences Discuss.*, 11, 9135–9182
- 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 (2004b) Futterberechnungen für Schweine. 14th ed. Freising. LfL. [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen\\_url\\_1\\_27.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen_url_1_27.pdf) [23.03.2011]
- LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2004c) Perspektiven, Strukturentwicklung und Wettbewerbsfähigkeit der Ferkelerzeugung in Bayern. <http://www.lfl.bayern.de/internet/stmlf/lfl/ilb/tier/05645/index.php>
- LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2006a) 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) [20.02.2013]
- 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) [24.07.2007]
- LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2011) Gruber Tabellen zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Mast-rinder, Schafe, Ziegen. 33th ed., Freising, LfL. [http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p\\_36967.pdf](http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen/p_36967.pdf) [25.05.2011]
- LINDERMAYER H (2010) Emissionsberichterstattungspflicht für Schweinehalter – Was kommt auf die Landwirte aus Sicht der Schweinefütterung zu? [http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/27497\\_emissionsinventar.pdf](http://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/ite/dateien/27497_emissionsinventar.pdf) [04.07.2013]
- 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-BY – 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-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2011) Fleischleistungsprüfung in Bayern 2011. [http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2011.pdf](http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2011.pdf) [13.06.2012]
- LKV-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2012) Fleischleistungsprüfung in Bayern 2012. [http://www.lkv.bayern.de/media/flp\\_jahresbericht2012.pdf](http://www.lkv.bayern.de/media/flp_jahresbericht2012.pdf) [06.05.2013]
- LKV-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2015a) LKV Fleischleistungsprüfung 2014 - Zuchtsauenhaltung. [http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp\\_14\\_fe.pdf](http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp_14_fe.pdf) [14.07.2015]
- LKV-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2015b) LKV Fleischleistungsprüfung 2014 - Schweinemast. [http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp\\_14\\_sm.pdf](http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp_14_sm.pdf) [14.07.2015]
- LKV-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2016a) LKV Fleischleistungsprüfung 2015 - Zuchtsauenhaltung. [http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp\\_15\\_fe.pdf](http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp_15_fe.pdf) [05.04.2016]

- LKV-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2016b) LKV Fleischleistungsprüfung 2015 – Schweinemast. [http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp\\_15\\_sm.pdf](http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp_15_sm.pdf) [05.04.2016]
- LKV-SN – SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V. (2012) Jahresbericht 2011. [http://www.lkvsachsen.de/fileadmin/lkv/redaktion/download/administratives/verband/LKV\\_Jahresbericht\\_2011.pdf](http://www.lkvsachsen.de/fileadmin/lkv/redaktion/download/administratives/verband/LKV_Jahresbericht_2011.pdf) [07.05.2013]
- LKV-SN – SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V. (2013) Jahresbericht 2012. [http://www.lkvsachsen.de/fileadmin/lkv/redaktion/download/administratives/verband/LKV\\_Jahresbericht\\_2012\\_WEB\\_01.PDF](http://www.lkvsachsen.de/fileadmin/lkv/redaktion/download/administratives/verband/LKV_Jahresbericht_2012_WEB_01.PDF) [07.05.2013]
- LKV-SN – SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V. (2014) Jahresbericht 2013. <http://www.lkvsachsen.de/fileadmin/lkv/redaktion/news/aktuelles/Jahresbericht2013.pdf> [30.06.2014]
- LKV-SN – SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V. (2015) Jahresbericht 2014. [http://www.lkvsachsen.de/fileadmin/lkv/redaktion/download/administratives/verband/Jahresbericht\\_2014.pdf](http://www.lkvsachsen.de/fileadmin/lkv/redaktion/download/administratives/verband/Jahresbericht_2014.pdf) [05.04.2016]
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2005) Jahresbericht 2004. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2006) Jahresbericht 2005. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2007) Jahresbericht 2007. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2008) Jahresbericht 2008. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2009) Jahresbericht 2009. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7>
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2010) Jahresbericht 2010. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=download&dldid=187> [20.07.2011]
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2011) Jahresbericht 2011. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=download&dldid=219> [13.06.2012]
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2012) Jahresbericht 2012. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=download&dldid=253> [07.05.2013]
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2013) Jahresbericht 2013. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7> [29.04.2014]
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2014) Jahresbericht 2014. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7> [14.07.2015]
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2015) Jahresbericht 2015. <http://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7> [05.04.2016]
- LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2016) Jahresbericht 2016. <https://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7> [20.03.2017]
- LSZ – LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT BOXBERG, Baden-Württemberg (2007) Kurzfassung Schweinereport Baden-Württemberg, Wirtschaftsjahr 2005/2006. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1202507\\_1/LSZ\\_Schweinereport%20Kurzfassung-07.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1202507_1/LSZ_Schweinereport%20Kurzfassung-07.pdf) [24.07.2007]
- LSZ – LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT BOXBERG, Baden-Württemberg (2008a) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2007/2008. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232304\\_1/LSZ\\_Schweinermast\\_Schweinereport\\_doc.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232304_1/LSZ_Schweinermast_Schweinereport_doc.pdf) [17.06.2008]
- LSZ – LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT BOXBERG, Baden-Württemberg (2008b) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2007/2008. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1233125\\_1/LSZ\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1233125_1/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport.pdf) [17.06.2008]
- LSZ – LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT BOXBERG, Baden-Württemberg (2009a) Erste Ergebnisse zur Schweinemast aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2008/2009. <http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1277103/index.pdf> [17.05.2010]
- LSZ – LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT BOXBERG, Baden-Württemberg (2009b) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2008/2009. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1284923\\_1/LSZ\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport2009.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1284923_1/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport2009.pdf) [17.05.2010]
- LSZ – LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT BOXBERG, Baden-Württemberg (2010) Erste Ergebnisse zur Ferkelerzeugung aus dem Schweinereport Baden-Württemberg 2009/2010. [https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1313448\\_1/LSZ\\_Teil%201\\_Ferkelerzeugung\\_Schweinereport2010%20biol.pdf](https://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1313448_1/LSZ_Teil%201_Ferkelerzeugung_Schweinereport2010%20biol.pdf) [20.07.2011]
- LWK-NI - LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2007) Düngeempfehlungen Stickstoff. Getreide, Raps, Hackfrüchte. <http://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/8200.html>
- LWK-NW - LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (2004 to 2011) Milchleistungsfutter im Test. Energetische Futterwertprüfungen. <<http://www.riswick.de/versuche/tierhaltung/futterwertpruefung/index.htm>> [quoted 04.05.2012]
- LWK-NW - LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (2006) Verfahrenstechnik in der Broilermast. <http://www.landwirtschaftskammer.de/fachangebot/tierproduktion/gefluegelhaltung/management/broilermast.htm> [15.03.2008]
- LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2010) Schweinereport 2010. [http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Tier/Tier\\_2010/Schweinereport\\_2010.pdf](http://www.lwksh.de/cms/fileadmin/user_upload/Downloads/Tier/Tier_2010/Schweinereport_2010.pdf) [20.07.2011]
- LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2011) Schweinereport 2011. [http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2011.pdf](http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2011.pdf) [13.06.2012]

- LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2012) Schweinereport 2012.  
[http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2012.pdf](http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2012.pdf)  
 [07.05.2013]
- LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2013) Schweinereport 2013.  
[http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2013.pdf](http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2013.pdf)  
 [29.04.2014]
- LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2014) Schweinereport 2014.  
[http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2014.pdf](http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2014.pdf)  
 [14.07.2015]
- LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2015) Schweinereport 2015.  
[http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2015\\_LWK.pdf](http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2015_LWK.pdf)  
 [05.04.2016]
- LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2016) Schweinereport 2016.  
[http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport\\_2016\\_LK.pdf](http://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2016_LK.pdf)  
 [03.03.2017]
- 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 (ab 2009). MEG-Marktbilanz Eier und Geflügel. 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> [13.01.2011]
- MENKE A (2011) Milchleistungsfutter im Test. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.  
<http://www.riswick.de/versuche/tierhaltung/futterwertpruefung/milchleistungsfutter-540.htm> [26.05.2011]
- MLUR-BB - MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2002) Agrarbericht 2002. Bericht zur Lage der Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg. [http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2002.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2002.pdf).
- MLUR-BB - MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2007) Agrarbericht 2007. Bericht zur Lage der Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg.  
[http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2007.pdf](http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2007.pdf)
- MLUV-BB – MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, BRANDENBURG (2005) Agrarbericht 2005 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg.  
[http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2005.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2005.pdf)
- MLUV-BB – MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, BRANDENBURG (2006) Agrarbericht 2006 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg.  
[http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2006.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2006.pdf)
- MLUV-BB – MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, BRANDENBURG (2007) Agrarbericht 2007 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg.  
[http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2007.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2007.pdf)
- MLUV-BB – MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG, UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ, BRANDENBURG (2008) Agrarbericht 2008 zur Land- und Ernährungswirtschaft des Landes Brandenburg.  
[http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb\\_2008.pdf](http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/agb_2008.pdf)
- MMB (2016) berechnung des potenziellen Legehennenbestandes auf neuer Basis. *DGS Magazin* 28/2016, Ulmer, Stuttgart, 6
- MONTETH JL (1984) Consistency and convenience in the choice of units for agricultural science. *Expl Agric* 20, 105-117
- MONTENY GJ, ERISMAN JW (1999) Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Netherlands J Agric Sci* 46, 225-247
- MOSIER AR, GUENZI WD, SCHWEIZER EE (1986) Soil losses of Dinitrogen and Nitrous Oxide from Irrigated Crops in Northeastern 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
- NEUMANN J, WYCISK P (2002) Mittlere jährliche Grundwasserneubildung. *Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland – Relief, Boden und Wasser*, 144 – 145. [http://archiv.nationalatlas.de/wp-content/art\\_pdf/Band2\\_144-145\\_archiv.pdf](http://archiv.nationalatlas.de/wp-content/art_pdf/Band2_144-145_archiv.pdf)  
 [27.09.2016]
- NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR STATISTIK, HANNOVER  
 see Statistische Landesämter
- NIR 2018 – National Inventory Report for the German Greenhouse Gas Inventory 1990 – 2016, Federal Environment Agency (Umweltbundesamt), Dessau, Germany. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/submission-under-the-united-nations-framework-3>
- NMELF – NIEDERSÄCHSISCHES MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN. TIERPRODUKTION IN NIEDERSACHSEN. Annual reports. <http://edok.ahb.niedersachsen.de/07/365398365.htm>
- OFFERMANN F, BANSE M, FREUND F, HAß M, KREINS P, LAQUAI V, OSTERBURG B, PELKAN J, RÖSEMANN C, SALAMON P (2018) Thünen-Baseline 2017 – 2027: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Institut, Thünen Report 56, pp 116
- 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
- PENNSYLVANIA COLLEGE OF AGRICULTURAL SCIENCES (2011) Calf Rumen Images. <http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/nutrition/calves/rumen> [15.02.2011]
- PETERSEN J (1993) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1994. Ulmer, Stuttgart, pp. 160-173
- PETERSEN J (1994) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1995. Ulmer, Stuttgart, p. 164
- PETERSEN J (1995) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1996. Ulmer, Stuttgart, p. 181
- PETERSEN J (1996) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1997. Ulmer, Stuttgart, pp. 176-191
- PETERSEN J (1997) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1998. Ulmer, Stuttgart, p. 192
- PETERSEN J (1998) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1999. Ulmer, Stuttgart, p. 193
- PETERSEN J (1999) Faustzahlen zur Betriebswirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2000. Ulmer, Stuttgart, pp. 186-200
- PFLSCHG (2012) Gesetz zur Neuordnung des Pflanzenschutzgesetzes, Bundesgesetzblatt (BGBl), Jahrgang 2012, Teil I, Nr. 7, § 64.
- POTTGÜTER R (2016) Längere Legedauer optimal unterstützen. Fütterung von Legehennen in verlängerter Produktion. *DGS Magazin* 18/2016, Ulmer, Stuttgart, 21-24
- POULSEN HG, KRISTENSEN VF (1998) Standard Values for Farm Manure. A Revaluation of the Danish Standard Values concerning the Nitrogen, Phosphorus and Potassium Content of Manure. DIAS report 7. Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum. 160 pp.
- PTB – PHYSIKALISCHE-TECHNISCHE BUNDESANSTALT (2007) Themenschwerpunkt: Das Internationale Einheitensystem (SI). PTB-Mitteilungen, Fachorgan für Wirtschaft und Wissenschaft, Amts- und Mitteilungsblatt der PTB Braunschweig und Berlin. Sonderdruck aus 117. Jahrgang, Heft 2, Juni 2007. <http://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/publikationen/DasInternationaleEinheitensystem.pdf>
- 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>
- REICHENBACH S (2011) <http://www.kamerunschafe-aus-eichelborn.de/kamerunschafe/fuetterung/fuetterung-der-mutterschafe-und-laemmeraufzucht/> [12.10.2016]
- 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
- REIFSNYDER WE, MCNAUGHTON KG, MILFORD JR (1991) Symbols, units, notation. A statement of journal policy. *Agric Forest Meteorol* 54, 389-397
- RHG – RAIFFEISEN HAUPTGENOSSENSCHAFT HANNOVER (2006) Geflügel-Mischfutter Sackwaren-Programm mit Einsatzempfehlung. <http://www.rhg-hannover.de/pdf/futtermittel/gefluegelfutterflyer.pdf> [12.10.2006]
- 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, SORESENSEN 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>
- ROßKOPF N, FELL H, ZEITZ J (2015) Organic soils in Germany, their distribution and carbon stocks; *Catena* 133 (2015) 157–170
- RÖSEMANN C, HAENEL H-D, PODDEY E, DÄMMGEN U, DÖHLER H, EURICH-MENDEN B, LAUBACH P, DIETERLE M, UND OSTERBURG B (2011) Calculations of gaseous and particulate emissions from German Agriculture 1990 – 2009. *Landbauforsch, Special Issue* 342, pp 389
- RÖSEMANN C, HAENEL H-D, DÄMMGEN U, PODDEY E, FREIBAUER A, WULF S, EURICH-MENDEN B, DÖHLER H, SCHREINER C, BAUER B, OSTERBURG B (2013) Calculations of gaseous and particulate emissions from German Agriculture 1990 – 2011. *Thünen Report* 1, pp 386
- RÖSEMANN C, HAENEL H-D, DÄMMGEN U, FREIBAUER A, WULF S, EURICH-MENDEN B, DÖHLER H, SCHREINER C, BAUER B, OSTERBURG B (2015) Calculations of gaseous and particulate emissions from German Agriculture 1990 – 2013. *Thünen Report* 27, pp 372
- RÖSEMANN C, HAENEL H-D, DÄMMGEN U, FREIBAUER A, DÖRING U, WULF S, EURICH-MENDEN B, DÖHLER H, SCHREINER C, OSTERBURG B (2017) Calculations of gaseous and particulate emissions from German Agriculture 1990 – 2015. *Thünen Report* 46, pp 424
- ROTH U, DÖHLER H, HARTMANN S, WULF S (2011) Treibhausgasbilanzen und CO<sub>2</sub>eq-Vermeidungskosten landwirtschaftlicher Biogasanlagen. In: *Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven*. KTBL-Schrift 488, Darmstadt, 196-208
- RUDAZ AO, WÄLTJ E, KYBURZ G, LEHMANN P, FUHRER J (1999) Temporal variation in N<sub>2</sub>O and N<sub>2</sub> fluxes from a permanent pasture in Switzerland in relation to management, soil water content and temperature. *Agriculture Ecosystems Environment* 73, 83-91
- SCHOLZ A, ZACHARIAS B (2008) Schweinereport Baden-Württemberg 2006/2007. *Landinfo* 1/2008. [http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1220152/landinfo\\_Schweinereport%20\(Scholz,%20Dr.%20Zacharias\).pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1220152/landinfo_Schweinereport%20(Scholz,%20Dr.%20Zacharias).pdf)
- SCHULTHEIS U, KLAGES-HABERKERN 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\\_1/Ferkelproduktion\\_in\\_%20Suedd\\_kurz\\_051125.pdf](http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1187451_1/Ferkelproduktion_in_%20Suedd_kurz_051125.pdf)
- SEGGER V (Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und der ländlichen Räume, Schwäbisch Gmünd) (2005b) Schweinemast in Süddeutschland – Chancen und Risiken. [http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1187452/Schweinemast\\_in\\_Sueddeutschl\\_kurz\\_291105.pdf](http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/show/1187452/Schweinemast_in_Sueddeutschl_kurz_291105.pdf)

- SESKEVICIENE J, JANKOWSKI J, KOZLOWSKI S (2005) Effect of probiotic preparation and phytogeneous feed additive on digestibility of nutrients, metabolizability of gross energy and content of metabolizable energy of a practical feed ration for fattening turkeys. Arch. Geflügelkd. 69:107-109.
- SIMON I, STEGEMANN J (2009) Mit Weizen die Futterkosten senken. DGS Magazin 45/2009, Ulmer, Stuttgart, 38-42
- SLL – SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2004). Sächsischer Tierzuchtbericht 2003. <http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/9203.htm>
- SMIL V (1999) Nitrogen in crop production: An account of global flows. Global Biogeochem Cycles 13, 647-662
- SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2000). Sächsischer Agrarbericht 2000. [http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/3\\_erzeugung\\_und\\_vermarktung.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/3_erzeugung_und_vermarktung.pdf)
- SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2002). Sächsischer Agrarbericht 2002. [http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/agrarbericht\\_2002.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/agrarbericht_2002.pdf)
- SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2003). Sächsischer Agrarbericht 2003. [http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/Agrarbericht\\_2003\\_2\\_MB.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/Agrarbericht_2003_2_MB.pdf)
- SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2005). Sächsischer Agrarbericht 2004 [http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/pdf\\_agrarbericht2004.pdf](http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/downloads/pdf_agrarbericht2004.pdf)
- SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2007). Sächsischer Agrarbericht 2006 <https://publikationen.sachsen.de/bdb/showDetails.do?id=9223>
- SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2008). Schweine-Report 2007 [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3965\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/3965_1.pdf)
- SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2009). Schweine-Report 2008 [http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4560\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/lfl/publikationen/download/4560_1.pdf)
- SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2010). Agrarbericht in Zahlen 2010. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/showDetails.do?id=4303100>
- SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2012). Tierzuchtbericht 2012 <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14730/documents/17599> [13.06.2012]
- SNEATH RW, CHADWICK DR, PHILLIPS VR, PAIN BF (1997). A UK inventory of nitrous oxide emissions from farmed livestock. Commissions WA 0604 and WA 0605, SRI/IGER, May 1997.
- SOMMER SG (2001): Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. European Journal of Agronomy 14, 123-133
- SPEK WJ, DIJKSTRA J, VAN DUINKERKEN G, HENDRIKS WH, BANNINK A (2013): Prediction of urinary nitrogen and urinary urea nitrogen excretion by lactating dairy cattle in northwestern Europe and North America: A meta-analysis. J. Dairy Sci. 96:4310-4322
- SPIEKERS H (2002): Empfehlungen zur Fütterung der Hochleistungskuh in den Phasen Laktationsende, Trockenstehzeit und Laktationsbeginn. 29. Viehwirtschaftliche Tagung, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein 2002, pg. 3
- STATBA FS3 R 3 - Statistisches Bundesamt (annual reports). 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). Fachserie 3 Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- STATBA FS3 R 4.2.2 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3 Reihe 4.2.2 Milcherzeugung und –verwendung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- STATBA FS4 R 8.2 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 4 Reihe 8.2 Düngemittelversorgung. 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 Eiererzeugung
  - Reihe C III-1-j/XX Viehbestand
  - Reihe C II-j/XX Ernteberichterstattung und Feldfrüchte
  - Reihe C I-j/XX: Bodennutzung
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2014) GENESIS Online-Datenbank. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon>
- 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. Cycl. 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
- STMELF - BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (o.J.): HI-Tier – Datenbank.  
<http://www.hi-tier.de/zdb-adress.html>
- STOCKHOLM CONVENTION (2001) The Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, opened for signature May 23, 2001, UN Doc. UNEP/POPS/CONF/4, App. II (2001), reprinted in 40 ILM 532 (2001). <http://irptc.unep.ch/pops/>
- STREITZ E (2008) Die Reserven aufspüren. *DGS Magazin* 5/2008, Ulmer, Stuttgart, 10-14
- SYNGENTA AGRO (2015) Dep. „Zulassung und Produktsicherheit“, personal communication.
- 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, NATURSCHUTZ 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
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2012) Merkblatt „Eigenschaften von Biogasgülle“.  
<http://www.db-thueringen.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-26323/bwx21012.pdf> [10 June 2013]
- TI - JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (2016): Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen Landwirtschaft und LULUCF. Anlage zum Konzept Emissions- und Kohlenstoffinventare im nachgeordneten Bereich des BMEL vom 16.09.2016. Version 2.01, Stand vom 16.09.2016
- TIEMEYER B, BORRAZ EA, AUGUSTIN J, BECHTOLD M, BEETZ S, BEYER C, DRÖSLER M, EBEL M, EICKENSCHIEDT T, FIEDLER S, FÖRSTER C, FREIBAUER A, GIEBELS M, GLATZEL S, HEINICHEN J, HOFFMANN M, HÖPER H, JURASINSKI G, LEIBER-SAUHEITL K, PEICHL-BRAK M, ROSKOPF N, SOMMER M, ZEITZ J (2016) High emissions of greenhouse gases from grasslands on peat and other organic soils. *Global Change Biology*, Vol. 22, 4134-4149
- TLL – THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2011): Entwicklung der Tierzucht in Thüringen, Berichtsjahr 2010. Schriftenreihe Landwirtschaft und Landschaftspflege in Thüringen, Heft 4/2011.  
[http://www.tll.de/ainfo/pdf/tzb\\_0611.pdf](http://www.tll.de/ainfo/pdf/tzb_0611.pdf)
- TMLFUN – THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN, UMWELT UND NATURSCHUTZ (2011) Bericht zur Entwicklung der Landwirtschaft in Thüringen 2011 (Berichtsjahre 2009 - 2010).  
<http://www.thueringen.de/de/publikationen/pic/pubdownload1232.pdf> [13 June 2012]
- TÜLLER R (1989) Faustzahlen zur Geflügelmast. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 1990. Ulmer, Stuttgart, pp. 54-56
- TÜLLER R (1999) Faustzahlen zur Geflügelmast. *Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft* 2000. Ulmer, Stuttgart, pp. 120-135
- TVL – THÜRINGER VERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNGEN IN DER TIERZUCHT E.V. (2014) Jahresbericht 2013.  
<http://www.tvlev.de/cms/sites/default/files/downloads/publikationen/SKBR%20Jahresbericht%202013.pdf> [04.05.2016]
- TVL – THÜRINGER VERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNGEN IN DER TIERZUCHT E.V. (2015) Jahresbericht 2014.  
[http://www.tvlev.de/cms/sites/default/files/downloads/publikationen/SKBR%20Jahresbericht%202014\\_0.pdf](http://www.tvlev.de/cms/sites/default/files/downloads/publikationen/SKBR%20Jahresbericht%202014_0.pdf) [04.05.2016]
- TVL – THÜRINGER VERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNGEN IN DER TIERZUCHT E.V. (2016) Jahresbericht 2015.  
[http://www.tvlev.de/cms/sites/default/files/downloads/publikationen/TVL%20Jahresbericht%202015\\_Endfassung\\_01-04-16.pdf](http://www.tvlev.de/cms/sites/default/files/downloads/publikationen/TVL%20Jahresbericht%202015_Endfassung_01-04-16.pdf) [15.05.2016]
- TVL – THÜRINGER VERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNGEN IN DER TIERZUCHT E.V. (2017) Jahresbericht 2016.  
<http://www.tvlev.de/cms/sites/default/files/downloads/publikationen/TVL%20Jahresbericht%202016.pdf> [22.03.2016]
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2008) Deutsches Treibhausgasinventar 1990 – 2006. Nationaler Inventarbericht 2008. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Umweltbundesamt, Berlin. 534 pp.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2010): Qualitätssystem Emissionsinventare. Handbuch zur Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung bei der Erstellung von Emissionsinventaren und der Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen sowie der EU-Entscheidung 280/2004/EG, Dessau-Roßlau. Stand 16.09.2010.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2016a): Aktualisierung der Eingangsdaten und Emissionsbilanzen biogener Energienutzungspfade. UBA-Texte 09/2016. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, pp.191.
- UBA – UMWELTBUNDESAMT (2016b): Qualitätssystem Emissionsinventare – QSE Handbuch. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, pp. 235, unveröffentlicht.
- 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)
- UNECE (1991). Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution Concerning the Control of Emissions of Volatile Organic Compounds or Their Transboundary Fluxes.  
[www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1991.VOC.e.pdf](http://www.unece.org/env/lrtap/full%20text/1991.VOC.e.pdf)



- UNECE (1999) V. Guidance document on control techniques for preventing and abating emissions of ammonia. Seventeenth session, Gothenburg (Sweden), 29 - 3 Dec 1999, EB.AIR/1999/2
- UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (2009) Report of the individual review of the greenhouse gas inventories of Germany submitted in 2007 and 2008.  
[http://unfccc.int/documentation/documents/advanced\\_search/items/3594.php?rec=j&prirref=600005219#beg](http://unfccc.int/documentation/documents/advanced_search/items/3594.php?rec=j&prirref=600005219#beg)
- UNFCCC – UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (2017) National Inventory Submissions 2017.  
[http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/items/10116.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/10116.php) [12 June 2017]
- URSELMANS S, DAMME K (2011) Deutliche Leistungsunterschiede zwischen den Genotypen. 8. Bayerischer Herkunftsvergleich von Legehybriden in Bodenhaltung. DGS Magazin 1/2011, Ulmer, Stuttgart, 23-30
- URSELMANS S, DAMME K (2012) Deutliche Unterschiede. 9. Bayerischer Herkunftsvergleich von Legehybriden. DGS Magazin 18/2012, Ulmer, Stuttgart, 10-16
- URSELMANS S, DAMME K (2015) Eine Option für Direktvermarkter. Längere Nutzung von Legehennen. DGS Magazin 27/2015, Ulmer, Stuttgart, 29-33
- 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
- VANDRÉ R, WULF S, HÄUBERMANN U, HORLACHER, D (2012) N<sub>2</sub>O emissions from solid manure storage. Calculation of a national emission factor. Association for Technology and Structures in Agriculture (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, KTBL). Darmstadt, pp 15
- VANDRÉ R, WULF S, HÄUBERMANN U, HORLACHER, D (2012) N<sub>2</sub>O emissions from solid manure storage - Calculation of a national emission factor. LANDTECHNIK 68(1), 38-42
- VAN ES AJH (1975) Feed evaluation for dairy cows. Livest Prod Sci 2, 95-107
- VERMOESEN A, VAN CLEEMPUT O, HOFMAN G (1996) Long-term measurements of N<sub>2</sub>O emissions. Energy Convers Management 6-8, 1279-1284
- VERSUCHSWESEN PFLANZENBAU RHEINLAND-PFALZ (2005) Versuchsbericht Körnerleguminosen 2005. Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum. Bericht 6 / 2005. Bad Kreuznach: Dienstleistungszentrum Ländlicher Raum. 44 pp
- VTI - JOHANN HEINRICH VON THÜNEN-INSTITUT (2012): Ausführungsbestimmung zur Erstellung von Emissions- und Kohlenstoffinventaren und deren Qualitätsmanagement für den Bereich der Quellgruppen 4 und 5. Anlage zum Konzept Emissions- und Kohlenstoffinventare im nachgeordneten Bereich des BMELV vom 01.03.2012. Version 1.01, Stand vom 31.08.2012
- 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
- WEIER KL, MACRAE IC, MYERS RJK (1993) Denitrification in a clay soil under pasture and annual crop: estimation of potential losses using intact soil cores. Soil Biol Biochem 25, 991-997
- WEIß J (2010) Grundfutterleistung einheitlich berechnen. <http://www.dlg.org/fileadmin/downloads/fachinfos/futtermittel/grundfutter.pdf> [29.06.2010]
- WEINGARTEN P (1995) Das „Regionalisierte Agrar- und Umweltinformationssystem für die Bundesrepublik Deutschland“ (RAUMIS). Ber Landwirtschaft 73, 272-302
- WEST TO, MCBRIDE AC (2005) The contribution of agricultural lime to carbon dioxide emissions in the United States: dissolution, transport, and net emissions. Agriculture, Ecosystems and Environment 108, 145-154
- WHG (2010): Wasserhaushaltsgesetz – Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushaltes. [http://www.gesetze-im-internet.de/whg\\_2009/BJNR258510009.html#BJNR258510009BJNG000100000](http://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/BJNR258510009.html#BJNR258510009BJNG000100000) [15 Sept 2014]
- WIEDMANN S, DAMME K (2008) Klare Unterscheide in der Leistung. DGS Magazin 9/2008, Ulmer, Stuttgart, 24-34
- ZDS – ZENTRALVERBAND DER DEUTSCHEN SCHWEINEPRODUKTION E.V. (1991 to 2014) Zahlen aus der Deutschen Schweineproduktion. Annual reports. ZDS, Bonn
- ZMB – ZENTRALE MILCHMARKT BERICHTERSTATTUNG GMBH (2009). ZMB-Jahrbuch Milch. ZMB, Berlin
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE FÜR ERZEUGNISSE DER LAND-, FORST- UND ERNÄHRUNGSWIRTSCHAFT GMBH (1990 to 2008). Eier und Geflügel. Annual reports. ZMP, Bonn
- ZMP – ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE FÜR ERZEUGNISSE DER LAND-, FORST- UND ERNÄHRUNGSWIRTSCHAFT GMBH (1990 to 2008). Milch. Annual reports. ZMP, Bonn

# Thünen Report

Bereits in dieser Reihe erschienene Hefte – *Volumes already published in this series*

1 - 39	siehe <a href="http://www.thuenen.de/de/infothek/publikationen/thuenen-report/">http://www.thuenen.de/de/infothek/publikationen/thuenen-report/</a>
40	Frank Offermann, Martin Banse, Claus Deblitz, Alexander Gocht, Aida Gonzalez-Mellado, Peter Kreins, Sandra Marquardt, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Claus Rösemann, Petra Salamon, Jörn Sanders <b>Thünen-Baseline 2015 – 2025: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland</b>
41	Stefan Kundolf, Patrick Küpper, Anne Margarian und Christian Wandinger <b>Koordination, Lernen und Innovation zur Entwicklung peripherer ländlicher Regionen Phase II der Begleitforschung zum Modellvorhaben <i>LandZukunft</i></b>
42	Sebastian Rüter, Frank Werner, Nicklas Forsell, Christopher Prins, Estelle Vial, Anne-Laure Levet <b>ClimWood2030 ‘Climate benefits of material substitution by forest biomass and harvested wood products: Perspective 2030’ Final Report</b>
43	Nicole Wellbrock, Andreas Bolte, Heinz Flessa (eds) <b>Dynamik und räumliche Muster forstlicher Standorte in Deutschland – Ergebnisse der Boden-zustandserhebung im Wald 2006 bis 2008</b>
44	Walter Dirksmeyer, Michael Schulte und Ludwig Theuvsen (eds) <b>Aktuelle Forschung in der Gartenbauökonomie – Nachhaltigkeit und Regionalität – Chancen und Herausforderungen für den Gartenbau – Tagungsband zum 2. Symposium für Ökonomie im Gartenbau</b>
45	Mirko Liesebach (ed) <b>Forstgenetik und Naturschutz – 5. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung am 15./16. Juni 2016 in Chorin – Tagungsband</b>
46	Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Ulrich Dämmgen, Annette Freibauer, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg <b>Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2015 Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2015</b>
47	Niko Sähn, Stefan Reiser, Reinhold Hanel und Ulfert Focken <b>Verfügbarkeit umweltrelevanter Daten zur deutschen Süßwasseraquakultur</b>
48	Markus Ehrmann <b>Modellgestützte Analyse von Einkommens- und Umweltwirkungen auf Basis von Testbetriebsdaten</b>
49	Mirko Liesebach, Wolfgang Ahrenhövel, Alwin Janßen, Manuel Karopka, Hans-Martin Rau, Bernd Rose, Randolph Schirmer, Dagmar Schneck, Volker Schneck, Wilfried Steiner, Silvio Schüller, Heino Wolf <b>Planung, Anlage und Betreuung von Versuchsflächen der Forstpflanzenzüchtung Handbuch für die Versuchsanstellung</b>
50	Tobias Mettenberger <b>Jugendliche Zukunftsorientierungen in ländlichen Mittelstädten Zur Rolle des alltäglichen (sozial-)räumlichen Kontexts beim Übergang von der Hauptschule in den weiteren Ausbildungsweg</b>
51	Stefan Neumeier <b>Modellvorhaben chance.natur – Endbericht der Begleitforschung –</b>

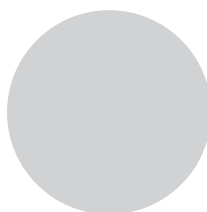


- 52** Andreas Tietz  
**Überregional aktive Kapitaleigentümer in ostdeutschen Agrarunternehmen: Entwicklungen bis 2017**
- 53** Peter Mehl (ed)  
**Aufnahme und Integration von Geflüchteten in ländliche Räume:  
Spezifika und (Forschungs-)herausforderungen**  
Beiträge und Ergebnisse eines Workshops am 6. und 7. März 2017 in Braunschweig
- 54** G. Rahmann, C. Andres, A.K. Yadav, R. Ardakani, H.B. Babalad, N. Devakumar, S.L. Goel, V. Olowe, N. Ravisankar, J.P. Saini, G. Soto, H. Willer  
**Innovative Research for Organic 3.0 - Volume 1**  
Proceedings of the Scientific Track at the Organic World Congress 2017 November 9-11 in Delhi, India
- 54** G. Rahmann, C. Andres, A.K. Yadav, R. Ardakani, H.B. Babalad, N. Devakumar, S.L. Goel, V. Olowe, N. Ravisankar, J.P. Saini, G. Soto, H. Willer  
**Innovative Research for Organic 3.0 - Volume 2**  
Proceedings of the Scientific Track at the Organic World Congress 2017 November 9-11 in Delhi, India
- 55** Anne Margarian unter Mitarbeit von Matthias Lankau und Alena Lilje  
**Strategien kleiner und mittlerer Betriebe in angespannten Arbeitsmarktlagen**  
Eine Untersuchung am Beispiel der niedersächsischen Ernährungswirtschaft
- 56** Frank Offermann, Martin Banse, Florian Freund, Marlen Haß, Peter Kreins, Verena Laquai, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Claus Rösemann, Petra Salamon  
**Thünen-Baseline 2017 – 2027: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland**
- 57** Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg  
**Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2016**  
**Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2016**





## Thünen Report 57



**Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 - 2016**

Report on methods and data (RMD) Submission 2018 (incl. tables)

**Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 - 2016**

Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2018 (inkl. Tabellen)

**Hans-Dieter Haenel et al., 2018**

Der Tabellenteil im Excel-Format ist verfügbar unter:  
<http://www.thuenen.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/>  
*The table part in the Excel format is available under:*  
<http://www.thuenen.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/>



THÜNEN

### **Thünen Report 57**

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

