Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2019

Report on methods and data (RMD) Submission 2021

Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2019

Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2021

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

Thünen Report 84

Bibliografische Information:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter 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

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter www.thuenen.de

Volumes already published in this series are available on the Internet at www.thuenen.de

Zitati onsvorschlag – *Suggested source citati on:*
Rösemann C, Haenel H-D, Vos C, Dämmgen U, Döring U, Wulf S, Eurich-Menden B, Freibauer A, Döhler H, Schreiner C, Osterburg B, Fuß R (2021) Calculati ons of gaseous and parti culate emissions from German agriculture 1990 – 2019 : Report on methods and data (RMD) Submission 2021. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 454 p, Thünen Rep 84, DOI:10.3220/REP1616572444000

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 84

Herausgeber/Redaktionsanschrift – *Editor/address*

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

thuenen-report@thuenen.de
www.thuenen.de

ISSN 2196-2324
ISBN 978-3-86576-223-8
DOI:10.3220/REP1616572444000
urn:nbn:de:gbv:253-202103-dn063510-2

Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2019

Report on methods and data (RMD) Submission 2021

Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2019

Report zu Methoden und Daten (RMD) Berichterstattung 2021

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

Thünen Report 84

Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Cora Voß, Ulrich Dämmgen, Roland Fuß
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
Coordination Units Climate and Soil
Stabsstellen Klima und Boden (TI-KB)
Bundesallee 49
38116 Braunschweig
Germany

Thünen Report 84

Braunschweig/Germany, March 2021

Contributing Authors / Beitragende Autoren

The following persons have made an important contribution to the content of individual chapters. The order of the persons‘ names follows the alphabetical order of the last names. The specified institution is the institution to which the persons concerned belong or belonged at the time of their last contribution to the report at hand.

Nachstehend genannte Personen haben einen wichtigen Beitrag zu den Inhalten einzelner Kapitel geleistet. Die Reihenfolge der Namen folgt der alphabetischen Ordnung der Familiennamen. Als Institution ist diejenige Institution angegeben, der die betreffenden Personen zum Zeitpunkt ihrer letzten Zuarbeit zum vorliegenden Bericht angehören bzw. angehörten.

Nele Dreisbach*

Chapters/Kapitel: 3.4.5.2, 4.1.1.2, 4.3.2, 4.5.2, 4.7.2, 4.7.6.1

Sven Grebe*

Chapters/Kapitel: 3.4.4, 4.3.1.2, Kap. 4.3.7.1.2

Julia Jaquemotte*

Chapters/Kapitel: 3.4.5.2, 4.3.2, 4.5.2, 4.7.2

* *Association for Technology and Structures in Agriculture*
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL)
Bartningstraße 49
64289 Darmstadt
Germany

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)
W. Hartmann (Association for Technology and Structures in Agriculture / Kuratorium für Technik und Bauwesen (KTBL), Darmstadt)
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. Jaquemotte (Association for Technology and Structures in Agriculture / Kuratorium für Technik und Bauwesen (KTBL), Darmstadt)
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)
R. Müller (Main Association for Liming, Cologne / Düngekalk-Hauptgemeinschaft, Köln)
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)
H. Spiekers (Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Grub-Poing)
R. Spielmanns (Federal Statistical Office / Statistisches Bundesamt, Bonn)
M. Thiele (German Buffalo Association, Penig / Deutscher Büffelverband, Penig)
The colleagues in the EAGER* Group

* 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)

CONTENTS / INHALT

List of Figures / Abbildungsverzeichnis XIII

List of Tables / Tabellenverzeichnis XIV

Abbreviations and acronyms / Abkürzungen und Akronyme XIX

Abstract / Zusammenfassung XXIII

1 Introduction / Einführung 1

2 Emission results in Submission 2021 / Emissionsergebnisse in Submission 2021 5

2.1 GHG emissions (CH_4, CO_2 and N_2O) / THG-Emissionen (CH_4, CO_2 und N_2O) 6

2.2 NH_3 emissions / NH_3-Emissionen 13

2.3 Comparison with Submission 2020 / Vergleich mit Submission 2020 19

2.4 Collection of input data and emission results / Sammlung von Eingangsdaten und Ergebnissen 21

3 Inventory preparation / Die Inventarerstellung 23

3.1 Symbols, units and definitions / Symbole, Einheiten und Definitionen 23

3.1.1 Symbols and units / Symbole und Einheiten 23

3.1.2 Definitions / Definitionen 25

3.1.2.1 Emissions, emission factors and activity data / Emissionen, Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 25

3.1.2.2 Animal place and animal number / Tierplatz und Tierzahl 27

3.1.2.2.1 Animal related units / Tierbezogene Einheiten 27

3.1.2.2.2 Average annual population / Mittlere jährliche Tierpopulation 27

3.1.2.2.3 Relation to animal places in practice / Zusammenhang mit Tierplätzen in der Praxis 28

3.1.2.3 Lifespan and duration of production cycle / Lebensdauer und Durchgangsdauer 29

3.1.2.4 Start weight, final live weight and carcass weight / Anfangs-, Lebendend- und Schlachtgewicht 29

3.1.2.5 Weight gain and weight gain rate / Gewichtzuwachs und Zuwachsrate 30

3.1.2.6 Mean weight / Mittleres Tiergewicht 31

3.1.2.7 Metabolic weight / Metabolisches Gewicht 31

3.2 The inventory model Py-GAS-EM / Das Inventar-Modell Py-GAS-EM 32

3.2.1 Guidance documents / Handbücher 32

3.2.2 Structure of the Py-GAS-EM model / Struktur des Py-GAS-EM-Modells 32

3.2.3 Choice of methodologies / Methodenwahl 35

3.2.4 The Py-GAS-EM Python package/ Das Py- GAS-EM Python Paket 35

3.2.5 Resolution in time and space / Zeitliche und räumliche Auflösung 36

3.3 Basic methodologies / Grundlegende Methoden 37

3.3.1 Energy requirements and feed intake of animals / Tierischer Energiebedarf und Futteraufnahme 38

3.3.2 CH_4 emissions from enteric fermentation / CH_4-Emissionen aus der Verdauung 40

3.3.3 Excretions / Ausscheidungen 41

3.3.3.1 Excretions of VS / VS-Ausscheidungen 41

3.3.3.2 Excretions of N and TAN (or UAN) / Ausscheidungen von N und TAN (bzw. UAN) 42

3.3.4 Emissions from manure management / Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management 45

3.3.4.1 CH_4 emissions / CH_4-Emissionen 45

3.3.4.2 NMVOC emissions from manure management / NMVOC-Emissionen aus Wirtschaftsdünger-Management 46

3.3.4.2.1 NMVOC Tier 1 methodology / NMVOC-Tier-1-Methode 47

3.3.4.2.2 NMVOC Tier 2 methodology / NMVOC-Tier-2-Methode 47

3.3.4.2.3 Uncertainties / Unsicherheiten 48

3.3.4.3 N emissions / N-Emissionen 49

3.3.4.3.1 N mass flow concept / N-Massenfluss-Konzept 49

3.3.4.3.2 Bedding in solid-manure systems / Einstreu in Festmistsystemen 51

3.3.4.3.3 Air scrubbing (NH_3 and particulate matter) / Abluftreinigung(NH_3 und Partikel) 52

3.3.4.3.4 Transformation processes in the storage / Transformationsprozesse im Lager 53

3.3.4.3.5 The emission calculation procedure / Berechnung der Emissionen 54

3.3.4.3.6 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 60

3.3.4.4 Digestion of manure and management of the digestate / Vergärung von Wirtschaftsdünger einschließlich Gärreste-Management 61

3.3.4.4.1 CH_4 emissions / CH_4-Emissionen 62

3.3.4.4.2 Emissions of N_2O, NO and N_2 / Emissionen von N_2O, NO und N_2 66

3.3.4.4.3 NH_3 emissions / NH_3-Emissionen 68

3.3.4.5 Emissions of particulate matter from animal husbandry / Partikelemissionen aus der Tierhaltung 72

3.3.5 Digestion of energy crops and management of the digestate / Vergärung von Energiepflanzen einschließlich Gärreste-Management 73

3.3.6 N_2O-Emissions from agricultural soils / N_2O-Emissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden 73
3.3.7 Projections for 2025 und 2030 / Projektionen für 2025 und 2030 74
3.4 Input data / Eingangsdaten 76
3.4.1 Referencing formats for Official German Statistics / Zitierweise für deutsche Offizialstatistiken 76
3.4.2 Animal numbers / Tierzahlen 76
3.4.2.1 Official surveys / Offizielle Erhebungen 77
3.4.2.2 Data used in the inventory / Im Inventar verwendete Daten 78
3.4.2.3 Comparison with livestock-population figures of the FAO / Vergleich mit Tierzahlen der FAO 82
3.4.3 Frequency distributions (housing, storage, spreading) and grazing data / Häufigkeitsverteilungen (Stall, Lager, Ausbringung) und Weidedaten 84
3.4.3.1 The years 1990 - 1999 (RAUMIS) / Die Jahre 1990 - 1999 (RAUMIS) 85
3.4.3.2 The year 2010 (LZ 2010) / Das Jahr 2010 (LZ 2010) 86
3.4.3.2.1 Housing systems, cattle / Haltungsverfahren, Rinder 87
3.4.3.2.2 Housing systems, pigs / Haltungsverfahren, Schweine 88
3.4.3.2.3 Housing systems, other animals / Haltungsverfahren, übrige Tiere 89
3.4.3.2.4 Slurry storage systems, cattle and pigs / Güllelagerverfahren, Rinder und Schweine 89
3.4.3.2.5 Other storage systems / Andere Lagerverfahren 90
3.4.3.2.6 Spreading of animal manures and digestate / Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Gärresten 90
3.4.3.2.7 Grazing times / Weidezeiten 91
3.4.3.3 The year 2015 (ASE 2016) / Das Jahr 2015 (ASE 2016) 92
3.4.3.4 Closure of the temporal data gaps / Schließung der zeitlichen Datenlücken 93
3.4.4 Data on the digestion of animal manures and energy crops / Daten zur Vergärung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen 95
3.4.4.1 Data bases used / Ausgangsdaten 95
3.4.4.2 Digestion of animal manures / Vergärung von Wirtschaftsdünger 95
3.4.4.2.1 Shares of digested manure and frequencies of gas tight residue storage / Anteile vergorenen Wirtschaftsdüngers und Häufigkeiten gasdichter Gärrestlager 95
3.4.4.2.2 Data for CH_4 emission calculations / Daten für CH_4-Emissionsberechnung 97
3.4.4.2.3 Data for the calculation of N_2O, NO and N_2 / Daten für die Berechnung von N_2O, NO and N_2 100
3.4.4.2.4 Data for the calculation of NH_3 / Daten für die Berechnung von NH_3 101
3.4.4.3 Digestion of energy crops / Vergärung von Energiepflanzen 103
3.4.5 Other activity data in animal husbandry / Andere Aktivitätsdaten in der Tierhaltung 103
3.4.5.1 Use of protein in pig feeding / Proteineinsatz in der Schweinefütterung 103
3.4.5.2 Air scrubber systems / Abluftreinigungsanlagen 104
3.4.6 Data gaps and uncertainties / Datenlücken und Unsicherheiten 105
3.5 Quality management / Qualitätsmanagement 105
3.5.1 Quality management of emission inventory preparation at the Thünen Institute / Qualitätsmanagement der Emissionsinventarerstellung am Thünen-Institut 105
3.5.1.1 Quality checks at the Thünen Institute / Qualitätskontrolle am Thünen-Institut 106
3.5.1.2 Documentation and Archiving / Dokumentation und Archivierung 107
3.5.1.3 Quality assurance by the NaKo / Qualitätssicherung durch die NaKo 107
3.5.1.4 Quality assurance by external checks / Qualitätssicherung durch externe Überprüfungen 107
3.5.2 Changes with respect to the previous submission / Änderungen gegenüber der vorherigen Berichterstattung 108

4 Cattle and buffalo / Rinder und Büffel 114
4.1 Animal numbers / Tierzahlen 114
4.1.1 Formation of subcategories / Untergliederung in Subkategorien 114
4.1.1.1 Cattle / Rinder 114
4.1.1.2 Buffalo / Büffel 115
4.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten 118
4.2 Parameters common to all cattle and buffalo / Gemeinsame Parameter aller Rinder und Büffel 119
4.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement 119
4.2.2 Emission factors for nitrogen emissions / Emissionsfaktoren für Stickstoffemissionen 120
4.2.2.1 NH_3 emission factors for housing and grazing / NH_3-Emissionsfaktoren für Stall und Weide 120
4.2.2.2 NH_3, N_2O and NO emission factors for storage / NH_3-, N_2O- und NO-Emissionsfaktoren der Lagerung 120
4.2.2.3 NH_3, N_2O and NO emission factors for spreading / NH_3-, N_2O- und NO-Emissionsfaktoren der Ausbringung 122
4.2.2.4 Uncertainties of the nitrogen emission factors / Unsicherheiten der Stickstoff-Emissionsfaktoren 123
4.3 Dairy cows / Milchkühe 125
4.3.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 125
4.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 125
4.3.1.2 Animal weights, weight gains and lifespans / Tiergewichte, Gewichtszunahmen und Lebensdauern 125
4.3.1.3 Milk yield and milk composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe 127

4.3.1.4 Pregnancy / Trächtigkeit 129
4.3.2 Energy requirements / Energiebedarf 129
4.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 132
4.3.3.1 German standard feeding recommendations / Deutsche Standard-Fütterungsempfehlungen 132
4.3.3.2 Modelling dry matter intake / Modellierung der Trockenmasseaufnahme 134
4.3.3.3 Modelling GE intake / Modellierung der GE-Aufnahme 136
4.3.3.4 Modelling the intake of XP and other nutrients / Modellierung der Aufnahme von XP und anderer Nährstoffe 137
4.3.3.5 Modelling of digestibilities / Modellierung der Verdaulichkeiten 137
4.3.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 137
4.3.5 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 138
4.3.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 139
4.3.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 139
4.3.7.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung 139
4.3.7.1.1 Total N excretion / Gesamt-N-Ausscheidung 139
4.3.7.1.2 TAN excretion / TAN- Ausscheidung 140
4.3.7.1.3 Partitioning of N excretions between different housing systems and grazing / Aufteilung der N-Ausscheidungen zwischen verschiedenen Haltungssystemen und Weidegang 141
4.3.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 142
4.3.7.3 Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und Weide 142
4.3.7.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 143
4.3.7.5 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 143
4.3.7.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 143
4.3.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 143
4.3.9 International comparison / Internationaler Vergleich 144
4.3.9.1 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 144
4.3.9.2 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 145
4.3.9.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 146
4.3.9.4 Emissions of particulate matter and NMVOC / Partikel- und NMVOC-Emissionen 146
4.3.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 147
4.4 Calves / Kälber 149
4.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 149
4.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 149
4.4.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen 150
4.4.2 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 150
4.4.2.1 German standard feeding recommendations / Deutsche Standard-Fütterungsempfehlungen 150
4.4.2.2 Feed and energy intake in the inventory model / Futter- und Energieaufnahme im Inventarmodell 151
4.4.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 153
4.4.4 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement 153
4.4.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 154
4.4.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 154
4.4.6.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung 154
4.4.6.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 155
4.4.6.3 Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide 155
4.4.6.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 155
4.4.6.5 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 155
4.4.6.6 Uncertainty of emission factors and activity data / Unsicherheit der Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 155
4.4.7 Emission of particulate matter / Partikelemissionen 155
4.4.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 156
4.5 Heifers (dairy heifers and female beef cattle)/ Färsen (Milchfärsen und weibliche Schlachtrinder) 157
4.5.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 157
4.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 157
4.5.1.2 Animal weights, weight gains and lifespans / Tiergewichte, Gewichtszunahmen und Lebensdauern 158
4.5.2 Energy requirements / Energiebedarf 160
4.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 163
4.5.3.1 German standard feeding recommendations / Deutsche Standard-Fütterungsempfehlungen 163
4.5.3.2 Modelling dry matter intake / Modellierung der Trockenmasseaufnahme 164
4.5.3.3 Modelling GE intake / Modellierung der GE-Aufnahme 166
4.5.3.4 Modelling the intake of XP and other nutrients / Modellierung der Aufnahme von XP und anderer Nährstoffe 167
4.5.3.5 Modelling of digestibilities / Modellierung der Verdaulichkeiten 167
4.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 167

4.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement 168
4.5.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 168
4.5.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 168
4.5.7.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung 168
4.5.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 169
4.5.7.3 Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und Weide 169
4.5.7.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 169
4.5.7.5 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 169
4.5.7.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 169
4.5.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 170
4.5.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 170
4.6 Male beef cattle / Männliche Mastrinder 172
4.6.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 172
4.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 172
4.6.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen 172
4.6.2 Energy requirements / Energiebedarf 176
4.6.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 176
4.6.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 177
4.6.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement 177
4.6.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 178
4.6.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 178
4.6.7.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung 178
4.6.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 178
4.6.7.3 Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und von der Weide 179
4.6.7.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 179
4.6.7.5 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 179
4.6.7.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 179
4.6.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 180
4.6.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 180
4.7 Suckler cows / Mutterkühe 181
4.7.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 181
4.7.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 181
4.7.1.2 Animal weight / Tiergewicht 182
4.7.2 Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme 182
4.7.3 Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung 184
4.7.4 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement 184
4.7.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 185
4.7.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 185
4.7.6.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung 185
4.7.6.2 N input with straw / N-Einträge mit Stroh 185
4.7.6.3 Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und von der Weide 185
4.7.6.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 186
4.7.6.5 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 186
4.7.6.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 186
4.7.7 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 186
4.7.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 186
4.8 Male cattle > 2 years / Männliche Rinder > 2 Jahre 188
4.8.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 188
4.8.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 188
4.8.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen 188
4.8.2 Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme 188
4.8.3 Methane from enteric fermentation /Methan aus der Verdauung 189
4.8.4 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement 189
4.8.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 190
4.8.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 190
4.8.6.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung 190
4.8.6.2 N input with straw / N-Eintrag mit Stroh 190
4.8.6.3 Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und von der Weide 190
4.8.6.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 190
4.8.6.5 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 191

4.8.6.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 191
4.8.7 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 191
4.8.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 191
4.9 Aggregated data for cattle except dairy cows (other cattle) / Zusammenfassung: Rinder ohne Milchkühe (übrige Rinder) 192
4.9.1 Animal numbers / Tierzahlen 192
4.9.2 Aggregation of IEF and animal characteristics / Aggregierung von IEF und Tiercharakteristika 192
4.9.2.1 Animal place-related quantities / Tierplatzbezogene Größen 193
4.9.2.2 Relative quantities / Relative Größen 194
4.9.2.3 Pregnancy / Trächtigkeit 196
4.9.3 International comparison / Internationaler Vergleich 196
4.9.3.1 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 196
4.9.3.2 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management 197
4.9.3.3 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 198
4.9.3.4 Emissions of particulate matter and NMVOC / Partikel- und NMVOC-Emissionen 198
4.9.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 199

5 Pigs / Schweine 200
5.1 Animal numbers / Tierzahlen 200
5.1.1 Formation of subcategories / Zur Untergliederung in Subkategorien 200
5.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten 200
5.2 Parameters common to all pigs / Gemeinsame Parameter aller Schweine 201
5.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdünger-Management 201
5.2.2 Emission factors for nitrogen emissions / Emissionsfaktoren für Stickstoffemissionen 202
5.2.2.1 NH_3 emission factors for housing / NH_3 -Emissionsfaktoren für Ställe 202
5.2.2.2 NH_3, N_2O and NO emission factors for storage / NH_3-, N_2O- und NO-Emissionsfaktoren der Lagerung 202
5.2.2.3 NH_3, N2O and NO emission factors for spreading / NH_3-, N2O- und NO-Emissionsfaktoren der Ausbringung 204
5.2.2.4 Uncertainties of the nitrogen emission factors / Unsicherheiten der Stickstoff-Emissionsfaktoren 206
5.3 Sows and suckling-pigs / Sauen und Saugferkel 207
5.3.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 207
5.3.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 207
5.3.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen 207
5.3.2 Energy requirements / Energiebedarf 208
5.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 209
5.3.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 211
5.3.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management 211
5.3.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 211
5.3.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 212
5.3.7.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung 212
5.3.7.2 Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh 213
5.3.7.3 Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall 213
5.3.7.4 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 213
5.3.7.5 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 213
5.3.7.6 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 214
5.3.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 214
5.3.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 214
5.4 Weaners / Aufzuchtferkel 215
5.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 215
5.4.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 215
5.4.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen 216
5.4.1.3 Duration of weaner lifespan / Dauer der Aufzuchtferkel-Lebensphase 217
5.4.2 Energy requirements / Energiebedarf 218
5.4.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 218
5.4.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 219
5.4.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement 219
5.4.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 220
5.4.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 220
5.4.7.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung 220
5.4.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 221
5.4.7.3 Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen 221
5.4.7.4 Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall 221

5.4.7.5 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 221
5.4.7.6 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 221
5.4.7.7 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 221
5.4.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 222
5.4.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 222
5.5 Fattening pigs / Mastschweine 223
5.5.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 223
5.5.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 223
5.5.1.2 Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen 223
5.5.1.3 Duration of fattening / Mastdauer 225
5.5.2 Energy requirements / Energiebedarf 225
5.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 229
5.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 231
5.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement 231
5.5.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 232
5.5.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 232
5.5.7.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung 232
5.5.7.2 Nitrogen inputs with straw / Stickstoff-Einträge mit Stroh 233
5.5.7.3 Frequency distribution of housing systems / Häufigkeitsverteilung der Stalltypen 233
5.5.7.4 Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall 233
5.5.7.5 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 233
5.5.7.6 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 233
5.5.7.7 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 234
5.5.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 234
5.5.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 234
5.6 Breeding boars / Zuchteber 235
5.6.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten 235
5.6.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 235
5.6.1.2 Animal weight / Tiergewicht 235
5.6.2 Energy requirements / Energiebedarf 235
5.6.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 236
5.6.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 236
5.6.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement 236
5.6.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 237
5.6.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 237
5.6.7.1 N and TAN excretion / N-und TAN-Ausscheidung 237
5.6.7.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 237
5.6.7.3 Housing and storage types / Stall- und Lager-Typen 237
5.6.7.4 Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall 237
5.6.7.5 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung 237
5.6.7.6 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 238
5.6.7.7 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 238
5.6.8 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 238
5.6.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 238
5.7 Pigs – collective description / Schweine – zusammenfassende Daten 239
5.7.1 Animal numbers /Tierzahlen 239
5.7.2 Aggregation of IEF and animal characteristics / Aggregierung von IEF und Tiercharakteristika 239
5.7.3 International comparison / Internationaler Vergleich 240
5.7.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 242

6 Small ruminants / Kleine Wiederkäuer 243
6.1 Animal numbers / Tierzahlen 243
6.1.1 Formation of subcategories / Untergliederung in Subkategorien 243
6.1.1.1 Sheep numbers / Schafzahlen 243
6.1.1.2 Goat numbers / Ziegenzahlen 244
6.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten 244
6.2 Parameters common to all small ruminants / Gemeinsame Parameter für alle kleinen Wiederkäuer 244
6.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdünger-Management 244
6.2.2 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 245
6.3 Adult sheep / Erwachsene Schafe 246
6.3.1 Animal weights / Tiergewichte 246

6.3.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 246
6.3.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 247
6.3.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 247
6.3.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 247
6.3.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 247
6.3.7 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 248
6.4 Lambs / Lämmer 249
6.4.1 Animal weights / Tiergewichte 249
6.4.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 250
6.4.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 250
6.4.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 250
6.4.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 250
6.4.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 251
6.4.7 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 251
6.5 Sheep – collective description / Schafe - zusammenfassende Daten 252
6.5.1 Mean animal weight / Mittleres Tiergewicht 252
6.5.2 Mean excretion rates / Mittlere Ausscheidungen 252
6.5.3 International comparison / Internationaler Vergleich 252
6.5.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 253
6.6 Goats / Ziegen 255
6.6.1 Animal weights and management details / Tiergewichte und Haltungsdetails 255
6.6.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 255
6.6.3 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdünger-Management 255
6.6.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 256
6.6.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 256
6.6.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 256
6.6.7 International comparison / Internationaler Vergleich 257
6.6.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 258

7 Horses, asses and mules / Pferde, Esel und Maultiere 259
7.1 Animal numbers / Tierzahlen 259
7.1.1 Formation of subcategories and consideration of mules and asses / Untergliederung in Subkategorien und Berücksichtigungvon Maultieren und Eseln 259
7.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten 259
7.2 Parameters common to all horses / Gemeinsame Parameter für alle Pferde 259
7.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management 259
7.2.2 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 260
7.3 Heavy horses / Großpferde 261
7.3.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme 261
7.3.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 261
7.3.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 262
7.3.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 262
7.3.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 262
7.3.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 263
7.3.7 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 263
7.4 Light horses and ponies / Kleinpferde und Ponys 264
7.4.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme 264
7.4.2 Methane from enteric fermentation / Methane aus der Verdauung 265
7.4.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 265
7.4.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 265
7.4.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 265
7.4.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 266
7.4.7 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 266
7.5 Horses– collective description / Pferde - zusammenfassende Daten 267
7.5.1 Animal weight and energy intake / Tiergewicht und Energieaufnahme 267
7.5.2 Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen 267
7.5.3 International comparison / Internationaler Vergleich 267
7.5.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 269

8 Poultry / Geflügel 270
8.1 Animal numbers / Tierzahlen 270
8.1.1 Formation of subcategories / Untergliederung in Subkategorien 270
8.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten 270
8.2 Emission factors for nitrogen emissions / Emissionsfaktoren für Stickstoffemissionen 271

8.2.1 N2O, NO and N2 from housing, storage and spreading / N2O, NO und N2 aus Stall, Lager und Ausbringung 271
Table 8.2: Poultry, partial emission factors for N2O-N, NO-N, and N2-N from housing and storage 271
(applied to Nexcr + Nstraw) 271
8.2.2 NH_3 emission factors / NH_3-Emissionsfaktoren 272
8.2.3 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 272
8.3 Laying hens / Legehennen 273
8.3.1 Animal numbers / Tierzahlen 273
8.3.2 Data on laying hen husbandry and egg production / Haltungs- und Legeleistungsdaten 274
8.3.3 Energy requirements / Energiebedarf 276
8.3.3.1 Metabolisable energy / Umsetzbare Energie 276
8.3.3.2 Metabolisable energy required for maintenance / Erhaltungsenergie 276
8.3.3.3 Metabolisable energy needed to obtain food / Energiebedarf für Nahrungsaufnahme 277
8.3.3.4 Metabolisable energy needed for egg production / Energiebedarf für Eiproduktion 277
8.3.3.5 Metabolisable energy for growth / Energiebedarf für Wachstum 277
8.3.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 278
8.3.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 278
8.3.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 279
8.3.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 279
8.3.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 279
8.3.8.1 N and UAN excretion / N- und UAN-Ausscheidung 279
8.3.8.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 281
8.3.8.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren 281
8.3.8.4 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 283
8.3.8.5 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 283
8.3.9 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 283
8.3.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 284
8.4 Broilers / Masthähnchen und –hühnchen 285
8.4.1 Animal numbers / Tierzahlen 285
8.4.2 Meat production / Fleischproduktion 285
8.4.2.1 Mean duration of fattening / Mittlere Mastdauer 285
8.4.2.2 Animal weights / Tiergewichte 286
8.4.2.2.1 Live weight / Lebendgewicht 286
8.4.2.2.2 Broiler meat production / Hähnchenfleischproduktion 286
8.4.3 Energy requirements / Energiebedarf 287
8.4.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 287
8.4.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 288
8.4.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 288
8.4.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 289
8.4.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 289
8.4.8.1 N and UAN excretion / N- und UAN-Ausscheidung 289
8.4.8.2 N intake with feed / N-Aufnahme über das Futter 290
8.4.8.3 N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper 290
8.4.8.4 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 291
8.4.8.5 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren 291
8.4.8.6 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 292
8.4.8.7 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 292
8.4.9 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 292
8.4.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 293
8.5 Pullets / Junghennen 294
8.5.1 Animal numbers / Tierzahlen 294
8.5.2 Animal weights and husbandry details / Tiergewichte und Haltungsdetails 295
8.5.3 Energy requirements /Energiebedarf 295
8.5.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 296
8.5.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 297
8.5.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 297
8.5.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 298
8.5.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 298
8.5.8.1 N and UAN excretion / N- und UAN-Ausscheidung 298
8.5.8.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 299
8.5.8.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren 299

8.5.8.4 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 300
8.5.8.5 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 300
8.5.9 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 300
8.5.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 300
8.6 Geese / Gänse 301
8.6.1 Animal numbers / Tierzahlen 301
8.6.2 Animal weights / Tiergewichte 301
8.6.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 301
8.6.4 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 301
8.6.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 302
8.6.6 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 302
8.6.7 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 303
8.6.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 304
8.7 Ducks / Enten 305
8.7.1 Animal numbers / Tierzahlen 305
8.7.2 Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer 305
8.7.3 Energy requirements / Energiebedarf 305
8.7.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme 306
8.7.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 307
8.7.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 307
8.7.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 307
8.7.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 307
8.7.8.1 N and UAN excretion / N- und UAN-Ausscheidung 308
8.7.8.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 308
8.7.8.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren 309
8.7.8.4 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 310
8.7.8.5 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 310
8.7.9 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 310
8.7.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 310
8.8 Turkeys / Puten 312
8.8.1 Animal numbers / Tierzahlen 312
8.8.2 Animal weights and fattening period durations / Tiergewichte und Mastdauern 313
8.8.3 Energy requirements / Energiebedarf 314
8.8.4 Feed intake and feed properties / Futteraufnahme und Futtereigenschaften 315
8.8.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 316
8.8.6 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management 316
8.8.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen 316
8.8.8 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies 317
8.8.8.1 N and UAN excretion / N- und UAN-Ausscheidung 317
8.8.8.2 N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh 317
8.8.8.3 Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren 318
8.8.8.4 Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 319
8.8.8.5 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten 319
8.8.9 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 319
8.8.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 319
8.9 Poultry – collective description / Geflügel - zusammenfassende Daten 320
8.9.1 Aggregated data for poultry / Zusammenfassende Daten für Geflügel 320
8.9.1.1 Animal numbers / Tierzahlen 320
8.9.1.2 Animal weights / Tiergewichte 320
8.9.1.3 Calculation of mean VS and N excretions / Berechnung mittlerer VS- und N-Ausscheidungen 321
8.9.1.4 Implied emission factors (IEF) / Aggregierte Emissionsfaktoren (IEF) 321
8.9.2 International comparison / Internationaler Vergleich 321
8.9.3 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 324

9 Deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals / Gehegewild, Kaninchen, Strauße und Pelztiere 325
9.1 Overview / Überblick 325
9.2 Animal numbers / Tierplatzzahlen 326
9.3 CH_4 from enteric fermentation / CH_4 aus der Verdauung 326
9.4 CH_4 from manure management and free range / CH_4 aus Wirtschaftsdünger-Management und Freiland 327
9.5 N emissions from housing and storage / N-Emissionen aus Stall und Lager 327
9.5.1 Excretions of total N and TAN / Ausscheidungen von Gesamt-N und TAN 328

9.5.2 NH_3 from housing and storage / NH_3 aus Stall und Lager 329
9.5.3 Direct N_2O from housing and storage / Direktes N_2O aus Stall und Lager 329
9.5.4 NO and N_2 from housing and storage / NO und N_2 aus Stall und Lager 330
9.5.5 Indirect N_2O from housing and storage / Indirektes N_2O aus Stall und Lager 330
9.6 NH_3 from spreading and free range / NH_3 aus Ausbringung und Freilandaufenthalt 331
9.7 N_2O from agricultural soils / N_2O aus landwirtschaftlichen Böden 331
9.7.1 Direct N_2O / Direktes N_2O 331
9.7.2 Indirect N_2O / Indirektes N_2O 332

10 Digestion of energy crops / Vergärung von Energiepflanzen 333
10.1 Activity data and parameters / Aktivitätsdaten und Parameter 333
10.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 335
10.2.1 Methodological Aspects and emission factors / Methodische Aspekte und Emissionsfaktoren 335
10.2.2 Uncertainties of the emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren 338
10.3 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 338

11 Direct emissions from managed agricultural soils and cultures / Direkte Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen und Kulturen 340
11.1 Application of mineral fertilizers / Mineraldüngerausbringung 342
11.1.1 Activity data: Amounts of fertilizers / Aktivitätsdaten: Düngermengen 342
11.1.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 343
11.1.2.1 Emissions of NH_3 / NH_3- Emissionen 343
11.1.2.2 Emissions of N_2O / N_2O-Emissionen 344
11.1.2.3 Emissions of NO / NO-Emissionen 344
11.1.2.4 Uncertainties of the N emissions / Unsicherheiten der N-Emissionen 345
11.2 Application of animal manures and digestates of animal manures / Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten 347
11.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten 347
11.2.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 347
11.3 Application of digestate from energy crops / Ausbringung der Gärreste aus der Energiepflanzen-Vergärung 349
11.3.1 Activity data / Aktivitätsdaten 349
11.3.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 349
11.4 Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen 350
11.4.1 Activity data / Aktivitätsdaten 350
11.4.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 352
11.4.2.1 Emissions of NH_3 / NH_3-Emissionen 352
11.4.2.2 Emissions of N_2O / N_2O-Emissionen 352
11.4.2.3 Emissions of NO / NO-Emissionen 352
11.5 Grazing / Weidegang 353
11.5.1 Activity data / Aktivitätsdaten 353
11.5.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 353
11.6 Management of organic soils / Bewirtschaftung organischer Böden 355
11.6.1 Activity data / Aktivitätsdaten 355
11.6.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 355
11.7 Crop residues / Ernterückstände 358
11.7.1 Activity data / Aktivitätsdaten 358
11.7.1.1 Area under cultivation / Anbauflächen 358
11.7.1.2 Yields / Erträge 358
11.7.1.3 Constants for agricultural crops and grassland / Konstanten für Grünland und Ackerland 358
11.7.1.3.1 Nitrogen content of the above-ground crop residues ($x_{N, above, i}$) / Stickstoff-Gehalte der oberirdischen Ernterückstände ($x_{N, above, i}$) 359
11.7.1.3.2 Nitrogen content of below ground crop residues ($x_{N, below, i}$) / Stickstoff-Gehalte der unterirdischen Ernterückstände ($x_{N, below, i}$) 359
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 ($x_{Y, DM, i}$ / $x_{AGR, DM, i}$): 359
11.7.1.3.4 Ratio of above ground crop residues to yield ($a_{above, i}$) / Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ($a_{above, i}$) 359
11.7.1.3.5 Ratio of below ground crop residues to above ground biomass ($a_{below, Bio, i}$) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur oberirdischen Biomasse ($a_{below, Bio, i}$) 360
11.7.1.3.6 Duration of cropped system ($x_{renew, i}$) and frequency of harvesting ($x_{mow, i}$) / Dauer der Kultur ($x_{renew, i}$) und Erntefrequenz der Kultur ($x_{mow, i}$) 360
11.7.1.4 Constants needed for horticultural crops and Strawberries / Für Gemüse und Erdbeeren benötigte Konstanten 361
11.7.1.4.1 Ratio of crop residues to yield (a_i) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte (a_i) 361

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 ($x_{N, yield, i}$): 361
11.7.1.4.3 Factor for not harvested horticultural crops (δ_{HC}) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse (δ_{HC}) 361
11.7.1.5 Overview of data used to estimate the activity data / Übersicht über die zur Aktivitätsdatenberechnung verwendeten Daten 362
11.7.1.6 Uncertainty of activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten 363
11.7.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 363
11.7.2.1 The method applied / Angewandte Methode 363
11.8 Mineralization of soil organic matter / Mineralisierung organischer Bodensubstanz 365
11.8.1 Activity data / Aktivitätsdaten 365
11.8.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 365
11.9 Field burning of agricultural residues / Verbrennen von Ernterückständen 366
11.9.1 Overview / Übersicht 366
11.9.2 Details / Details 366
11.10 CO_2 from liming / CO_2 aus Kalkung 367
11.10.1 Activity data / Aktivitätsdaten 367
11.10.1.1 Official data / Offizielle Daten 367
11.10.1.2 Share of Dolomite / Dolomit-Anteil 368
11.10.1.3 Conversion of fertilizer amounts into emission factor units / Umrechnung der Düngermengen auf Emissionsfaktor-Einheiten 369
11.10.1.4 Uncertainties of the activity data / Unsicherheit der Aktivitätsdaten 369
11.10.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 370
11.11 CO_2 from application of urea / CO_2 aus Harnstoffanwendung 371
11.11.1 Activity data / Aktivitätsdaten 371
11.11.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 371
11.12 NMVOC from cultivated crops / NMVOC aus landwirtschaftlichen Kulturen 373
11.12.1 Activity data / Aktivitätsdaten 373
11.12.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 374
11.13 Emissions of HCB / HCB-Emissionen 375
11.13.1 Activity data / Aktivitätsdaten 376
11.13.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 379
11.13.3 Recalculation / Rekalkulationen 380
11.13.4 Uncertainty of activity data and emission factors / Unsicherheiten von Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren 380
11.14 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen 381
11.14.1 Activity data / Aktivitätsdaten 381
11.14.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 381
11.15 International comparison / Internationaler Vergleich 382
11.16 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 384

12 Indirect N_2O emissions from agricultural soils / Indirekte N_2O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen 386
12.1 Deposition of reactive nitrogen / Deposition von reaktivem Stickstoff 386
12.1.1 Activity data / Aktivitätsdaten 386
12.1.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 387
12.2 Leaching and runoff of nitrogen / Ausgewaschener und abgeflossener Stickstoff 388
12.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten 388
12.2.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung 389
12.3 International comparison of data / Internationaler Datenvergleich 389
12.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 389

13 Fractions / Verhältniszahlen 390
13.1 $Frac_{GASF}$ 390
13.2 $Frac_{GASM}$ 390
13.3 $Frac_{LEACH}$ 390
13.4 International comparison of data / Internationaler Datenvergleich 391
13.5 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung 391

14 Overall emission inventory uncertainty / Emissionsinventar-Gesamtunsicherheit 392
14.1 Overview / Überblick 392
14.2 Gaussian error propagation and 95 % confidence interval / Gaußsche Fehlerfortpflanzung und 95 %-Konfidenzintervall 393
14.3 IEF uncertainty for methane / IEF-Unsicherheit für Methan 395
14.3.1 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung 395
14.3.2 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management 395
14.4 IEF uncertainties for N_2O, NO and N_2 / IEF-Unsicherheiten für N_2O, NO und N_2 395

14.4.1 IEF uncertainty for N_2O from manure management / IEF-Unsicherheit für N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management 395
14.4.2 IEF uncertainty for NO and N_2 from manure management / IEF-Unsicherheit für NO und N_2 aus dem Wirtschaftsdünger-Management 396
14.4.3 IEF uncertainty for N_2O from agricultural soils / IEF-Unsicherheit für N_2O aus landwirtschaftlichen Böden 396
14.5 IEF uncertainty for NH_3 from manure management / IEF-Unsicherheit für NH_3 aus dem Wirtschaftsdünger-Management 398
14.6 Total uncertainty of the German agricultural GHG inventory / Gesamtunsicherheit des deutschen landwirtschaftlichen THG-Inventars 400
14.6.1 Calculation methododology / Berechnungsmethodik 400
14.6.2 Special features of the uncertainties of activity data / Besonderheiten von Unsicherheiten der Aktivitätsdaten 400
14.6.3 Special features of the uncertainties of emission factors / Besonderheiten der Unsicherheiten von Emissionsfaktoren 400
14.6.4 Uncertainty table / Unsicherheitstabelle 401
14.7 Uncertainty of the German agricultural ammonia inventory / Unsicherheit des Ammoniak-Inventars für die deutsche Landwirtschaft 404

15 References / Quellenverzeichnis 406

List of Figures / Abbildungsverzeichnis

Figure 2.1: Annual THG emissions from German agriculture (Submission 2021) (GWP_{CH4} = 25, GWP_{N2O} = 298) 6

Figure 2.2: Development of CH_4 from enteric fermentation and manure management and N_2O emissions from manure management in % of 1990, Submission 2021 8

Figure 2.3: Development of animal numbers in % of 1990, Submission 2021 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 daily growth), Submission 2021 (GWP_{CH4} = 25, GWP_{N2O} = 298) 11

Figure 2.5: N_2O emissions from agricultural soils, Submission 2021 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 2019 (Submission 2021) 12

Figure 2.7: Annual NH_3 emissions from German agriculture for 1990 – 2019 (Submission 2021), National emission ceiling (NEC 2001) at 550 Gg a^{-1}, National emission ceiling from 2020-2030 (NEC 2016). No accounting of emissions from spreading of energy crops due to adjustment approved by the EU Comission. 13

Figure 2.8: Dairy cows and fattening pigs (Submission 2021): Percentages of NH_3 emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2019 15

Figure 2.9: Broilers and all animals (Submission 2021): Percentages of NH_3 emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2019 16

Figure 2.10: Dairy cows and fattening pigs: Performance-related total NH_3 emissions from animal husbandry, inluding grazing for dairy cows (for dairy cows per kg milk, for fattening pigs per kg of daily growth), Submission 2021 17

Figure 2.11: 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 2021) 18

Figure 2.12: Comparison of GHG emission results in Submission 2020 and Submission 2021 19

Figure 2.13: Comparison of NH_3 emission results in Submission 2020 and Submission 2021 20

Figure 3.1: Mass flow in agriculture 33

Figure 3.2: Concept and thematic contents of the Py-GAS-EM model 34

Figure 3.3: GHG emissions from livestock husbandry (Py-GAS-EM model) 37

Figure 3.4: Energies considered in animal metabolism 39

Figure 3.5: N flows in an animal subcategory (mammals) (Source: DÄMMGEN und HUTCHINGS, 2005) 49

Figure 3.6: N flows in an animal subcategory (birds) 51

Figure 3.7: Processes and quality control/assurance of the emission inventory preparation at Thünen Institute 106

Figure 4.1: Male beef cattle, comparison of weight gain data (ADR and HIT data sets on the national level) 175

Figure 5.1: Weaners, weight gain as a function of live weight. Variable data: LFL (2004b); solid line: linear approximation. 217

Figure 8.1: Laying hens, animal live weight data and related trends 275

Figure 8.2: Turkeys, typical animal weight and weight gain developments 313

Figure 11.1: Above and below ground parts of crops, tuber crops and grasses 359

List of Tables / Tabellenverzeichnis

Table 2.1: GHG emissions from German agriculture in Tg CO_{2eq} (Submission 2021) (GWP_{CH4} = 25, GWP_{N2O} = 298) 7
Table 2.2: Total national change of CH_4 emissions from manure management due to anaerobic digestion of manure (also in percent of the total CH_4 emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion; negative data: decrease of emissions), Submission 2021 10
Table 2.3: Total national change of direct N_2O emissions from manure management due to anaerobic digestion of manure (also in percent of total direct N_2O emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion; negative data: decrease of emissions), Submission 2021 10
Table 2.4: Ammonia emissions from German agriculture for 1990 - 2019 in Gg NH_3 (Submission 2021) 14
Table 2.5: Change of total NH_3 emissions from "housing + storage + spreading + grazing" due to anaerobic digestion of manure (also in percent of NH_3 emissions from the situation without anaerobic digestion; positive data: increase of emissions), Submission 2021 16
Table 3.1: List of symbols frequently used for quantities 23
Table 3.2: List of subscripts used to identify source categories and subcategories 24
Table 3.3: Abbreviations used for the German Federal States 24
Table 3.4: Tier 1 emission factors $EF_{NMVOC, MM}$ used for NMVOC emissions from manure management 47
Table 3.5: NMVOC, calculated total Tier 2 emission factors (IEF) for dairy cows and other cattle 48
Table 3.6: Straw properties in animal husbandry 52
Table 3.7: Digestion of manure, N_2O emissions 66
Table 3.8: Digestion of manure, NH_3 emissions 69
Table 3.9: Activity data used for the projections for 2030 and 2025 75
Table 3.10: Reference dates of the surveys and methods of data gap filling used in the inventory 81
Table 3.11: Number of animal places in the German emission inventory (in 1000, cattle including buffalo, horses including mules and asses) 82
Table 3.12: Digestion of manures, percentages of animal manures used as feedstock 96
Table 3.13: Digestion of manures, percentages of gas tight storage of digestate from animal manures 96
Table 3.14: Digestion of manure, comparison of mean N_2O-N emission factors for the four different manure management categories in the German inventory (related to N available) 101
Table 3.15: Digestion of manure, NH_3-N emission factors for pre-storage 102
Table 4.1: Cattle, categorisation and characterization 114
Table 4.2: Buffalo, animal numbers between 2000 and 2012 at national level 115
Table 4.3: Buffalo, comparison of Italian buffalo data (Submission 2020) for 2012 with respective data from all cattle categories of the German inventory (Submission 2021) 117
Table 4.4: Cattle, maximum methane producing capacity (B_o) and methane conversion factors (*MCF*) 119
Table 4.5: Cattle, partial emission factors for NH_3-N from housing (related to TAN) 120
Table 4.6: Cattle, partial emission factors for NH_3-N from storage (related to TAN) 120
Table 4.7: Cattle, partial emission factors for direct N_2O-N from housing and storage (applied to N_{excr} + N_{straw}) 121
Table 4.8: Cattle, NH_3-N emission factors for application of slurry and digested manure (related to TAN) 122
Table 4.9: Cattle, NH_3-N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN) 123
Table 4.10: Cattle, NH_3-N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN) 123
Table 4.11: Dairy cows, calculation methods applied 125
Table 4.12: Dairy cows, carcass weights (in kg an^{-1}) 126
Table 4.13: Dairy cows, slaughter ages, ages at first calving and resulting life spans (in a) 127
Table 4.14: Dairy cows, milk yield (in kg pl^{-1} a^{-1}) (averaged district level data) 128
Table 4.15: Dairy cows, fat content of milk (in % of mass) 128
Table 4.16: Dairy cows, protein content of milk (in % of mass) 129
Table 4.17: Dairy cows, farming systems and milk yields for which DLG (2005, 2014) provide recommendations on annual feeding amounts 132
Table 4.18: Dairy cows, feed composition recommende by DLG (2014) for a milk yield of 8000 kg ECM per place and year 133
Table 4.19: Dairy cows, mean properties of the DLG (2005) feeding recommendations (dry matter-related) 134
Table 4.20: Dairy cows, mean properties of the DLG (2014) feeding recommendations (dry matter-related) 134
Table 4.21: Dairy cows, N inputs with straw in solid-manure systems 142
Table 4.22: Dairy cows, emission factors for particle emissions from housing 144

Table 4.23: Dairy cows, 2018, international comparison of implied emission factors of CH_4 from enteric fermentation and of emission explaining variables 145
Table 4.24: Dairy cows, 2018, international comparison of implied emission factors of CH_4 from manure management and of emission explaining variables 145
Table 4.25: Dairy cows, 2018, international comparison of total N excretions and implied emission factors of NH3 from manure management (housing and storage, without spreading) 146
Table 4.26: Dairy cows, 2018, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC 147
Table 4.27: Dairy cows, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 148
Table 4.28: Calves, calculation methods applied 149
Table 4.29: Calves, feeding per calf and per place and year as recommended by DLG (2014), in units of dry matter 151
Table 4.30: Calves, feeding details based on the the DLG (2014) feeding recommendations (dry matter-related) 152
Table 4.31: Calves, feeding details used in the inventory 152
Table 4.32: Calves, derivation of a mean CH_4 conversion factor for enteric fermentation 153
Table 4.33: Calves, emission factors for particle emissions from housing 156
Table 4.34: Calves, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 156
Table 4.35: Heifers (dairy heifers and female beef cattle), calculation methods applied 157
Table 4.36: Heifers, carcass weights of female beef cattle (in kg an^{-1}) 159
Table 4.37: Heifers, daily ME requirements for growth depending on animal weight and weight gain (MJ an^{-1} d^{-1}) 161
Table 4.38: Heifers, constants and coefficients for (4.39 (in MJ an^{-1} d^{-1}) 162
Table 4.39: Heifers, farming systems for which DLG (2005, 2014) provide recommendations on annual feeding amounts 163
Table 4.40: Heifers, feeding composition as recommended by DLG (2005) and DLG (2014) 164
Table 4.41: Heifers, mean properties of feeding recommendations (dry matter-related) and ME contribution by pasture grass as fraction of total ME contained in the diet 164
Table 4.42: Heifers, N inputs with straw in solid-manure systems 169
Table 4.43: Heifers, emission factors for particle emissions from housing 170
Table 4.44: Dairy heifers, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 170
Table 4.45: Female beef cattle, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 171
Table 4.46: Male beef cattle, calculation methods applied 172
Table 4.47: Male beef cattle, carcass weight (in kg an^{-1}) 173
Table 4.48: Male beef cattle, mean weight gains $\Delta w_{bm, HIT}$ derived from HIT data (in g an^{-1} d^{-1}) 174
Table 4.49: Male beef cattle, mean weight gains $\Delta w_{bm, ADR}$ (g an^{-1} d^{-1}) 174
Table 4.50: Male beef cattle, correction factor f_j 175
Table 4.51: Male beef cattle, diet characteristics used in the inventory 177
Table 4.52: Male beef cattle, N inputs with straw in solid-manure systems 179
Table 4.53: Male beef cattle, emission factors for particle emissions from housing (first estimates) 180
Table 4.54: Male beef cattle, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 180
Table 4.55: Suckler cows, calculation methods applied 181
Table 4.56: Suckler cows, N inputs with straw in solid-manure systems 185
Table 4.57: Suckler cows, emission factors for particle emissions from housing 186
Table 4.58: Suckler cows, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 187
Table 4.59: Male cattle > 2 years, calculation methods applied 188
Table 4.60: Male cattle > 2 years, emission factors for particle emissions from housing (first estimates) 191
Table 4.61: Male cattle > 2 years, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 191
Table 4.62: Other cattle, calculation methods applied 192
Table 4.63: Other cattle, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for CH_4 from enteric fermentation 197
Table 4.64: Other cattle, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for CH_4 from manure management 197
Table 4.65: Other cattle, 2018, international comparison of N excretion rates and implied emission factors of NH_3 from manure management (housing and storage, without spreading) 198
Table 4.66: Other cattle, 2018, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC 199
Table 4.67: Other cattle, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 199
Table 5.1: Pigs, categorisation and characterisation 200
Table 5.2: Pigs, maximum methane producing capacity (B_o) and methane conversion factors (*MCF*) 201
Table 5.3: pigs, partial emission factors for NH_3-N from housing (related to TAN) 202

Table 5.4: Pigs, partial emission factors for NH_3-N losses from storage (related to TAN) 203
Table 5.5: Pigs, partial emission factors for N_2O-N from housing and storage (applied to N_{excr} + N_{straw}) 204
Table 5.6: Pigs, NH_3-N emission factors for application of slurry (related to TAN) 205
Table 5.7: Pigs, NH_3-N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN) 206
Table 5.8: Pigs, NH_3-N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN) 206
Table 5.9: Sows, calculation methods applied 207
Table 5.10: Sows, production cycle: Definition of pases and respective ME requirements 208
Table 5.11: Sows, number of piglets raised per sow and year, $n_{piglets, year}$ (primary statistical information) 209
Table 5.12: Sows, diets used in the inventory, and their properties 210
Table 5.13: Sows, emission factors for particle emissions from housing 214
Table 5.14: Sows, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 214
Table 5.15: Weaners, calculation methods applied 215
Table 5.16: Weaners, diets used in the inventory, and their properties 219
Table 5.17: Weaners, N inputs with straw in solid-manure systems 221
Table 5.18: Weaners, emission factors for particle emissions from housing 222
Table 5.19: Weaners, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 222
Table 5.20: Fattening pigs, calculation methods applied 223
Table 5.21: Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in kg an^{-1}) 224
Table 5.22: Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in kg an^{-1}) 224
Table 5.23: Fattening pigs, weight gain during fattening (in g an^{-1} d^{-1}) 224
Table 5.24: Fattening pigs, diets used, related energies, and crude protein contents 230
Table 5.25: Fattening pigs, N inputs with straw in solid-manure systems 233
Table 5.26: Fattening pigs, emission factors for particle emissions from housing 234
Table 5.27: Fattening pigs, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 234
Table 5.28: Boars, calculation methods applied 235
Table 5.29: Boars, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 238
Table 5.30: Pigs, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM) 241
Table 5.31: Pigs, 2018, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC 242
Table 5.32: Pigs, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 242
Table 6.1: Sheep and goats, maximum methane producing capacity (B_o) and methane conversion factors (*MCF*) for German temperature conditions 245
Table 6.2: Adult sheep, calculation methods applied 246
Table 6.3: Adult sheep, emission factors for particle emissions from housing 248
Table 6.4: Adult sheep, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 248
Table 6.5: Lambs, calculation methods applied 249
Table 6.6: Lambs, emission factors for particle emissions from housing 251
Table 6.7: Lambs, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 251
Table 6.8: Sheep, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for regarding enteric fermentation (ent) and manure management (MM) 253
Table 6.9: Sheep, collective description, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 254
Table 6.10: Goats, calculation methods applied 255
Table 6.11: Goats, emission factors for particle emissions from housing 256
Table 6.12: Goats, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM) 257
Table 6.13: Goats, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 258
Table 7.1: Horses, Maximum methane producing capacity (B_o) and methane conversion factors (*MCF*) 260
Table 7.2: Heavy horses, calculation methods applied 261
Table 7.3: Heavy horses, emission factors for particle emissions from housing 263
Table 7.4: Heavy horses, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 263
Table 7.5: Light horses and ponies, calculation methods applied 264
Table 7.6: Light horses and ponies, emission factors for particle emissions from housing 266
Table 7.7: Light horses and ponies, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 266
Table 7.8: Horses, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM) 268

Table 7.9: Horses, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 269
Table 8.1: Poultry, categorisation and characterisation 270
Table 8.2: Poultry, partial emission factors for N2O-N, NO-N, and N2-N from housing and storage 271
Table 8.3: Poultry, emission factors for NH_3-N from application of poultry manure (related to UAN) 272
Table 8.4: Laying hens, calculation methods applied 273
Table 8.5: Laying hens, performance data 275
Table 8.6: Laying hens, diet used in feeding modelling 278
Table 8.7: Laying hens, partial emission factors for NH_3 losses from housing (in kg NH_3-N per kg N excreted) 282
Table 8.8: Laying hens, emission factors for particle emissions from housing 283
Table 8.9: Laying hens, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 284
Table 8.10: Broilers, calculation methods applied 285
Table 8.11: Broilers, national total of German broiler meat production (in Gg a^{-1}) 286
Table 8.12: Broilers, time series of mean crude protein content in feed $x_{XP, feed}$ (kg kg^{-1}), related to fresh matter 288
Table 8.13: Broilers, derivation of partial emission factors for NH_3-N losses from housing 291
Table 8.14: Broilers, emission factors for particle emissions from housing 292
Table 8.15: Broilers, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 293
Table 8.16: Pullets, calculation methods applied 294
Table 8.17: Pullets, phase-related diet mass intake (fresh matter) and ME contents of feed 296
Table 8.18: Pullets, emission factors for particle emissions from housing 300
Table 8.19: Pullets, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 300
Table 8.20: Geese, calculation methods applied 301
Table 8.21: Geese, emission factors for particle emissions from housing 304
Table 8.22: Geese, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 304
Table 8.23: Ducks, calculation methods applied 305
Table 8.24: Ducks, emission factors for particle emissions from housing 310
Table 8.25: Ducks, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 311
Table 8.26: Turkeys, calculation methods applied 312
Table 8.27: Turkeys, animal performance and growth-related feed intake 314
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 316
Table 8.29: Turkeys, derivation of partial emission factors for NH_3 losses from housing 318
Table 8.30: Turkeys, emission factors for particle emissions from housing 319
Table 8.31: Turkeys, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 319
Table 8.32: Poultry, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for manure management (MM) 322
Table 8.33: Poultry, 2018, international comparison of implied emission factors for TSP, PM and NMVOC 323
Table 8.34: Poultry, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 324
Table 9.1: GHG emissions of deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals 325
Table 9.2: NH_3 and NO emissions of deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals 326
Table 9.3: Mean animal populations estimated by Federal Statistical Office 326
Table 9.4: CH_4 emissions from enteric fermentation of deer, rabbit and fur-bearing animals (GWP_{CH4} = 25) 327
Table 9.5: CH_4 from manure management (deer: free range) (GWP_{CH4} = 25) 327
Table 9.6: N excretions and TAN contents used for German emission estimates 329
Table 9.7: NH_3 emission factors for housing and storage in kg NH_3-N per kg TAN 329
Table 9.8: NH_3 emissions from housing and storage 329
Table 9.9: Direct N_2O emissionen from housing/storage (GWP_{N2O} = 298) 330
Table 9.10: Indirect N_2O from deposition of reactive N from NH_3 and NO lost from housing and storage (GWP_{N2O} = 298) 330
Table 9.11: NH_3 emission factors for spreading and free range in kg NH_3-N per kg TAN 331
Table 9.12: NH_3 from spreading and/or free range in Gg NH_3 per year 331
Table 9.13: Direct N_2O from soils after spreading and (for deer) free-range N excretions (GWP_{N2O} = 298) 331
Table 9.14: Indirect N_2O from deposition of reactive N from NH_3 and NO lost during spreading or (for deer) from free-range N excretions (GWP_{N2O} = 298) 332
Table 9.15: Indirect N_2O from soils due to leaching and runoff (GWP_{N2O} = 298) 332
Table 10.1: Digestion of energy crops, activity data (in Gg a^{-1}) 334
Table 10.2: Digestion of energy crops, percentages of storage types of energy-plant digestate (in %) 334

Table 10.3: Digestion of energy crops, effective emission factor for CH_4, related to dry matter input (in kg kg^{-1}) 336
Table 10.4: Digestion of energy crops, effective emission factor for direct N_2O-N, related to N input (in kg kg^{-1}) 337
Table 10.5: Digestion of energy crops, effective emission factor for NH_3-N, related to N input (in kg kg^{-1}) 337
Table 10.6: Digestion of energy crops, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 339
Table 11.1: Agricultural soils, procedures used for the calculation of direct emissions 341
Table 11.2: German classification of N fertilizers and corresponding EMEP (2019) categories 343
Table 11.3: Mineral fertilizers, NH_3 emission factors for the fertilizer categories applied in Germany 344
Table 11.4: Sewage sludge applied within agriculture (in Gg a^{-1}, dry matter) (statistical data) 351
Table 11.5: Sewage sludge, nitrogen content (in g kg^{-1}, related to dry matter) (statistical data) 351
Table 11.6: Organic soils, German totals of areas of arable land and grassland (in 1000 ha) 355
Table 11.7: Organic soils, overall N_2O-N emission factors (in kg ha^{-1}) 356
Table 11.8: Crop residues (agricultural crops and grassland), data used to calculate N_2O and N_2 emissions 362
Table 11.9: Crop residues (horticultural crops), data used to calculate N_2O emissions (N contents related to fresh matter) 362
Table 11.10: Mineralization, total amounts of N from mineralization of soil organic matter 365
Table 11.11: Liming (agriculture and forest), amounts of carbon-containing fertilizers applied (Gg a^{-1}) 369
Table 11.12: Amounts of urea sold in Germany (including urea solutions) (in Gg a^{-1}) 371
Table 11.13: Activity data and parameters for the calculation of NMVOC from agricultural crops 373
Table 11.14: NMVOC emission factors 374
Table 11.15: Pesticides, data on domestic sales of active substances (t a^{-1}) 376
Table 11.16: Pesticides, domestic sales of lindane 1990 – 1997 (t a^{-1}) 378
Table 11.17: Pesticides, maximum concentrations of HCB impurities in relevant active substances (g t^{-1}) 378
Table 11.18: Pesticides, HCB quantities in domestically sold active substances in pesticides (kg) 379
Table 11.19: Soils and crops, 2018, international comparison of implied emission factors for N_2O and NH_3 382
Table 11.20: Soils and crops, 2018, international comparison of implied emission factors for CO_2 and NMVOC 383
Table 11.21: Soils and crops, 2018, international comparison of fractions 384
Table 11.22: Direct emissions from agricultural soils, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 385
Table 12.1: Agricultural soils, procedures used for the calculation of indirect N2O emissions 386
Table 12.2: Indirect N_2O emissions from agricultural soils, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 389
Table 13.1: Fractions $Frac_x$, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4) 391
Table 14.1: Uncertainty calculation for the German agricultural GHG inventory 402
Table 14.2: Uncertainty calculation for the German agricultural ammonia inventory (without emissions from storage and spreading of digestate of energy crops) 405

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 Gleichungssysmbole, 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 Deutscher Rinderzüchter
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
BRS	German Livestock Association	Bundesverband Rind und Schwein
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_4	Methane	Methan
CLRTAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution	Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverschmutzung
CO_2	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) http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_ httpsubmissions/items/6598.php	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, www. eager.ch	Europäische wissenschaftliche Arbeitsgruppe zu gasförmigen Emissionen aus der Landwirtschaft, www. eager.ch
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 report series of StatBA and StatLA	Fachserie der StatBA und StatLA
FYM	Farm yard manure	Wirtschaftsdünger
Py-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)	Hexachlorobenzenzol (Pflanzenschutzmittel)
HE	Hesse (German federal state)	Hessen
HIT	Data base for the origin of animals and other animal-related data	Herkunftssicherungs- und Informationssystems 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	Methanumwandlungsfaktor
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_2	dinitrogen	Distickstoff
N_2O	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) http://www.ceip.at/overview-of-submissions-under-clrtap/	Berichtsformat für die Luftschadstoffe-Emissionsberichterstattung
NH_3	ammonia	Ammoniak
NH_4	ammonium	Ammonium
NI	Lower Saxony (German federal state)	Niedersachsen
NIR	National Inventary Report	Nationaler Inventarbericht
NMVOC	Non-Methane Volatile Organic Compounds	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
NO	notation key „not occuring“	Notationsschlüssel „nicht vorkommend“
NO	nitric oxide	Stickstoffmonoxid
NO_x	nitrogen oxide	Stickstoffoxid
NO_3	nitrate	Nitrat
NW	North Rhine-Westphalia (German federal state)	Nordrhein-Westphalen
PM	particulate matter	Partikel
$PM_{2,5}$	particulate matter (diameter: ≤ 2.5 µm)	Partikel (Durchmesser: ≤ 2.5 µm)
PM_{10}	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 (Kurzbezeichung: 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 Preisberichtstelle 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 green house 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 Py-GAS-EM as well as input data, emission results and uncertainties of the emission reporting submission 2021 for the years 1990 - 2019.

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 continuingly 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 GHG emissions from German agriculture decreased from 76.5 Tg CO_{2eq} in 1990 to 61.8Tg CO_{2eq} in 2019 (-19.2 %). This reduction is a consequence of the following emission changes of partial sources (rounded figures):

- decrease of 9.1 Tg CO_{2eq} (-27.7 %) as CH_4 from enteric fermentation,
- decrease of 2.3 Tg CO_{2eq} (-21.3 %) as CH_4 and N_2O from manure management,
- increase of 1.6 Tg CO_{2eq} as CH_4 and N_2O from anaerobic digestion of energy crops (digester + storage of digestate; 1990: 0 Tg),
- decrease of 4.5 Tg CO_{2eq} (15.3 %) as N_2O from agricultural soils,
- decrease of 0.41 Tg CO_{2eq} (-15.2 %) as CO_2 from liming (agriculture and forest),
- increase of 0.04 Tg CO_{2eq} (+8.8 %) as CO_2 from application of urea.

These changes are largely the result of the decline in animal numbers following reunification (reduction of oversized livestock numbers in Eastern Germany) and from the mid-2000s due to the limiting effect of the milk

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 landwirtschaftlichem Inventarmodell Py-GAS-EM integrierten Berechnungsverfahren sowie die Eingangsdaten, Emissionsergebnisse und Unsicherheiten der Berichterstattung 2021 für die Jahre 1990 bis 2019.

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 THG-Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft sanken von 76,5 Tg CO_{2eq} im Jahr 1990 auf 61,8 Tg CO_{2eq} im Jahr 2019 (-19,2 %). Dieser Trend ergab sich aus Veränderungen folgender Teil-Emissionen (gerundet):

- Abnahme um 9,1 Tg CO_{2eq} (-27,7 %) als CH_4 aus der Verdauung,
- Abnahme um 2,3 Tg CO_{2eq} (-21,3 %) als CH_4 und N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management,
- Zunahme um 1,6 Tg CO_{2eq} als CH_4 und N_2O aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter + Gärrestlager; 1990: 0 Tg),
- Abnahme um 4,5 Tg CO_{2eq} (-15,3 %) als N_2O aus landwirtschaftlich genutzten Böden,
- Abnahme um 0,41 Tg CO_{2eq} (-15,2 %) als CO_2 aus Kalkung (Landwirtschaft und Forst),
- Zunahme um 0,04 Tg CO_{2eq} (+8,8 %) als CO_2 aus Harnstoffanwendung.

Diese Veränderungen sind weitgehend Folge des Rückgangs der Tierzahlen nach der Wiedervereinigung (Abbau von Überbeständen in Ostdeutschland) und ab Mitte der 2000er Jahre wegen begrenzender Wirkungen

quota system (albeit with a renewed increase due to abolition of the milk quota system as of 31 May 2015). Increased nitrogen fertilization (mainly due to the application of increasingly larger amounts of digestate) led to an increase in greenhouse gas emissions from the mid-2000s. By contrast, the increasing use of manure in biogas plants has contributed to a reduction in methane emissions from manure storage.

The NH_3 time series as well is a result of counteracting processes. Here too, 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 major contributor to the increase in NH3 emissions in recent years has been the increase in anaerobic digestion of energy crops. Although emissions from the anaerobic digestion of energy crops and the application of the resulting digestates are reported, they are, at the time being, not considered with regard to compliance with internationally agreed emission ceilings.

Omitting the emissions due to anaerobic digestion of energy crops (including spreading of digestates), the 2019 NH_3 emissions of the German agriculture were 500.0 Gg, which is 26.6 % lower than in 1990 where the emissions amounted to 681.6 Gg and 9.4% lower than in 2005 where the emissions amounted to 551.6 Gg. Including anaerobic digestion of energy crops (including spreading of digestates) leads 2019 to total NH_3 emissions from agriculture of 557.8 Gg, which is 18.2 % less than 1990 and 0.009% less than 2005.

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

der Milchquotenregelung (allerdings mit Wiederanstieg seit Aufhebung der Milchquotenregelung zum 31. Mai 2015). Vermehrte Stickstoffdüngung (vor allem durch Ausbringung zunehmend größerer Gärrestmengen) führte ab Mitte der 2000er Jahre zu einem Anstieg der Treibhausgasemissionen. Dementgegen hat der zunehmende Einsatz von Wirtschaftsdüngern in Biogasanlagen zu einer Reduzierung der Methanemissionen aus der Wirtschaftsdüngerlagerung beigetragen.

Auch die zeitliche Entwicklung der NH_3-Emissionen ist ein Ergebnis gegenläufiger Effekte. Eine wichtige Einflussgröße ist auch hier 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 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 international vereinbarter Emissionsobergrenzen derzeit noch ohne Berücksichtigung (Adjustment).

Ohne Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Ausbringung der Gärreste) liegen die NH_3-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2019 bei 500,0 Gg und damit um 26,6 % niedriger als 1990 mit 681,6 Gg und um 9,4% niedriger als 2005 mit 551,6 Gg. Mit der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Gärrestausbringung) liegen die Gesamt-NH_3-Emissionen 2019 bei 557,8 Gg (- 18,2 % gegenüber 1990 und – 0,009% gegenüber 2005).

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

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[1]), the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP[2]), 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[3]).

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_x 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 and CLRTAP ceilings. The same holds for the NH_3 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 aforementioned national emission ceilings.[4]

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 Insitute 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[1]), die Konvention zur Verminderung und Vermeidung grenzüberschreitender Luftverunreinigungen (UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, CLRTAP[2]) sowie in der Europäischen Union um die Festlegung von Emissionsobergrenzen für einige Stoffe, u. a. Ammoniak (NEC-Richtlinie[3]).

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_x aus Wirtschaftsdünger-Management und der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden zwar berichtet werden, im Hinblick auf die Einhaltung der NEC- und CLRTAP-Emissionsobergrenzen aber ohne Berücksichtigung bleiben. Gleiches gilt für NH_3 aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Ausbringung der Gärreste). Hintergrund für dieses Vorgehen ist, dass diese Emissionen nicht Gegenstand der Festlegung der vorgenannten Emissionsobergrenzen waren.[4]

Die Verantwortung für die gesamte deutsche Emissionsberichtstattung 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-

[1] UN Framework Convention on Climate Change, 1992, and Kyoto Protocol on the reduction of greenhouse gas emissions of CO_2, CH_4, N_2O, HFC´s, PFC´s and SF6 – see also: http://unfccc.int

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

[3] 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, replaced by Directive 2016/2284/EC.

[4] https://iir-de.wikidot.com/adjustments

tural emission inventory. In this inventory, the emissions from agricultural animal husbandry and from managed agricultural soils are regarded as agricultural emissions.[5]

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, 2019). In a few specific cases, however, older guidelines must be used: 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 (2019), 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 continuingly 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[6]). 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 caculations and emission reporting must be transparent; the results must be comparable to those of other countries; the reported times 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.[5]

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, 2019) beschrieben. In einigen wenigen Einzelfällen müssen allerdings auch ältere Richtlinien herangezogen werden: 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 (2019), 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[6]). 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-

[5] 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”.

[6] 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)

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 improvisions 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. 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 Climat-Smart Agriculture[7]. A print version is set up in very small numbers only for the institutions involved in the reporting. (Until the print version for Submission 2018 (Thünen-Report 57) a CD with the above mentioned data was enclosed. As of submission 2019, this supplement is no longer available.)

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

Changes, regarding data and methods, in comparison with the report of the last year's emission reporting (Haenel et al., 2020) 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 adressed 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 calcula-

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 Bericht dokumentiert Berechnungsverfahren, Datenquellen und Emissionsergebnisse der aktuellen Emissionsberichterstattung 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[7]. Eine Printversion wird in sehr kleiner Zahl nur für die an der Berichterstellung beteiligten Institutionen aufgelegt. (Bis zur Printversion für Submission 2018 (Thünen-Report 57) wurde eine CD mit den oben erwähnten Daten beigelegt. Diese Beilage entfällt ab Submission 2019.)

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

Änderungen bei Daten und Methoden im Vergleich zum Bericht des Vorjahres (Haenel et al., 2020) 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

[7] https://www.thuenen.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/

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

[9] German Informative Inventory Report (IIR), http://iir-de.wikidot.com/start

tion of projections for 2020), the description of the input data and an overview on the quality management. 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 adresses 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 decribes the *Frac* quantities that have to be reported in the CRF tables.

The assessment of the uncertainties of the green house 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.

und Berechnungsansätze (einschl. der Projektionserstellung für 2020), die Beschreibung der eingehenden Daten 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 Ammioniak-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 2021 / Emissionsergebnisse in Submission 2021

In the following, an overview of important results of the emission calculations for the emission reporting 2021 (Submission 2021) from German agriculture is presented. It shows emissions of CH_4, CO_2, N_2O und NH_3 from 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 NH3 (see Chapter 1).

Emissions from industrial processes (e. g. fertilizer production) as well as emissions from energy intake associated with agriculture are not considered as they are reported elsewhere (accoprding 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_3 inventories see Chapter 14.

Im Folgenden wird eine Übersicht über wichtige Ergebnisse der Emissionsberechnungen für die Berichterstattung 2021 (Submission 2021) aus der deutschen Landwirtschaft gegeben. Gezeigt werden Emissionen von CH_4, CO_2, N_2O und NH_3 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 Gärrestausbringung) wird mit berücksichtigt, wobei es aber für NH_3 ein Adjustmentverfahren gibt (siehe Kapitel 1).

Emissionen aus Vorleistungsbereich (z. B. Düngerherstellung) 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_3-Gesamtinventar wird auf Kapitel 14 verwiesen.

2.1 GHG emissions (CH_4, CO_2 and N_2O) / THG-Emissionen (CH_4, CO_2 und N_2O)

Figure 2.1 displays, for the different source sectors, the time series of GHG from German agriculture in CO_{2eq} units. For the data see Table 2.1.

The conversion from units of CH_4 and N_2O into units of CO_{2eq} was performed by multiplying with the GWP (Global Warming Potential) 25 kg kg^{-1} for CH_4 and 298 kg kg^{-1} for N_2O (for the GWP values see IPCC (2007)).

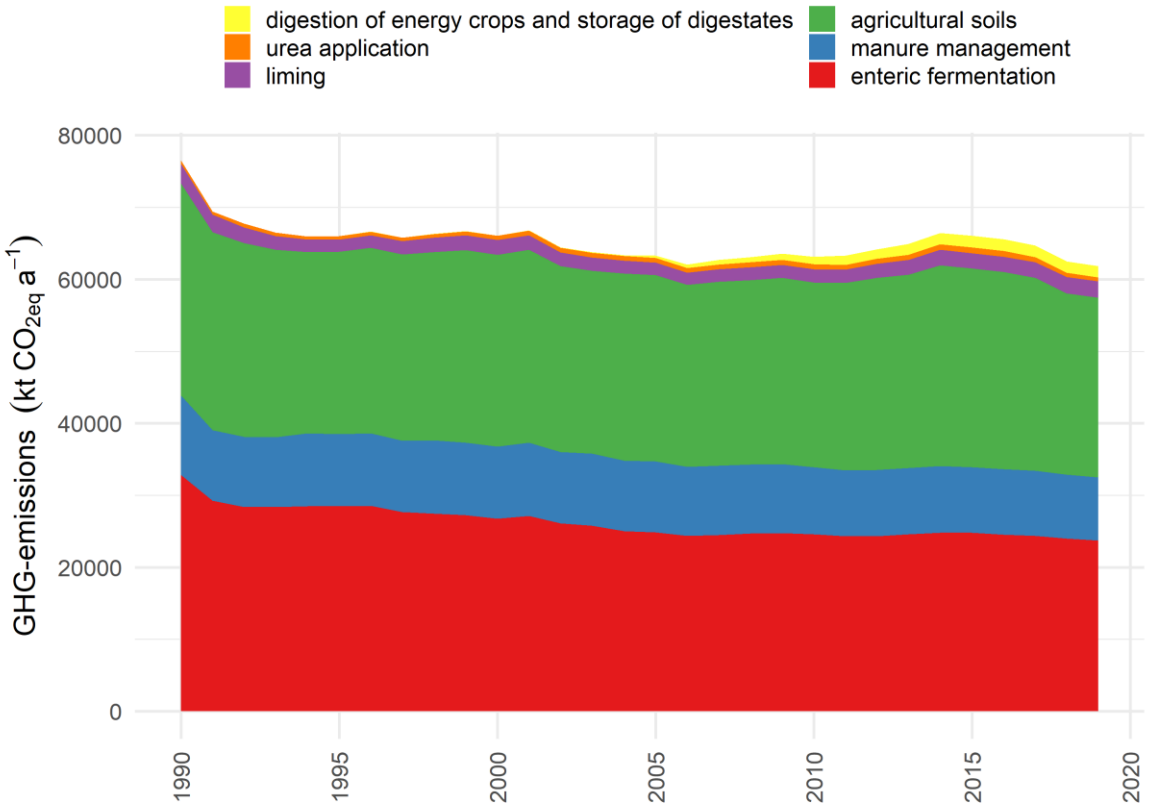
As regulated by the IPCC (2006) guidelines, the CO_2 emissions from liming comprise the CO_2 emission from lining in the forest sector.

Figure 2.1 zeigt gegliedert nach Quellbereichen die THG-Zeitreihen der deutschen Landwirtschaft in CO_{2eq}-Einheiten. Zu den Daten siehe Table 2.1.

Die Umrechnung von CH_4- und N_2O-Einheiten in CO_{2eq}-Einheiten erfolgte durch Multiplikation mit GWP (Global Warming Potential) 25 kg kg^{-1} für CH_4 und 298 kg kg^{-1} für N_2O (zum GWP siehe IPCC (2007)).

Aufgrund der Berichtsvorschriften von IPCC (2006) umfassen die CO_2-Emissionen aus der Kalkung auch die CO_2-Emissionen aus der Kalkung im Forstbereich.

Figure 2.1: Annual THG emissions from German agriculture (Submission 2021) (GWP_{CH4} = 25, GWP_{N2O} = 298)



Total GHG emissions from German agriculture decreased from 76.5 Tg CO_{2eq} in 1990 to 61.8Tg CO_{2eq} in 2019 (-19.2 %). This reduction is a consequence of the following emission changes of partial sources (rounded figures):

- decrease of 9.1 Tg CO_{2eq} (-27.7 %) as CH_4 from enteric fermentation,
- decrease of 2.3 Tg CO_{2eq} (-21.3 %) as CH_4 and N_2O from manure management,
- increase of 1.6 Tg CO_{2eq} as CH_4 and N_2O from anaerobic digestion of energy crops (digester + storage of digestate; 1990: 0 Tg),
- decrease of 4.5 Tg CO_{2eq} (15.3 %) as N_2O from agricultural soils,
- decrease of 0.41 Tg CO_{2eq} (-15.2 %) as CO_2 from liming (agriculture and forest),

Die THG-Gesamtemissionen aus der deutschen Landwirtschaft sanken von 76,5 Tg CO_{2eq} im Jahr 1990 auf 61,8 Tg CO_{2eq} im Jahr 2019 (-19,2 %). Dieser Trend ergab sich aus Veränderungen folgender Teil-Emissionen (gerundet):

- Abnahme um 9,1 Tg CO_{2eq} (-27,7 %) als CH_4 aus der Verdauung,
- Abnahme um 2,3 Tg CO_{2eq} (-21,3 %) als CH_4 und N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management,
- Zunahme um 1,6 Tg CO_{2eq} als CH_4 und N_2O aus der Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter + Gärrestlager; 1990: 0 Tg),
- Abnahme um 4,5 Tg CO_{2eq} (-15,3 %) als N_2O aus landwirtschaftlich genutzten Böden,
- Abnahme um 0,41 Tg CO_{2eq} (-15,2 %) als CO_2 aus Kalkung (Landwirtschaft und Forst),

- increase of 0.04 Tg CO_{2eq} (+8.8 %) as CO_2 from application of urea.

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 digetates 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.

- Zunahme um 0,04 Tg CO_{2eq} (+8,8 %) als CO_2 aus Harnstoffanwendung.

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.seit 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 in Tg CO_{2eq} (Submission 2021) (GWP_{CH4} = 25, GWP_{N2O} = 298)

year	Total GHG from German agriculture	CH_4 enteric fermentation	CH_4 manure management	N_2O manure management[a]	$CH_4 + N_2O$ energy crops [b]	N_2O soils [c]	CO_2 liming	CO_2 urea application
1990	76.509	32.815	7.416	3.623	0.000	29.463	2.711	0.481
1991	69.439	29.228	6.627	3.195	0.001	27.491	2.460	0.437
1992	67.716	28.369	6.590	3.162	0.001	26.898	2.198	0.497
1993	66.472	28.353	6.553	3.161	0.002	26.064	1.881	0.458
1994	65.950	28.503	6.876	3.216	0.002	25.176	1.728	0.449
1995	65.996	28.494	6.804	3.201	0.005	25.365	1.670	0.459
1996	66.631	28.514	6.865	3.220	0.008	25.767	1.772	0.485
1997	65.805	27.666	6.774	3.158	0.011	25.840	1.858	0.499
1998	66.318	27.461	6.972	3.178	0.024	26.199	1.959	0.525
1999	66.700	27.224	6.921	3.159	0.027	26.723	2.093	0.552
2000	66.078	26.731	6.857	3.164	0.042	26.629	2.062	0.593
2001	66.818	27.130	6.956	3.229	0.060	26.775	2.045	0.622
2002	64.460	26.078	6.787	3.161	0.086	25.794	1.913	0.640
2003	63.801	25.759	6.827	3.205	0.102	25.376	1.882	0.650
2004	63.374	25.047	6.615	3.136	0.131	26.016	1.795	0.634
2005	63.319	24.886	6.619	3.181	0.346	25.909	1.736	0.641
2006	62.040	24.368	6.446	3.147	0.472	25.251	1.725	0.631
2007	62.691	24.464	6.441	3.193	0.625	25.560	1.760	0.648
2008	63.076	24.690	6.394	3.200	0.706	25.585	1.806	0.695
2009	63.572	24.728	6.367	3.213	0.877	25.921	1.789	0.677
2010	63.162	24.613	6.142	3.157	1.067	25.665	1.806	0.711
2011	63.305	24.293	6.049	3.119	1.285	26.048	1.857	0.654
2012	64.148	24.302	6.118	3.104	1.294	26.695	1.946	0.690
2013	64.915	24.609	6.072	3.101	1.535	26.860	2.065	0.673
2014	66.448	24.823	6.129	3.116	1.582	27.895	2.153	0.750
2015	66.075	24.801	6.044	3.078	1.635	27.589	2.136	0.791
2016	65.582	24.558	6.030	3.054	1.623	27.395	2.107	0.815
2017	64.685	24.363	6.019	3.035	1.600	26.799	2.151	0.720
2018	62.487	23.980	5.914	2.976	1.573	25.189	2.250	0.605
2019	61.839	23.710	5.834	2.937	1.573	24.964	2.298	0.524

[a] N_2O from manure management includes indirect N_2O emissions due to deposition of NH_3-N and NO-N emitted from housing and storage
[b] emissions from digester and storage of digestate from anaerobic digestion of energy crops
[c] including N_2O due to field application of digestate from anaerobic digestion of energy crops

In 2019 the percentage of greenhouse gas emissions from German agriculture caused by soils (N_2O, including emissions due to application of digestate from anaerobic digestion of energy crops) amounted to 40.4 % in CO_2 equivalents (of which 15.1% originated from application of animal manures), while the percentage of CH_4 emissions from enteric fermentation was 38.3 % (1990: 38.5 % and 42.9 %, respectively). The remaining 21.1 % (1990: 18.6 %) are caused by manure management (14.2 %; CH_4 + N_2O) with the ratio of CH_4 to N_2O (in CO_2 equivalents) between 1.9 and 2.1, digestion of energy crops (2.5 %: CH_4 + N_2O from digester and storage of digestate) and liming and application of urea (CO_2, in total 4.6 %).

In 2019 the GHG emissions from the emission sector "Agriculture" were about 0.7 Tg CO_{2eq} lower than in 2018 (-1.0 %). This decrease is essentially due to decreased CH_4 emissions from enteric fermention (-1,1 %) and decreased N_2O emissions from agricultural soils (-0,9 %). That decrease of CH_4 from enteric fermentation is mainly due to the decrease of cattle numbers from 2018 to 2019. For N_2O 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_2 emissions. Increased liming resulted in increased GHG emissions from this activity (+2.1 %), see Table 2.1.

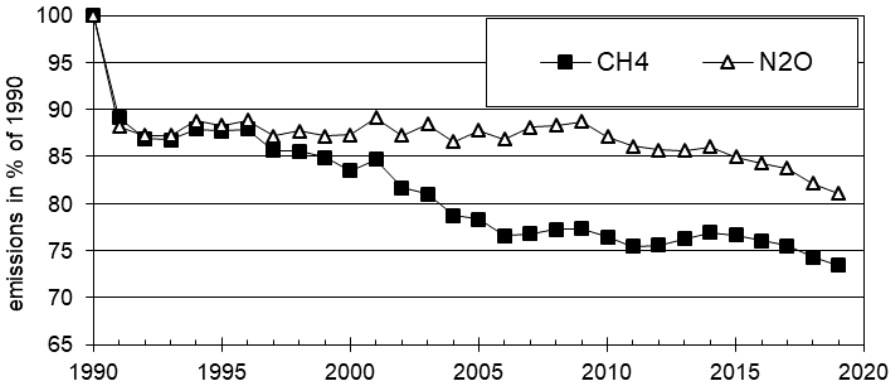
Figure 2.2 shows the decrease of the N_2O emissions from manure management and of the CH_4 emissions from enteric fermentation and manure management since 1990.

2019 betrug der Anteil des N_2O aus Böden (incl. N_2O infolge der Ausbringung von Gärresten aus Energiepflanzen-Vergärung) an den Treibhausgas-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft in CO_{2eq} 40,4 % (wovon 15,1% durch die Ausbringung tierischer Wirtschaftsdünger entstanden), während der Anteil von CH_4 aus der tierischen Verdauung bei 38,3 % lag (1990: 38,5 % bzw. 42,9 %). Die restlichen 21,1 % (1990: 18,6 %) entfielen auf Wirtschaftsdünger-Management (14,2 %: CH_4 + N_2O, bei einem Verhältnis von CH_4 zu N_2O in CO_2-Äquivalenten zwischen ca. 1,9 : 1 und 2,1 : 1), Vergärung von Energiepflanzen (2,5 %: CH_4 + N_2O aus Fermenter und Gärrestlager) sowie Kalkung und Harnstoffanwendung (CO_2, zusammen 4,6 %).

2019 lagen die THG-Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft um 0,7 Tg CO_{2eq} unter denen von 2018 (-1,0 %). Diese Abnahme beruht im Wesentlichen auf Abnahmen bei CH_4 aus der Verdauung (-1,1 %) sowie bei N_2O aus landwirtschaftlich genutzten Böden (-0,9 %). Hierbei ist die Abnahme von CH_4 aus der Verdauung vor allem eine Folge der von 2018 zu 2019 zurückgegangenen Rinderzahlen. Bei N_2O 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_2-Emissionen. Die vermehrte Kalkung führte zu einer Zunahme von THG-Emissionen aus diesem Bereich (+2,1 %), siehe Table 2.1.

Figure 2.2 zeigt die Abnahme der N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management und der CH_4-Emissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management seit 1990.

Figure 2.2: Development of CH_4 from enteric fermentation and manure management and N_2O emissions from manure management in % of 1990, Submission 2021



Largely constant over the years, 91% to 95% of total animal-related GHG emissions (in CO_{2eq}) from digestion and manure management (housing, storage) are from cattle and pigs. The emissions between cattle and pigs are divided in a ratio of around 10:1 in 1990, decreasing to around 8:1 in 2019.

Another 2 to 5% of total animal-related GHG emissions are accounted for by the other animals (poultry, sheep, goats, horses).

Weitgehend konstant über die Jahre stammen 91 bis 95 % der tierhaltungsbedingten THG-Gesamtemissionen (in CO_{2eq}) aus Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager) von Rindern und Schweinen. Des Verhältnis dieser Emissionen zwischen Rindern und Schweinen fiel von ca. 10:1 (1990) auf ca. 8:1 (2019).

Weitere 2 bis 5 % der tierhaltungsbedingten THG-Gesamtemissionen entfallen auf die übrigen Tiere (Geflügel, Schafe, Ziegen, Pferde).

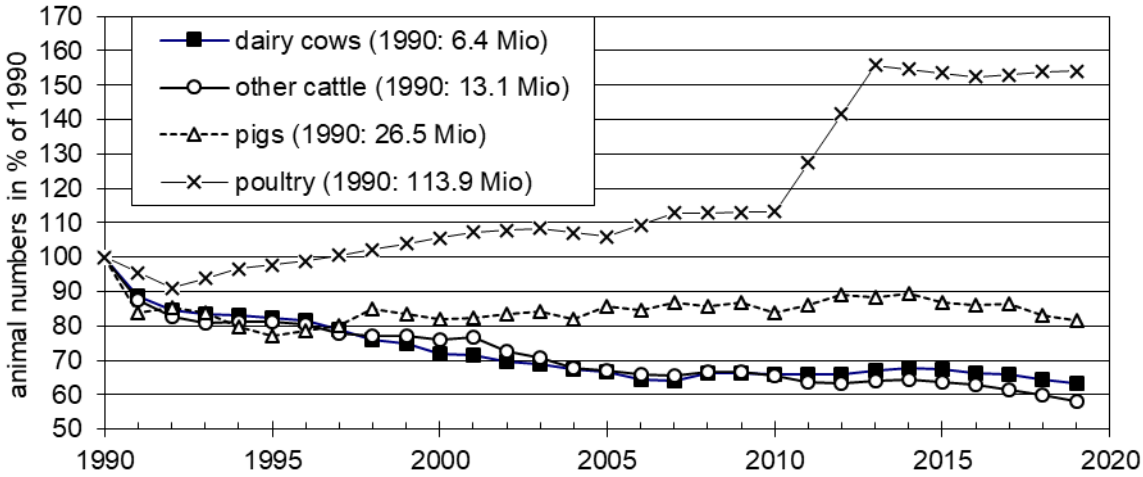
The remainder of the total GHG emissions from livestock husbandry are so-called indirect N_2O emissions produced in the soil from the deposition of nitrogen, previously emitted as NH_3 and NO from the entirety of all housing and storage systems in livestock husbandry.

By far the greater part of CH_4 emissions comes from enteric fermentation, mostly from cattle. Therefore, the time course of CH_4 emissions in Figure 2.2 is largely determined by the evolution of cattle animal numbers. This is can be seen in Figure 2.3 which shows the numbers of animal categories important for emissions reporting in percentages from 1990.

Beim Rest der tierhaltungsbedingten THG-Gesamtemissionen handelt es sich um so genannte indirekte N_2O-Emissionen, die im Boden aus der Deposition von Stickstoff entstehen, der zuvor als NH_3 und NO aus allen Ställen und Wirtschaftsdüngerlagern der gesamten Tierhaltung emittiert wurde.

Der weitaus größere Anteil der CH_4-Emissionen stammt aus der Verdauung, und dabei wiederum überwiegend von den Rindern. Daher wird der zeitliche Verlauf der CH_4-Emissionen in Figure 2.2 maßgeblich durch den Verlauf der Rinder-Tierzahlen bestimmt. Dieser geht aus Figure 2.3 hervor, die die Zahlen der für die Emissionsberichterstattung wichtigen Tierkategorien in Prozent von 1990 zeigt.

Figure 2.3: Development of animal numbers in % of 1990, Submission 2021



Like the CH_4 emissions, the N_2O emissions shown in Figure 2.2 follow the reduction in livestock numbers after the German reunification in 1990. Following this significant reduction in emissions, increases and decreases in livestock numbers partly counteract each other, with the result that no clear trend develops until about 2009. After 2009, there is an average decrease in N_2O emissions over the years.

The marked increase of pig numbers from 2010 to 2012 as shown in Figure 2.3 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 emissons from animal husbandry.

An additional reason for the decrease of GHG emissions from livestock husbandry, in particular CH_4, 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_4 and N_2O not emitted due to anaerobic digestion of slurry and partly gastight residue

Wie die CH_4-Emissionen folgen die in Figure 2.2 gezeigten N_2O-Emissionen der Verringerung der Tierbestände nach der deutschen Wiedervereinigung 1990. Nach diesem deutlichen Emissionsrückgang wirken sich Zunahmen und Abnahmen der Tierbestände teilweise gegenläufig aus, so dass sich bis ca. 2009 kein eindeutiger Trend entwickelt. Nach 2009 zeigt sich im Mittel über die Jahre eine abnehmende Tendenz der N_2O-Emissionen.

Der in Figure 2.3 zu erkennende 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_4- und N_2O-Emissionen aus der Tierhaltung bei.

Ein weiterer Grund für den Rückgang der tierhaltungsbedingten Treibhausgase, insbesondere der CH_4-Emissionen, liegt in der 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_4- und N_2O-Emissionen sowie das Verhältnis der Minderung zur Gesamtemission, die

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 anerobic digestion. It can be seen that anaerobic digestion leads to increased N_2O emissions up to 2007, which is due to low frequencies of gas tight storage of digestate.

sich ohne Güllevergärung aus dem Wirtschaftsdünger-Management aller im Inventar berücksichtigten Nutztiere ergäbe. Bei N_2O zeigen sich dabei bis 2007 Emissionserhöhungen infolge der Wirtschaftsdüngervergärung. Sie sind auf die bis dahin noch geringe Verbreitung der Abdeckung von Gärrestlagern zurückzuführen.

Table 2.2: Total national change of CH_4 emissions from manure management due to anaerobic digestion of manure (also in percent of the total CH_4 emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion; negative data: decrease of emissions), Submission 2021

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gg a^{-1}	-0.01	-0.02	-0.02	-0.03	-0.03	-0.08	-0.13	-0.16	-0.37	-0.42
%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.2
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Gg a^{-1}	-0.7	-1.0	-1.4	-2.2	-2.8	-6.4	-9.4	-13.6	-16.4	-21.1
%	-0.2	-0.3	-0.5	-0.8	-1.1	-2.4	-3.5	-5.0	-6.0	-7.7
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Gg a^{-1}	-26.5	-32.6	-35.7	-40.2	-42.0	-42.4	-41.7	-42.2	-40.9	-40.7
%	-9.7	-11.9	-12.7	-14.2	-14.6	-14.9	-14.7	-14.9	-14.7	-14.9

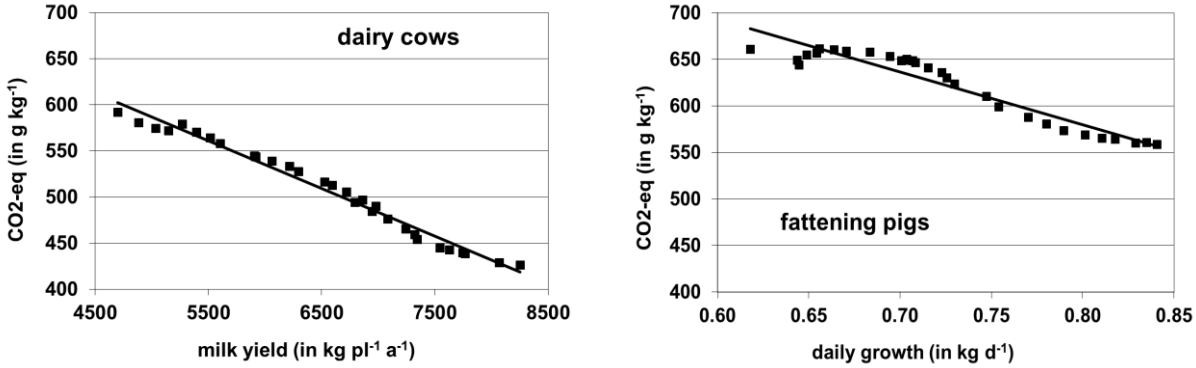
Table 2.3: Total national change of direct N_2O emissions from manure management due to anaerobic digestion of manure (also in percent of total direct N_2O emissions from manure management to be obtained without anaerobic digestion; negative data: decrease of emissions), Submission 2021

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Gg a^{-1}	0.00010	0.00023	0.00030	0.00038	0.00036	0.00084	0.00134	0.00161	0.00343	0.00369
%	0.001	0.003	0.004	0.005	0.005	0.011	0.018	0.022	0.047	0.051
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Gg a^{-1}	0.005	0.007	0.010	0.010	0.011	0.034	0.020	-0.003	-0.040	-0.094
%	0.08	0.10	0.13	0.13	0.15	0.47	0.27	-0.04	-0.54	-1.25
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Gg a^{-1}	-0.17	-0.26	-0.44	-0.52	-0.57	-0.59	-0.58	-0.59	-0.58	-0.58
%	-2.3	-3.5	-5.8	-6.8	-7.5	-7.8	-7.7	-7.8	-7.8	-7.9

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 daily growth), Submission 2021 (GWP_{CH4} = 25, GWP_{N2O} = 298)



For dairy cows, the emissions per kg milk have decreased steadily due to the increase in milk yields. However, the decrease does not occur to the same extent as the milk yield increases. This is due to the fact that the energy requirements for maintenance, which have an important share in the total energy requirements (40% for a milk yield of 6000 kg a^{-1} and about 30 % for 10000 kg a^{-1}), is independent of the milk yield.

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.

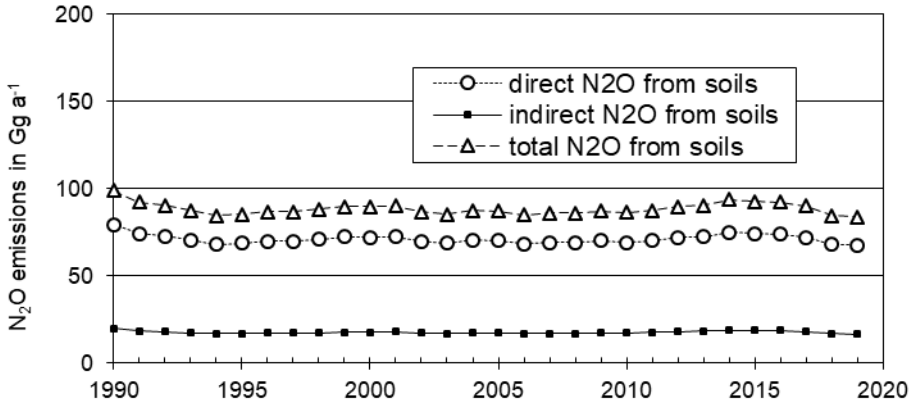
Bei den Milchkühen führen beständig zunehmende Milchleistungen zu einer Abnahme der Emissionen pro kg Milch. Die Abnahme ist jedoch nicht proportional zur Michleistungszunahme. Dies liegt daran, dass der Erhaltungsenergiebedarf, der einen wichtigen Anteil am Gesamtenergiebdarf hat (40 % bei einer Milchleistung von 6000 kg a^{-1} und ca. 30 % bei 10000 kg a^{-1}), 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.

The time series of the total of the N_2O emissions from agricultural soils (i.e. the sum of direct and indirect emissions) is provided in Figure 2.5.

Figure 2.5 zeigt die N_2O-Gesamtemissionen aus landwirtschaftlichen Böden, die sich aus direkten und indirekten Emissionen zusammensetzt.

Figure 2.5: N_2O emissions from agricultural soils, Submission 2021



Direct N_2O emissions from agricultural soils 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, degradation of crop residues and minralization of organic matter (arable land).

Indirect emissions originate from the (atmospheric) deposition of reactive N species (NH_4 and NO_3 resulting

Direkte N_2O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden sind N_2O-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, Zersetzung von Ernterückständen und Mineralisierung organischer Bodensubstanz (Ackerböden).

Indirekte N_2O-Emissionen resultieren aus der atmosphärischen Deposition von reaktivem Stickstoff (NH_4

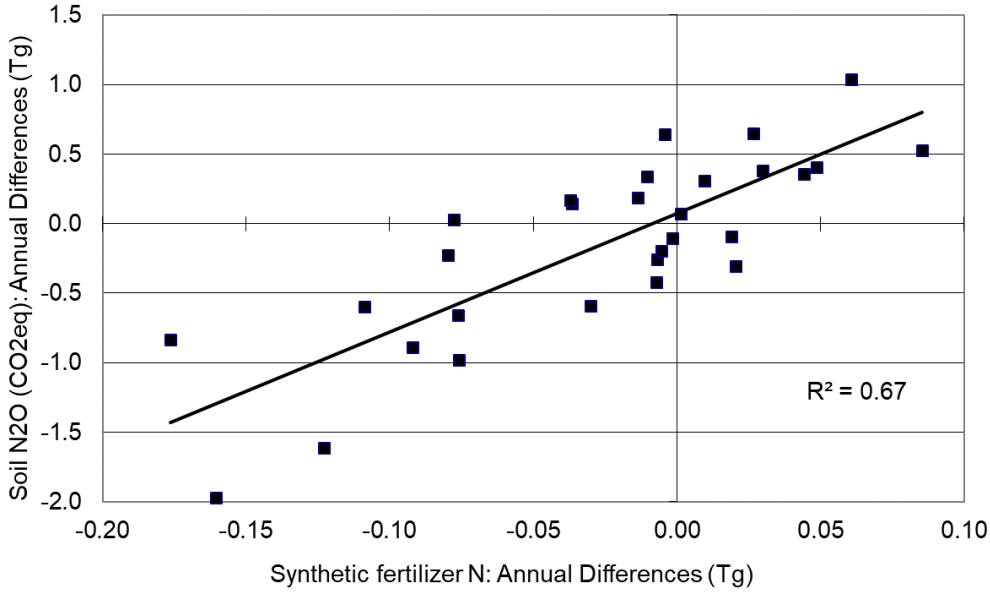
from NH_3 and NO emissions in agriculture) as well as from nitrogen leaching and runoff into surface waters.

To a remarkable extent, interannual variations of total N_2O emissions from agricultural soils originate from interannual variations in mineral fertilizer application, see Figure 2.6.

und NO_3 als Reaktionsprodukte von landwirtschaftlichen NH_3- und NO-Emissionen) sowie aus Stickstoff-Auswaschung und -Oberflächenabfluss.

Die jährlichen Schwankungen der Gesamt-N_2O-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_2O emissions (direct plus indirect N_2O) from agricultural soils vs. interannual variations of mineral fertilizer N for the years 1990 to 2019 (Submission 2021)



2.2 NH_3 emissions / NH_3-Emissionen

Figure 2.7 shows the Submission 2021 time series of the NH_3 emissions from German agriculture. The time series comprise the years 1990 to 2019.

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_3 from spreading of animal manures and digestate of manures of all animal categories), application of synthetic fertilizers as wellas anaerobic digestion of energy crops (NH_3 from storage and application of digestate). The data used for Figure 2.7 can be found in Table 2.4.

Figure 2.7 zeigt für Submission 2021 den zeitlichen Verlauf der NH_3-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft für 1990 – 2019.

Die in Figure 2.7 dargestellten Emissionen gliedern sich gemäß den Anforderungen an die Emissionsberichterstattung nach den großen Tierkategorien (NH_3 aus Stall und Lager), Weidegang (alle Weidetiere zusammen), organischer Düngung (NH_3 aus der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten aller Tierkategorien), Mineraldünger-Ausbringung sowie Vergärung von Energiepflanzen (NH_3 aus Gärrestlagerung und –ausbringung). Die zugrundeliegenden Zahlenwerte finden sich in Table 2.4.

Figure 2.7: Annual NH_3 emissions from German agriculture for 1990 – 2019 (Submission 2021), National emission ceiling (NEC 2001) at 550 Gg a^{-1}, National emission ceiling from 2020-2030 (NEC 2016). No accounting of emissions from spreading of energy crops due to adjustment approved by the EU Comission.

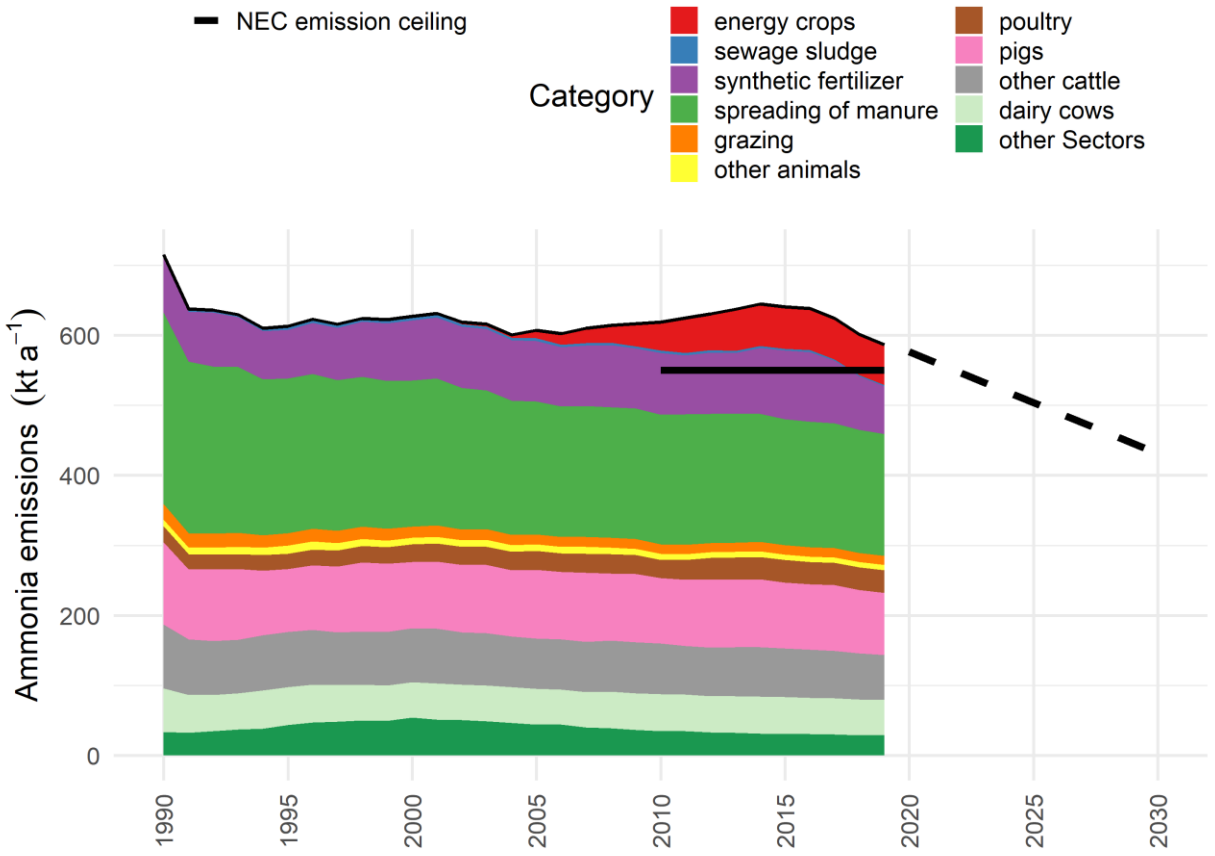


Figure 2.7 also shows the German national emission ceiling of 550 Gg NH_3 per year prescribed for the years from 2010 onwards by the NEC Directive (2001/81/EC) of the European Parliament of 23 October 2001. Negotiations for this directive did not include emissions from anaerobic digestion of energy crops, see Chapters 1 und 10. Hence Germany reports the total NH_3 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 emis-

Figure 2.7 zeigt zusätzlich die seit 2010 für die deutschen Gesamt-NH_3-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_3-Emissionen aus der Landwirtschaft einschließlich der energiepflanzenbedingten Emissionen; für die Einhaltung bzw. Nichteinhaltung des NEC-Schwellenwertes

sions with the NEC ceiling for ammonia of 550 Gg per year. Additionally the planned emission reduction ceilings according to the revised NEC directive (2016/2284 EC) up to the year 2030 are shown in Figure 2.7. These prescribe a 5% reduction relative to 2005 in the year 2020 and a 29% reduction in the year 2030.

From Figure 2.7it can be seen that in a few years agriculture has just exceeded the NEC threshold of 550 Gg, which has been in force since 2010, despite the deduction of the contribution from energy plant fermentation, which has not been taken into account, see also Chapter 2.3. In 2019, the total ammonia emissions from all sectors were 586.6 kt NH_3 (557.8 kt of which from agriculture) and thus 11.2% below the value of 2005, if the NH_3 emissions from the fermentation of energy plants are not taken into account, but only 3.4% below the value of 2005 if the fermentation of energy crops is taken into account.

von 550 Gg a^{-1} ist aber die NH_3-Emission nach Abzug des energiepflanzenbedingten Beitrags maßgeblich. Außerdem ist in Figure 2.7 auch der vorgesehene Minderungspfad der aktualisierten NEC Richtlinie (Richtlinie EU 2016/2284) für 2020-2030 angegeben, welcher gegenüber dem Jahr 2005 eine Minderung von 5 % in 2020 und eine Minderung von 29 % in 2030 vorsieht.

Aus Figure 2.7 geht hervor, dass die Landwirtschaft trotz Abzug des nicht zu berücksichtigenden Beitrags der Energiepflanzenvergärung den seit 2010 geltenden NEC-Schwellenwert von 550 Gg in einigen Jahren knapp überschritten hat, siehe dazu auch Kapitel 2.3. 2019 lag die Gesamt-Ammoniakemission aus allen Sektoren bei 586,6 kt NH3 (davon 557,8 kt NH3 aus der Landwirtschaft) und damit um 11,2 % unter dem Wert von 2005, wenn die NH3-Emissionen aus der Energiepflanzenvergärung außer Betracht bleiben, aber nur um 3,4 % unter dem Wert von 2005, wenn die Energiepflanzenvergärung mit berücksichtigt wird.

Table 2.4: Ammonia emissions from German agriculture for 1990 - 2019 in Gg NH_3 (Submission 2021)

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	681.6	62.2	91.4	117.1	23.0	9.6	22.2	273.7	78.8	3.7	0.0
1991	604.9	54.2	78.8	99.9	21.9	9.8	20.1	245.4	71.3	3.7	0.0
1992	601.5	51.9	77.1	102.5	21.2	9.9	19.8	238.4	77.1	3.5	0.0
1993	592.5	51.6	76.8	100.6	21.5	10.3	20.0	237.1	70.9	3.5	0.1
1994	571.8	54.7	78.6	92.7	22.0	10.7	17.8	222.8	68.9	3.5	0.1
1995	569.4	54.1	78.9	89.9	22.0	11.2	18.0	220.8	69.6	4.7	0.2
1996	575.6	54.0	78.2	92.1	22.6	11.5	18.2	221.1	73.1	4.7	0.3
1997	567.5	52.2	75.5	93.9	22.9	10.7	17.6	214.7	75.0	4.6	0.3
1998	574.7	51.3	75.8	98.9	23.6	10.0	17.4	214.0	78.7	4.2	0.7
1999	573.0	50.5	76.8	97.5	23.3	9.2	17.2	211.3	82.1	4.2	0.9
2000	573.1	50.8	76.8	95.1	24.9	9.4	16.1	208.7	85.6	4.4	1.4
2001	580.6	51.7	78.6	95.6	25.7	9.6	16.2	210.2	87.0	4.0	1.9
2002	568.7	50.9	74.4	96.3	25.8	9.7	15.4	202.3	87.2	3.8	2.8
2003	567.4	51.1	75.0	97.5	26.0	9.8	15.0	198.1	87.6	3.9	3.3
2004	554.3	51.1	72.1	94.5	26.7	9.6	14.5	191.6	86.1	3.8	4.3
2005	563.0	51.3	71.7	98.2	26.7	9.4	14.2	190.1	86.4	3.7	11.4
2006	558.7	50.2	71.3	96.5	26.5	9.6	14.0	186.3	84.4	3.6	16.2
2007	570.3	50.7	71.6	98.4	27.4	9.9	14.0	187.2	85.9	3.5	21.7
2008	575.5	52.3	72.7	96.2	27.3	9.4	14.0	186.8	88.4	3.4	25.0
2009	580.4	52.5	73.0	97.4	26.9	9.0	13.8	186.5	85.7	3.4	32.0
2010	584.0	52.7	72.5	93.2	26.1	8.4	13.6	185.3	88.4	3.5	40.3
2011	590.3	52.4	69.8	94.6	28.2	8.2	13.3	186.3	84.0	3.4	50.2
2012	597.6	51.9	69.4	97.5	30.3	8.2	13.2	184.1	88.0	3.3	51.7
2013	604.8	52.3	70.3	96.3	31.5	8.1	13.4	184.6	86.0	2.9	59.6
2014	613.3	52.5	70.5	97.3	31.8	8.0	13.4	183.3	93.9	2.8	59.8
2015	610.1	52.7	69.8	94.1	31.8	7.9	13.5	180.1	97.9	2.5	59.8
2016	607.8	52.1	68.9	93.3	31.7	7.8	13.3	179.1	99.7	2.5	59.4
2017	594.0	51.6	67.6	93.9	31.9	7.7	13.2	178.2	89.3	1.9	58.6
2018	572.1	50.7	65.8	90.5	32.5	7.6	12.9	175.7	76.8	1.7	57.8
2019	557.8	50.4	64.5	88.5	32.4	7.5	12.8	174.1	68.1	1.7	57.8

As can be seen, there is a marked decrease of the NH_3 emissions from German agriculture in the years immediately after the German unification 1990/1991

Die Gesamt-NH_3-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft sind nach der deutschen Wiedervereinigung von 1990 zu 1991 deutlich gesunken (Abbau von

(reduction of oversized livestock numbers). During the subsequent years the emissions from animal husbandry and fertilizer application do not show substantial trends. The development of NH_3 emissions from mineral fertilizer application as of 2014 is striking. This is mainly attributed to a marked increase in the proportion of urea fertilization, whereas in the years 2017 and 2018 adverse weather conditions (2017: high humidity, 2018 and 2019: extreme drought) led to a sharp decline in the amounts of mineral fertilizer sold. In particular, sales of urea have declined disproportionately in recent years. This is possibly also due to the obligation for urea to be incorporated into the soil immediately or enriched with urease inhibitors, which will apply from 2020.

Almost a tenth (10.4% or 57.8 Gg) of the total NH_3 emissions from German agriculture in 2019 is due to the anaerobic digestion of energy crops (including digestates)), which was negligible in 1990.

Omitting the emissions due to anaerobic digestion of energy crops (including spreading of digestates), the 2019 NH_3 emissions of the German agriculture were 500.0 Gg, which is 26.6% lower than in 1990 where the emissions amounted to 681.6 Gg. Including anaerobic digestion of energy crops (including spreading of digestates) leads 2019 to total NH_3 emissions from agriculture of 557.8 Gg, which is 18.2 % less than 1990.

For the main emission sources within the animal categories „cattle“ and „pigs“, i. e. for dairy cows and fattening pigs, Figure 2.8 shows for the example year 2019 the calculated percentages of 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.

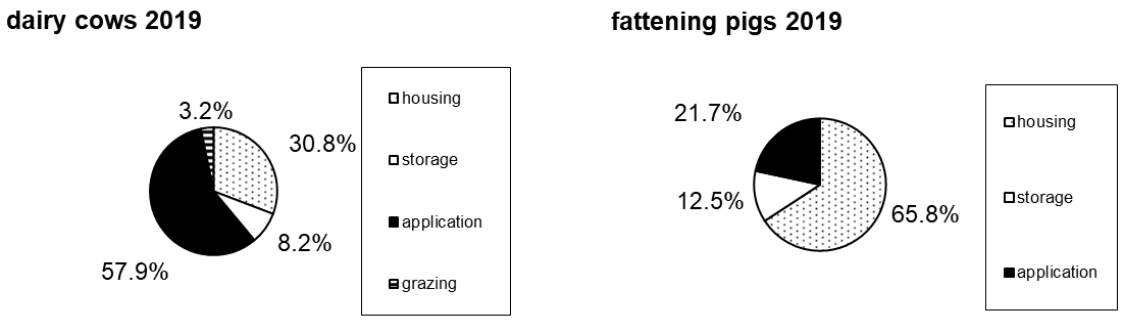
übergroßen Tierbeständen in Ostdeutschland). Danach ist kein eindeutiger Trend mehr zu erkennen. Auffällig ist der Verlauf der NH_3-Emissionen aus der Mineraldüngerausbringung von 2014 an. Dieser wird vorrangig auf eine merkliche Zunahme des Anteils der Harnstoffdüngung zurück geführt, während in den Jahren 2017 und 2018 widrige Witterungsbedingungen (2017: große Feuchte, 2018 und 2019: extreme Trockenheit) zu einem starken Rückgang der verkauften Mineraldüngermengen geführt haben. Insbesondere ist in den letzten Jahren der Absatz an Harnstoff überproportional zurückgegangen. Dies ist möglicherweise auch auf die ab 2020 für Harnstoff geltende Pflicht zu sofortiger Einarbeitung oder Stabilisierung mit Ureasehemmer zurückzuführen.

Etwa ein Zehntel (10,4 % oder 57,8 Gg) der Gesamt-NH_3-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft geht 2019 auf die Vergärung von Energiepflanzen (incl. Gärrestausbringung) zurück, die 1990 noch zu vernachlässigen war.

Ohne Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Ausbringung der Gärreste) liegen die NH_3-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2019 bei 500,0 Gg und damit um 26,6 % niedriger als 1990 mit 681,6 Gg. Mit der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Gärrestausbringung) liegen die Gesamt-NH_3-Emissionen 2019 bei 557,8 Gg (- 18,2 % gegenüber 1990).

Für die Hauptemissionsquellen in der Rinder- und Schweinehaltung, d. h. Milchkühe und Mastschweine, verdeutlicht Figure 2.8 exemplarisch für 2019 die berechnete prozentuale Verteilung der NH_3-Emissionen aus Stall, Lager und Wirtschaftsdünger-Ausbringung (sowie Weidegang bei den Milchkühen). Es wird deutlich, dass bei Milchkühen die Emissonen aus der Wirtschaftsdünger-Ausbringung überwiegen, während dies bei den Mastschweinen für den Stallbereich gilt.

Figure 2.8: Dairy cows and fattening pigs (Submission 2021): Percentages of NH_3 emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2019



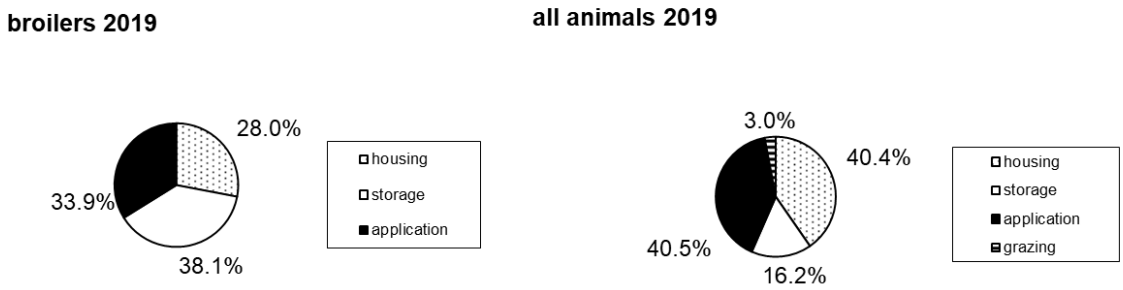
In the same way, Figure 2.9 shows the calculated percentages of NH_3 emissions from housing, storage and manure application for broilers and for the total of all animals. For broilers, about one third of the total emissions are caused by spreading, while a little less than a third originates from housing. For all animals, on aver-

Figure 2.9 zeigt in gleicher Weise für Masthähnchen sowie für die Gesamtheit aller im Inventar berücksichtigten Tiere die prozentuale Verteilung der NH_3-Emissionen. Bei den Masthähnchen resultiert etwa ein Drittel der Gesamtemission aus der Ausbringung, während etwas weniger als ein Drittel dem Stall zuzuordnen

age, 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.

ist. Im Durchschnitt aller Tiere liegen die Emissionen aus Stall und Ausbringung in etwa gleichauf in der Größenordnung von je zwei Fünfteln der Emissionen, während sich das verbleibende knappe Fünftel im Verhältnis von ca. 9:1 auf Lager und Weidegang aufteilt.

Figure 2.9: Broilers and all animals (Submission 2021): Percentages of NH_3 emissions originating from housing, storage, manure application and grazing in 2019



The emissions described above also comprise the effect of anaerobic digestion of animal manures. Table 2.5 shows for the years 1990 to 2019 the changes of total NH3 emissions from animal husbandry (housing + storage + application + grazing) caused by the anaerobic digestion of animal manures.

Die oben beschriebenen Emissionen beinhalten auch die Auswirkung der Wirtschaftsdünger-Vergärung. Table 2.5 zeigt für die Jahre 1990 bis 2019 die Veränderungen der Gesamt-NH3-Emissionen der Tierhaltung (Stall + Lager + Ausbringung + Weidegang) durch die Wirtschaftsdünger-Vergärung.

Table 2.5: Change of total NH_3 emissions from "housing + storage + spreading + grazing" due to anaerobic digestion of manure (also in percent of NH_3 emissions from the situation without anaerobic digestion; positive data: increase of emissions), Submission 2021

	1990	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**
Gg a^{-1}	-0.001	-0.003	-0.004	-0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.05
%	-0.0002	-0.0006	-0.001	-0.001	0.001	0.001	0.002	0.003	0.008	0.010
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Gg a-1	0.08	0.13	0.20	0.25	0.34	0.69	1.18	1.73	2.05	2.69
%	0.017	0.026	0.041	0.053	0.074	0.150	0.26	0.38	0.45	0.59
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Gg a^{-1}	3.45	4.09	3.00	2.23	1.23	0.19	0.16	0.25	0.30	0.40
%	0.76	0.90	0.66	0.49	0.27	0.041	0.04	0.06	0.07	0.09

As can be seen, digestion mostly leads to slightly increased total emissions of NH_3. This is due to the increase of the share of TAN of the substrate's total N pool that takes place in the digester. This increase of TAN leads to a higher potential of NH3 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 in Table 2.5 especially in the change from 2011 to 2012 when the use of gastight storage drastically increased, but also in the subsequent years with still increasing use of gastight storage.

Wirtschaftsdünger-Vergärung führt i. d. R. zu einer leichten Erhöhung der NH_3-Gesamtemissionen. Dies liegt an dem im Fermenter stattfindenden Anstieg des TAN-Anteils an der Gesamt-N-Menge, mit der Folge eines erhöhten Potentials für NH_3-Emissionen aus Lagerung und Ausbringung der Gärreste. Je mehr Wirtschaftsdünger vergoren wird, um so deutlicher zeigt sich dieser Effekt. Er wurde anfangs der 1990er Jahre noch durch die im Vergleich zu unbehandeltem Wirtschaftsdünger emissionsärmeren Techniken zur Gärrestausbringung kompensiert. Die gasdichte Gärrestlagerung hat ebenfalls eine emissionsverringernde Wirkung. Dies zeigt sich in Table 2.5 insbesondere beim Übergang von 2011 zu 2012, als die Verbreitung der gasdichten Lagerung sprunghaft zunahm, aber auch in den Jahren danach mit weiter zunehmender Verbreitung.

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 2019 in Figure 2.10. 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 2.10 zeigt für Milchkühe und Mastschweine für die Jahre 1990 bis 2019 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: täglicher Zuwachs pro Tier).

Figure 2.10: Dairy cows and fattening pigs: Performance-related total NH_3 emissions from animal husbandry, inluding grazing for dairy cows (for dairy cows per kg milk, for fattening pigs per kg of daily growth), Submission 2021

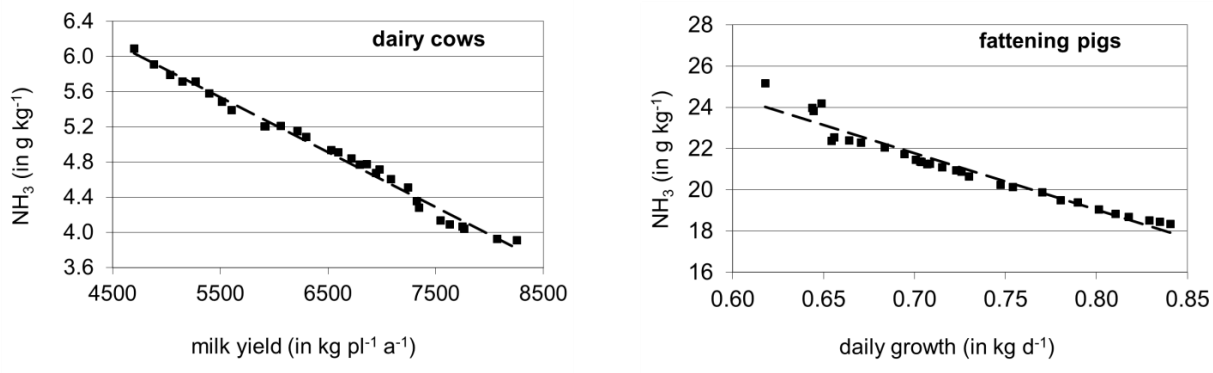


Figure 2.10 shows for dairy cows that the emissions per kg milk have decreased due to the steady increase in milk yields. However, the decrease does not occur to the same extent as the milk yield increases. This is due to the fact that the energy requirements for maintenance, which have an important share in the total energy requirements (40% for a milk yield of 6000 kg a^{-1} and about 30% for 10000 kg a^{-1}), is independent of the milk yield. In addition the emissions are also affected by from-year-to-year changes of frequencies of housing types, storage types and spreading conditions (see Chapter 3.4.3).

A similar picture can be obtained for 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 anmal performance and increase with increasing weight gains. Increased N intake with feeds is compensated by increased N retention. Hence, N excretion rates and as a consequence, NH_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 spreading conditions (see Chapter 3.4.3). An additional effect is caused by the increasingly used phase feeding, which leeds to reduced N inputs in pig fattening. This effect is modelled in the inventory from 1990 onwards.

If the number of animals remains unchanged, the increase in performance inevitably leads to an increase in the total emissions of the relevant animal population. At

Aus Figure 2.10 geht für die Milchkühe hervor, dass die beständig zunehmenden Milchleistungen zu einer Abnahme der Emissionen pro kg Milch führen. Die Abnahme erfolgt allerdings nicht im gleichen Maße wie die Milchleistung ansteigt. Dies liegt daran, dass der Erhaltungsenergiebedarf, der einen wichtigen Anteil am Gesamtenergiebdarf hat (40 % bei einer Milchleistung von 6000 kg a^{-1} und ca. 30 % bei 10000 kg a^{-1}), von der Milchleistung unabhängig ist. 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 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 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.

Bei gleichbleibender Tierzahl führt Leistungssteigerung unweigerlich zu einem Anstieg der Gesamtemission der betreffenden Tierpopulation. Gleichzeitig kann es

the same time, the increase in performance may reduce the product-related emission. However, as internationally and nationally agreed emission reduction targets relate to total and not product-related emissions, product-related emissions with unchanged numbers of animals are not suitable for verifying the implementation of emission reduction targets.

Nevertheless, consideration of product-related emissions can 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 explored in the report at hand, but see e. g. "Standards for the calculation of a farm's climate balance (BEK, in German)".[10]

The NH_3 emissions from the application of mineral fertilizers are dominated by the application of urea and ANS. Figure 2.11 shows, in relation to 1990, the time series of the calculated NH_3 emissions from the application of mineral fertilizers, the total amount of mineral fertilizer N applied and the amount of N in urea and ANS applied. There is a clear correlation between the amount of urea and ANS applied and the NH_3 emissions from the total application of mineral fertilizers (R^2 = 0.89). This correlation is due to the fact fact that the emission factors of urea and ANS remarkably exceed those of other fertilizers.

Figure 2.11 shows a significantly smoother course of time compared to the corresponding figure in the emissions reports up to and including submission 2020. This is a consequence of the overarching temporal averaging of the data introduced with submission 2021 in order to approximate storage effects , see chap. 11.1.1.

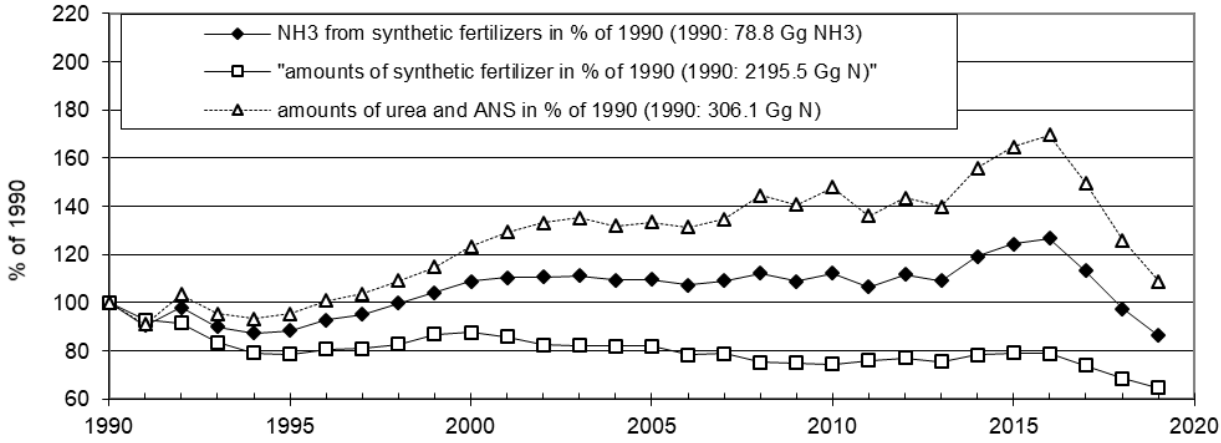
sein, dass durch die Leistungssteigerung die auf „kg Produkt" bezogene Emission sinkt. Da sich international und national vereinbarte Emissionsminderungsziele aber auf die Gesamt- und nicht die produktbezogenen Emissionen beziehen, sind produktbezogene Emissionen bei gleichbleibenden Tierzahlen nicht geeignet, die Umsetzung von Emissionsminderungszielen zu überprüfen.

Die Betrachtung von produktbezogenen Emissionen kann dagegen 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. Siehe dazu aber z. B. "Berechnungsstandard Klimabilanz (BEK)".[10]

Die NH_3-Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung sind maßgeblich durch die Anwendung von Harnstoff und AHL geprägt. Figure 2.11 zeigt relativ zu 1990 die Zeitreihen der berechneten NH_3-Emissionen, der mit Mineraldünger ausgebrachten N-Mengen und der darin enthaltenen Summe von Harnstoff-N und AHL-N. Es besteht eine deutliche Korrelation zwischen der gesamten NH_3-Emission aus der Mineraldüngeranwendung und der Menge an Harnstoff und AHL (R^2 = 0,89). Diese Korrelation ist eine direkte Folge der im Vergleich zu den übrigen Düngern erheblich größeren Emissionsfaktoren für Harnstoff und AHL.

Figure 2.11 zeigt gegenüber der entsprechenden Abbildung in den Emissionsberichterstattungen bis einschließlich Submission 2020 einen deutlich glatteren zeitlichen Verlauf. Dies ist eine Folge der mit Submission 2021 eingeführten übergreifenden zeitlichen Mittelung der Daten, um Lagereffekt zu approxomieren, siehe Kap. 11.1.1.

Figure 2.11: 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 2021)



[10] https://daten.ktbl.de/bek/#start

2.3 Comparison with Submission 2020 / Vergleich mit Submission 2020

For the calculation of the current Submission 2021 some changes were made, with respect to Submission 2019 (HAENEL et al., 2020), in the fields of input data and methodologies. All changes between Submissions 2017 and 2018 are listed in Chapter 3.5.2.

Figure 2.12 and Figure 2.13 illustrate the differences between the results of Green House Gas emissions and NH_3 emissions of current Submission 2021 and Submission 2020.

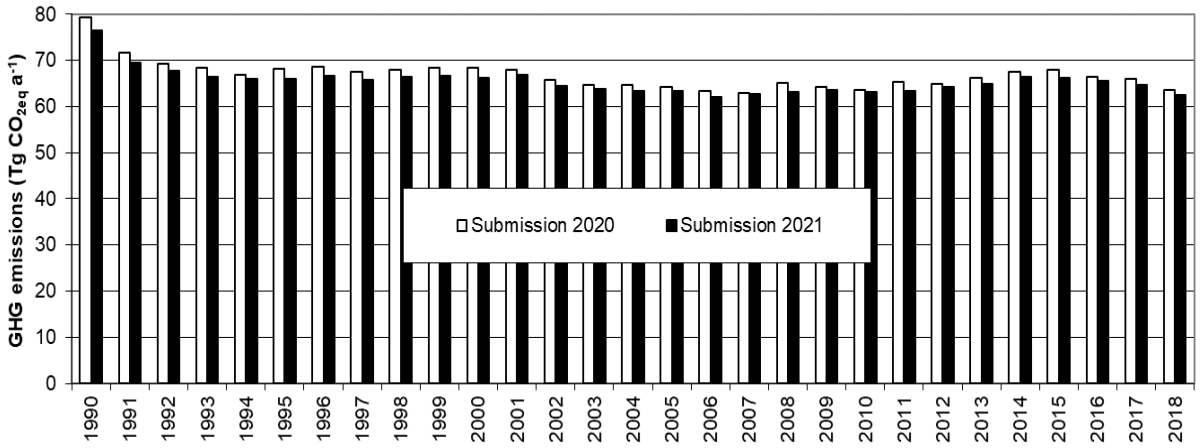
The greenhouse gas emissions from Submission 2021 shown in Figure 2.12 differ by -3.53 % (1990) to -0.37 % (2007) from the emissions reported in Submission 2020. Averaged over all time series years, the difference is -2.11 % or -1.41 Tg CO_2eq. These differences are mainly due to methodological changes of the cattle models concerning the feed rations and animal weights as well as a series of activity data updates.

Zur Berechnung der vorliegenden Submission 2021 wurden gegenüber Submission 2020 (HAENEL et al., 2020) 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 NH_3-Emissionsergebnissen der Submissionen 2021 und 2020 zeigen Figure 2.12 und Figure 2.13.

Die in Figure 2.12 gezeigten Treibhausgas-Emissionen der Submission 2021 unterscheiden sich von den in Submission 2020 berichteten Emissionen zwischen -3,53 % (1990) und -0,37 % (2007). Über alle Zeitreihenjahre gemittelt liegt der Unterschied bei -2,11 % bzw. -1,41 Tg CO_2eq. Diese Differenzen gehen im Wesentlichen auf methodische Änderungen der Rindermodelle bezüglich der Futteraufnahme und der Tiergewichte sowie eine Reihe von Aktivitätsdaten-Aktualisierungen zurück.

Figure 2.12: Comparison of GHG emission results in Submission 2020 and Submission 2021



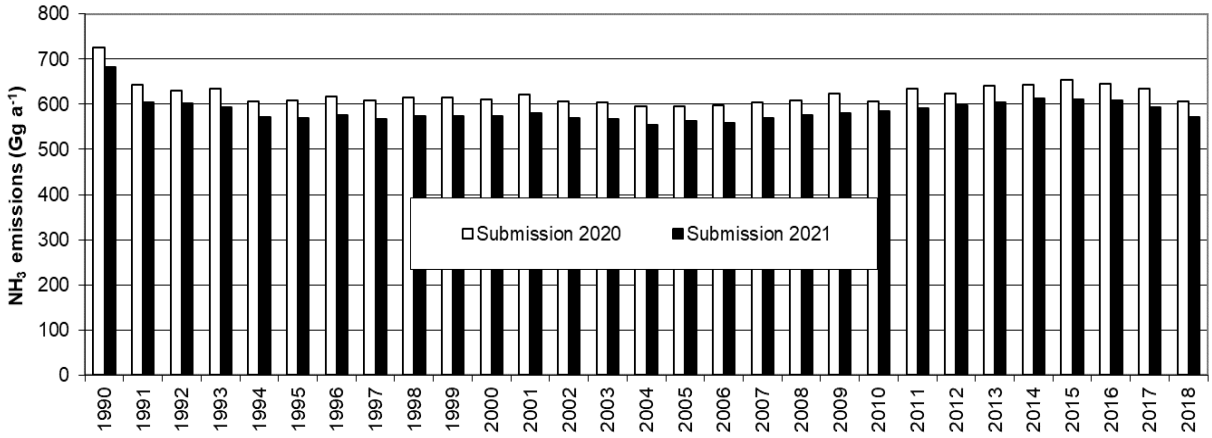
The following NH_3 comparison in Figure 2.13 also covers the emission source "energy crops" (digestate storage and application), even if this source is not taken into account when compliance with the NEC 2001 threshold value is checked, see Chapter 1.

The NH_3 emissions of Submission 2021 differ by -7.06% (2011) to -3.51% (2010) from the emissions reported in Submission 2020. Averaged over all time series years, the difference is -5.99% and -37.28 Tg NH_3, respectively. The reasons for this are essentially the same as for the comparison of greenhouse gases in Figure 2.12.

Der nachfolgende NH_3-Vergleich in Figure 2.13 umfasst auch die Emissionsquelle „Energiepflanzen“ (Gärrestlagerung und -ausbringung), auch wenn diese bei der Überprüfung der Einhaltung des Schwellenwertes gemäß NEC 2001 nicht berücksichtigt wird, siehe Kapitel 1.

Die NH_3-Emissionen der Submission 2021 unterscheiden sich um -7,06 % (2011) bis -3,51 % (2010) von den in Submission 2020 berichteten Emissionen. Über alle Zeitreihenjahre gemittelt liegt der Unterschied bei -5,99 % bzw. -37,28 Tg NH_3. Die Gründe dafür sind im Wesentlichen die gleichen wie beim Vergleich der Treibhausgase in Figure 2.12.

Figure 2.13: Comparison of NH_3 emission results in Submission 2020 and Submission 2021



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

Input data and results of the emission calculations described in the present report were published as an EXCEL® file on the OpenAgrar website and can therefore be cited separately:
https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00067815; DOI: 10.3220/DATA20210323134503.

The report and the data file are also accessible via the website of the Thünen Institute for Climate-Smart Agricultural[11].

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_4) (1005),
  emissions from manure management (NMVOC) (1007),
  emissions from manure management regarding N species (1009),
  emissions of particulate matter from manure management (TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$) (1010);
- **emissions listed in the sequence:**
  ammonia (NH_3),
  nitrous oxide (N_2O),
  nitric oxide (NO),
  methane (CH_4),
  non-methane volatile organic compounds (NMVOC),
  particulate matter (TSP, PM10, PM2.5),
  carbon dioxide (CO2);
- **emission sources of animal husbandry (buffalo included in cattle, see Chapter 4.1.1.2):**
  dairy cows,
  calves,
  dairy heifers,
  female beef cattle,
  male beef cattle,
  suckler cows,
  male cattle > 2 years,
  sows,
  weaners,

Eingangsdaten und Ergebnisse der im vorliegenden Bericht beschriebenen Emissionsberechnungen wurden als EXCEL®-Datei auf der OpenAgrar-Website veröffentlicht und sind damit separat zitierbar:
https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00067815; DOI: 10.3220/DATA20210323134503.

Bericht und Datendatei sind auch auch über die Website des Thünen-Instituts für Agrarklimaschutz zugänglich[11].

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 (CH4) (1005),
  Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (NMVOC) (1007),
  Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (N-Spezies) (1009),
  Partikelemissionen aus dem Wirtschaftsdünger--Management (TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$) (1010);
- **die Emissionen in der Reihenfolge**:
  Ammoniak (NH_3),
  Lachgas (N_2O),
  Stickstoffmonoxid (NO),
  Methan (CH_4),
  Flüchtige organische Verbindungen außer Methan (NMVOC),
  Partikel (TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$),
  Kohlenstoffdioxid (CO_2);
- **die Emissionsquellen der Tierhaltung (Büffel bei den Rindern enthalten, siehe Kapitel 4.1.1.2)**:
  Milchkühe,
  Kälber,
  Milchfärsen,
  Schlachtfärsen,
  männliche Mastrinder,
  Mutterkühe,
  männliche Rinder > 2 Jahre,
  Sauen,
  Aufzuchtferkel,

[11] https://www.thuenen.de/de/ak/arbeitsbereiche/emissionsinventare/

fattening pigs,
boars,
sheep,
goats,
horses (including asses and mules),
laying hens,
broilers,
pullets,
geese,
ducks,
turkeys (male)
turkeys (female);

- **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.

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

- **die Aggregation zu Tiergruppen:**
  Wo für Berichtszwecke erforderlich, werden Daten einzelner Tierunterkategorien zu Daten der Gesamtkategorie aggregiert.

Die Tabellen der Gruppe „Aktivitäten“ folgen sinngemäß 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 preparated with the inventory model Py-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 3.5.1.

Das jährliche Emissionsinventar für den Sektor Landwirtschaft wird mithilfe des Modells Py-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 Kapitel 3.5.1.

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

α	time units conversion factor	Umrechnungsfaktor für Zeiteinheiten
A	area	Fläche
B_o	maximum methane producing capacity	maximale Methanbildungs-Kapazität
β	mass units conversion factor	Umrechnungsfaktor für Masseneinheiten
γ	stochiometric conversion factor of mass	Stöchiometrischer Umrechnungsfaktor für Massen
DM	dry matter	Trockensubstanz
E	emission	Emission
EF	emission factor	Emissionsfaktor
η	energy content	Energiegehalt
IEF	implied emission factor	aggregierter Emissionsfaktor
μ	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	female beef cattle	Schlachtfärsen
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
dh	dairy heifers	Milchfärsen
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)	Hexachorobenzol (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 = male cattle > 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[12] (1993) and IUPAP[13] (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 Reifsnyder 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

Additional units used:

pl	animal place, see Chapter 3.1.2.2.1
an	animal, see Chapter 3.1.2.2.1
eg	egg

Note: Instead of the "an" unit, deviating units are occasionally used, see Chapter 3.1.2.2.1.

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^{-1}, MJ MJ^{-1}) is preferred.

Wenn möglich werden SI-Einheiten und Symbole nach IUPAC[12] (1993) bzw. IUPAP[13] (1987) benutzt. Spezielle Einheiten, die in den Agrarwissenschaften und der Mikrometeorologie verwendet werden, werden wie bei Monteith (1984) und Reifsnyder 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

Zusätzlich verwendete Einheiten:

pl	Tierplatz, siehe Kapitel 3.1.2.2.1
an	Tier, siehe Kapitel 3.1.2.2.1
eg	Ei

Anmerkung: Statt „an“ werden gelegentlich auch abweichende Einheiten verwendet, siehe Kapitel 3.1.2.2.1

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

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 basic relation between emission, emission factor and activity activity data:

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 von Emission, Emissionsfaktor und Aktivität:

$$E = EF \cdot AD \qquad \textbf{(3.1)}$$

E	emission
EF	emission factor
AD	activity data

[12] IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry
[13] IUPAP: International Union of Pure and Applied Physics

The units of *E*, *EF* and *AD* depend on the context oft he 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 the ratio of aggregated emissions to aggregated activities. The *IEF* units depend on the units of *E* and *AD*:

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:

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

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.

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 *Animal related units / Tierbezogene Einheiten*

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

In the German inventory, those animal place numbers have the unit "pl" (pl for place). The unit "head", which is frequently used in the English-language regulations of EMEP and IPCC, is not used because it could be identified with the term "animal". However, such an equalization is not always meaningful, as shown in the following remarks.

For data X referring to the animal place (such as X = energy requirements or X = emission), the units "X pl^{-1}" is usually used. However, for animals whose production cycles are shorter than one year (such as fattening pigs or sows in piglet production), calculations are first carried out per animal (equivalent to "per production cycle") before being converted to the year. The per-animal data X then have the units "X an^{-1}" (with "an" from "animal"). In special cases it may happen that the unit "an" is too general, so that a confusion of different animal categories would be possible. In such cases, "an" will be replaced by a more specific unit based on the English name of the respective animal category. The most important example for this is the calculation for sows including suckling piglets, see chapter 5.3. In this example, if necessary, the data X referring to the sow is given with the units "X sow^{-1}" and the information relating to the suckling pig Y with the unit "Y $piglet^{-1}$".

For quantities given per year (such as milk yield), the units "pl^{-1}" and "an^{-1}" (or sow^{-1} or equivalent) are equivalent. This applies, for example, also for the sow's daily energy requirements averaged over the entire production cycle, because this energy requirements can be converted directly into the annual energy requirements by multiplying it by 365. For animal categories whose lifespan is less than one year (such as fattening pigs), there is no equivalence of "pl^{-1}" and "an^{-1}". (For the definition of „lifespan“ see Chapter 3.1.2.3.)

Die Berechnung des Emissionsinventars erfolgt mit einer zeitlichen Auflösung von einem Jahr. Schwankungen im Tierbestand innerhalb eines Jahres können nicht abgebildet werden. Abgesehen davon stellt die deutsche Offizialstatistik nicht genügend Daten bereit, um solche Schwankungen nachzuvollziehen. Für die Inventarberechnungen wird daher davon ausgangen, dass die durch die Offizialstatistik zu einem bestimmten Stichtag (siehe Kapitel 3.4.2.1) erhobene Anzahl besetzter Tierplätze auch an jedem anderen Tag des Jahres anzutreffen ist.

Diese Tierplatzzahlen haben im deutschen Inventar die Einheit „pl“ (pl für place oder Platz). Die in den englischsprachigen Regelwerken von EMEP und IPCC häufig anzutreffende Einheit „head“ wird nicht verwendet, da sie mit dem Begriff „Tier“ gleichgesetzt werden könnte. Eine solche Gleichsetzung ist aber nicht immer sinnvoll, wie aus den nachfolgenden Ausführungen hervorgeht.

Bei Angaben X, die sich auf den Tierplatz beziehen (wie z. B. X = Energiebedarf oder X = Emission), wird i. d. R. die Einheit „X pl^{-1}“ verwendet. Bei Tieren, deren Produktionszyklen aber kürzer als ein Jahr sind (wie z. B. Mastschweinen oder Sauen in der Ferkelproduktion), werden die Berechnungen zunächst pro Tier ausgeführt (gleichbedeutend mit „pro Produktionszyklus“), ehe eine Umrechnung auf das Jahr erfolgt. Die pro-Tier-Angaben X haben dann die Einheit „X an^{-1}“ (mit „an“ von „animal“). In speziellen Fällen kann es vorkommen, dass die Einheit „an“ zu allgemein ist, so dass eine Verwechslung von verschiedenen Tierkategorien möglich wäre. In solchen Fällen wird „an“ durch eine spezifischere Einheit ersetzt (in Anlehnung an die englische Bezeichnung der Tierkategorie). Das wichtigste Beispiel sind die Sauen incl. Saugferkel, siehe Kapitel 5.3. In diesem Beispiel erfolgen bedarfsweise die auf die Sau bezogenen Angaben X mit der Einheit „X sow^{-1}“ und die auf die Saugferkel bezogenen Angaben Y mit der Einheit „Y $piglet^{-1}$“.

Bei Größen, die pro Jahr angegeben werden (wie z. B. die Milchleistung), sind die Einheiten „pl^{-1}“ und „an^{-1}“ (bzw. sow^{-1} o. ä.) äquivalent. Dies gilt z. B. auch für den über den gesamten Produktionszyklus gemittelten täglichen Energiebedarf der Sau in der Ferkelproduktion, weil dieser Energiebedarf durch Multiplikation mit 365 direkt in den jährlichen Energiebedarf überführt werden kann. Bei Tierkategorien, deren Lebensdauer kürzer als ein Jahr ist (wie z. B. Mastschweinen), gibt es keine Äquivalenz von „pl^{-1}“ und „an^{-1}“. (Zur Definition der Lebensdauer siehe Kapitel 3.1.2.3.)

3.1.2.2.2 *Average annual population / Mittlere jährliche Tierpopulation*

According to Chapter 3.1.2.2.1, in the German inventory the number of occupied animal places (nop, with op = occupied places) counted by the official statistics at a certain reference date is assumed to be constant over the whole year. Consistently with the definition of n_{op},

Nach Kapitel 3.1.2.2.1 wird im deutschen Inventar die durch die Offizialstatistik zu einem bestimmten Stichtag erhobene Anzahl besetzter Tierplätze (n_{op}, mit op = occupied places) als konstant über das ganze Jahr angenommen. Konsistent mit der Definition von n_{op} wird

the number of animal places not occupied at the reference date is assumed to be constant throughout the year (n_{ep}, with 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(2019)-3B-14 and EMEP(20196)-3B-20, or IPCC(2006)-10.8, Equation 10.1: n_{op} = AAP.[14]

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 throut a year. The conversion between average animal place used in the inventory and an animal place in agrictural practice is discussed in Chapter 3.1.2.2.3.

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 6.1.1.1.

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 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.

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(2019)-3B-14 und EMEP (2019)-3B-20, bzw. IPCC(2006)-10.8, Gleichung 10.1. Das heißt, dass n_{op} = AAP.[14]

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 3.1.2.2.3 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 6.1.1.1.

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

3.1.2.2.3 *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

Während das Inventar auf dem Konzept des mittleren, ganzjährig besetzten Tierplatzes beruht (siehe Kapi-

[14] Note that the 2019 EMEP/EEA Guidebook (EMEP, 2019) uses the acronym AAP not only to define animal populations but also in the sense of „per place" (AAP^{-1}), see e. g. the NH_3 emission factors in EMEP (2019)-3B-16, Table 3.2, that are given in units of kg AAP^{-1} a^{-1}. Such usage of AAP is incorrect, as AAP represents an entire population and cannot simultaneously represent a single part of that population. The German inventory report at hand does not use the acronym AAP.

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.

If the inventory model's input data (e. g. N excretions) and results (emissions) calculated for an average animal place are to be compared with data obtained in practice for a real animal place, the inventory data have to be converted under consideration of the empty times met in practice. 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.

tel 3.1.2.2.1), ist ein Tierplatz in der Praxis („realer Tierplatz") im allgemeinen nur zeitweilig besetzt, unterbrochen durch Leerstandszeiten.

Sollen die mit dem Inventarmodell für einen mittleren Tierplatz berechneten Eingangsdaten (z. B. die N-Ausscheidungen) und Emissionen mit Daten für einen realen Tierplatz verglichen werden, müssen zuvor die Inventardaten unter Berücksichtigung der in der Praxis vorkommenden Leerstandszeiten 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" ($\tau_{lifespan}$) 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, in general, are members of the category "dairy heifers" (having the lifetime of a dairy 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.

The duration of a production cycle τ_{round} is related to the quantity „lifespan" and is defined as the sum of $\tau_{lifespan}$ and the vacancy time or service time ($\tau_{service}$) 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 τ_{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).

Die Größe „lifespan" bzw. „Lebensdauer" ($\tau_{lifespan}$) 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 zumeist in die Kategorie der Milchfärsen (mit Milchfärsen-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.

Eine zu $\tau_{lifespan}$ verwandte Größe ist die Durchgangsdauer τ_{round}. Sie ist die Summe aus der Lebensdauer innerhalb der Tierkategorie ($\tau_{lifespan}$), und der Leerstands- oder Reinigungszeit ($\tau_{service}$) 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_{start} and w_{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").

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

The German term "Schlachtgewicht" is used to describe the animal weight immediately after slaughtering

Allgemein bezeichnen Anfangsgewicht w_{start} und Lebendendgewicht w_{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.

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

Das Schlachtgewicht ist laut BUNDESGESETZBLATT (2008) Teil I Nr. 52 das Warmgewicht des geschlachteten und

and gutting (BUNDESGESETZESBLATT (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 Englisch term "slaughter weight" (that refers to the animal weight immediately before slaughtering), but to the Englisch term "carcass weight".

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

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, Ausschlachtung oder Ausschlachtungsgrad c_w bezeichnet.

$$w_{\text{carcass}} = c_{\text{w}} \cdot w_{\text{fin}} \tag{3.3}$$

w_{carcass}	carcass weight (in kg an^{-1})
c_w	ratio of carcass weight to final live weight (in kg kg^{-1}, 0 < cw < 1)
w_{fin}	final live weight (in kg an^{-1})

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

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

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

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

3.1.2.5 *Weight gain and weight gain rate / Gewichtzuwachs 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:

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

$$\Delta w = w_{\text{fin}} - w_{\text{start}} \tag{3.5}$$

Δw	total weight gain (in kg an^{-1})
w_{fin}	final animal live weight (in kg an^{-1})
w_{start}	animal start weight (in kg an^{-1})

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 $\Delta w/\Delta t$:

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

$$\frac{\Delta w}{\Delta t} = \frac{\Delta w}{\tau_{\text{lifespan}}} \tag{3.6}$$

$\Delta w/\Delta t$	mean daily weight gain (in kg an^{-1} d^{-1})
Δw	total weight gain (in kg an^{-1})
τ_{lifespan}	span of lifetime (in d)

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:

$$w_{\mathrm{m,\,j}} = w_{\mathrm{unit}} \cdot \left(\frac{w_{\mathrm{j}}}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{\mathrm{m}} \qquad \textbf{(3.7)}$$

$w_{\mathrm{m,\,j}}$	metabolic animal weight on day j of lifespan (in kg an^{-1})
w_{j}	animal live weight on day j of lifespan (in kg an^{-1})
w_{unit}	unit weight (w_{unit} = 1 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:

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

ΣW_{j}	cumulative metabolic live weight (kg d an^{-1})
j	running index of day
k_{fin}	index of the final day of lifespan ($k_{\mathrm{fin}} = \tau_{\mathrm{lifespan}} \cdot \tau_{\mathrm{day}}^{-1}$, with τ_{lifespan} the duration of lifespan in d)
τ_{day}	time period of one day (τ_{day} = 1 d)
$w_{\mathrm{m,\,j}}$	metabolic animal weight on day j of lifespan (in kg an^{-1})

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

Py-GAS-EM is a programme coded in Python programming language (see Chapter 3.2.4) to estimate gaseous and particulate emissions from animal agriculture and crop production[15]. The input data and results are stored in a PostgreSQL database.

The assessment of emissions within Py-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 of the report at hand.

Py-GAS-EM ist ein in der Programmiersprache Python geschriebenes Programm (siehe Kapitel 3.2.4) zur Berechnung gas- und partikelförmiger Emissionen aus Tierhaltung und Pflanzenbau in der Landwirtschaft[15]. Die Eingangsdaten und Ergebnisse der Berechnungen werden in einer PostgreSQL-Datenbank gehalten.

Zur Emissionsberechnung mit dem Py-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 im vorliegenden Bericht beschrieben.

3.2.1 Guidance documents / Handbücher

The guidance documents used to calculate the inventory with the Py-GAS-EM model are the IPCC Guidelines (IPCC, 2006) and the EMEP Guidebook (EMEP, 2019). The agricultural section of the EMEP Guidebook has been developed with the assistance of the German working group.

In a few specific cases, however, older guidelines must be used: EMEP (2007), EMEP (2009) and EMEP (2013).

The IPCC 2006 Guidelines (IPCC, 2006) are referred to by 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 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. The same holds for the EMEP/EEA Guidebooks issued in 2009 and 2016.

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 Py-GAS-EM zugrunde liegenden Handbücher umfassen die IPCC-Guidelines (IPCC, 2006) und das EMEP-Guidebook (EMEP, 2019). Der die Landwirtschaft betreffende Teil des EMEP-Guidebook entstand unter Mitwirkung der deutschen Arbeitsgruppe.

In einigen wenigen Einzelfällen müssen auch ältere Richtlinien herangezogen werden: EMEP (2007), EMEP (2009) und EMEP (2013).

Bei den IPCC-2006-Guidelines (IPCC, 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.

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. Das Gleiche gilt für die EMEP/EEA-Guidebooks von 2009 und 2016.

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 Py-GAS-EM model / Struktur des Py-GAS-EM-Modells

The assessment of emissions within Py-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.

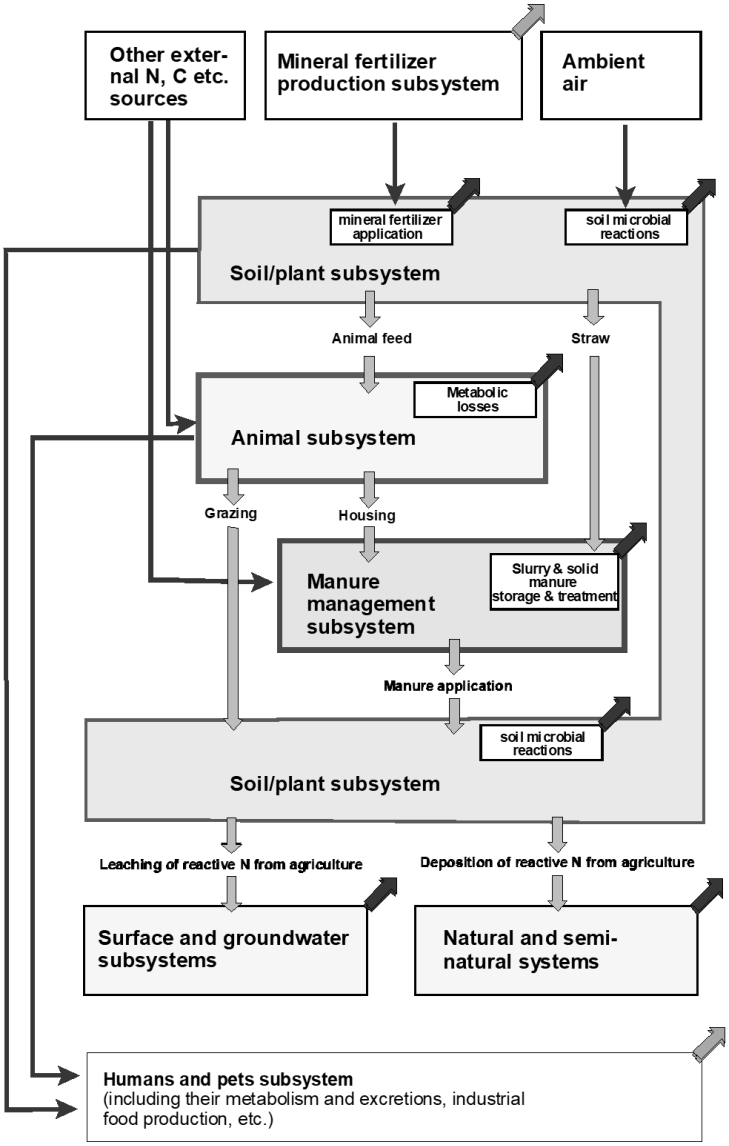
Zur Emissionsberechnung mit dem Py-GAS-EM-Modell wird das System Landwirtschaft im Sinne der IPCC-Berichterstattung definiert. Es umfasst die Bereiche „Nutztierhaltung“ (Emissionen aus Verdauung und Wirtschaftsdünger-Management) sowie „landwirtschaftlich genutzte Böden“.

[15] The Py-GAS-EM model was developed in accordance to the GAS-EM Excel® model developed by Dämmgen et al. (2002) which was a modular EXCEL® spreadsheet and has continuously been improved further since then.

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

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

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).

The agricultural subsystems are:

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

Fluxes of feeding material between subsystems “Soil/plant” and “animal” are not explicitly calculated in

Die Landwirtschaftliche Subsysteme umfassen:

- Subsystem „Boden/Pflanze“: Primärproduktion;
- Subsystem „Tier“: Stoffwechsel-Vorgänge im Tier;
- Subsystem „Wirtschaftsdünger-Management“: Stallungen, Lagerung von Wirtschaftsdüngern und deren Aufbereitung (z.B. Biogas-Anlagen);
- Subsysteme „Oberflächen und Grundwässer“ sowie landwirtschaftlich beeinflusste Subsysteme „natürliche und naturnahe Flächen“.

Flüsse von Futtermitteln zwischen dem Subsystem „Boden/Pflanze“ und dem Subsystem „Tiere“ werden im

the inventory. It is simply assumed that the required 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 Py-GAS-EM differentiates between animal categories and subcategories[16] - 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 sorce categories 3.A und 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

Inventar nicht explizit berechnet; bei der Tierfütterung wird davon ausgegangen, dass die erforderlichen Futtermengen vorhanden sind.

Einstreu wird als Stroh angesehen; die im Subsysten „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.

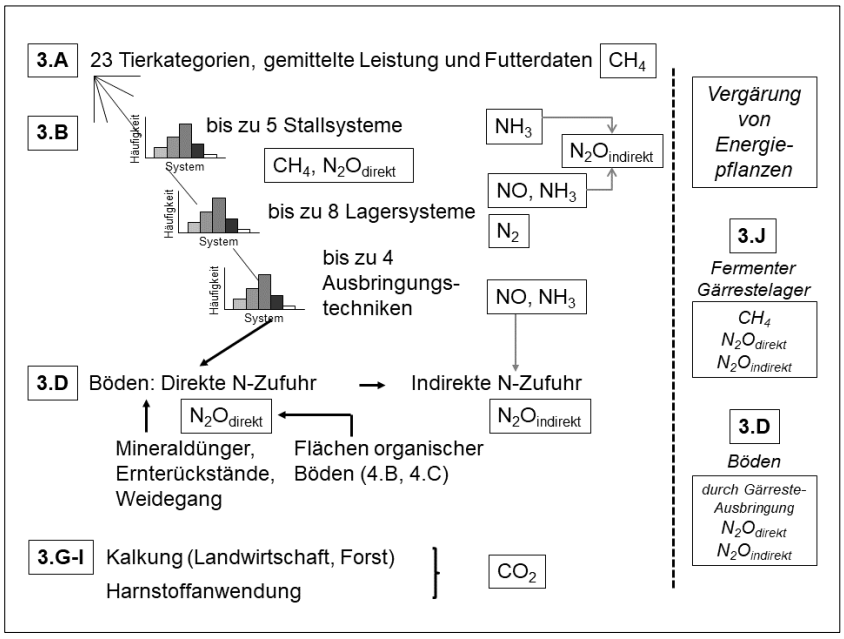
Die Emissionen reaktiver N-Verbindungen (NH_3, NO) werden über die Luft verfrachtet, deponiert und greifen dort in die N-Dynamik der Böden ein. Sie führen dort schließlich zur Bildung von N_2O. Auch diese indirekten N_2O-Emissionen werden der Quelle „Landwirtschaft" zugeordnet.

Figure 3.2 zeigt, wie und auf welcher räumlichen Ebene – soweit Daten vorhanden – das Py-GAS-EM-Modell zunächst nach Tierkategorien und –unterkategorien[16] 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 Py-GAS-EM model



[16] Seven 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 (2019)-3B, Figure 3.1, and EMEP (2019)-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 (2019), 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: //iir-de.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.

All methods used at present in Py-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 considerable 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 ff) and the chapters dealing with emissions from agricultural soils (Chapter 11 ff).

For the calculation of uncertainties for both the greenhouse gas and the NH_3 inventories see Chapter 14.

Aus den Entscheidungssbäumen für die Methodenwahl (siehe IPCC (2006), Abbildungen 10.2, 10.3, 10.4, 11.2 und 11.3, sowie EMEP (2019)-3B, Abbildung 3.1, und EMEP (2019)-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 (2019), 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.

Die Berechnungsverfahren werden nach ihrem stufenweise zunehmenden Detaillierungsgrad unterschieden (zur Definition von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten siehe Kapitel 3.1.2.1):

- **Tier-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;
- **Tier-2-Verfahren,** die nationale Emissionsfaktoren verwenden (bei Tieren z. B. abgeleitet aus nationalen Daten zu Fütterung und Haltungsverfahren);
- **Tier-3-Verfahren**, die im Detaillierungsgrad der Beschreibung über ein Tier-2-Verfahren hinausgehen.

Im deutschen Inventarmodell Py-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 detallierterer 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 Tier-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_3-Inventar geht Kapitel 14 ein.

3.2.4 The Py-GAS-EM Python package/ Das Py- GAS-EM Python Paket

Py-GAS-EM is designed as a Python package. It uses a PostgreSQL database for all its input data. The data is imported from multiple EXCEL® spreadsheets. For each

Py-GAS-EM ist als Python-Paket konzipiert. Es verwendet eine PostgreSQL-Datenbank für alle Eingabedaten. Die Daten werden aus mehreren EXCEL®-Tabellen

type of emission source in agricultural animal husbandry (e.g. cattle, pigs) and for the emissions from agricultural soils Py-GAS-EM comprises a separate module. After the data import, all emissions for all animals specified, all years specified and all districts are calculated. After the main calculation loop for animals is finished,federal and national sums are calculated. In the next step, emissions from soils, crops and grasslands are calculated. Some of these emissions depend on the emissions from animals. Finally, the results are written into the database and/or output as EXCEL® spreadsheets.

importiert. Für jede Kategorie von Emissionsquelle in der landwirtschaftlichen Tierhaltung (z. B. Rinder, Schweine) und für die Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden umfasst Py-GAS-EM ein separates Modul. Nach dem Datenimport werden alle Emissionen für alle angegebenen Tiere, alle angegebenen Jahre und alle Kreise berechnet. Nach Abschluss der Hauptberechnungsschleife für Tiere werden Bundesland- und Bundessummen berechnet. Im nächsten Schritt werden die Emissionen aus Böden, Ackerpflanzen und Grünländern berechnet. Einige dieser Emissionen hängen von den Emissionen der Tiere ab. Schließlich werden die Ergebnisse in die Datenbank geschrieben und / oder als EXCEL®-Tabellen ausgegeben.

3.2.5 Resolution in time and space / Zeitliche und räumliche Auflösung

The basic time step in Py-GAS-EM is one year. Processes developing on a shorter time scale (e.g. interannual fluctutations of animal populations or the application of manure under different weather conditions) cannot be described in Py-GAS-EM due to the lack of input data. The interannual storage of mineral fertilizers is approximated by averaging the input data over time.

Emissions from animal husbandry are calculated for districts and subsequently aggregated to obtain emission results for federal states and the national level. Sometimes the data for the characterization of the animals and their performance (e. g. animal weight, growth, laying performance) are not available in a district resolution, but only as national or even as federal mean values. The latter are assigned to the corresponding disricts before the emission calculations start at district 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 calculated on federal state level and then aggregated on national level. Unlike livestock, no calculation at the district level is made beforehand, because only the N-amounts of farm manure to be spreaded and the N excretions of grazing animals (both calculated in Py-GAS-EM) are available in district resolution, while for all other input data the finest possible resolution is the federal state.

Der Zeitschritt in Py-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. Die jahresübergreifende Vorratshaltung von Mineraldünger wird durch eine zeitlich übergreifende Mittelung der Eingangsdaten approximiert.

Die Berechnung der Emissionen aus der Tierhaltung erfolgt formal zunächst auf Kreisebene, bevor eine Aggregierung auf Bundesland- und dann auf nationaler Ebene erfolgt. Dabei kommt es vor, dass Daten zur Charakterisierung der Tiere und ihrer Leistung (z. B. Tiergewicht, Zuwachs, Legeleistung) nicht in Kreisauflösung, sondern nur als Landes- oder sogar nur als Bundesmittelwerte vorliegen. Letztere werden den entsprechenden Kreisen zugeordnet, bevor die Emissionsberechnungen auf Kreisebene beginnen.

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 zur 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 auf Bundesland-Ebene berechnet und anschließend zum jeweiligen nationalen Ergebnis aggregiert. Anders als bei der Tierhaltung erfolgt zuvor keine Berechnung auf Kreisebene, weil lediglich die mit Py-GAS-EM berechneten N-Mengen des auszubringenden Wirtschaftsdüngers und die N-Ausscheidung von Weidetieren in Kreisauflösung vorliegen, während für alle übrigen Eingangsdaten die feinstmögliche Auflösung die Bundeslandbene ist.

3.3 Basic methodologies / Grundlegende Methoden

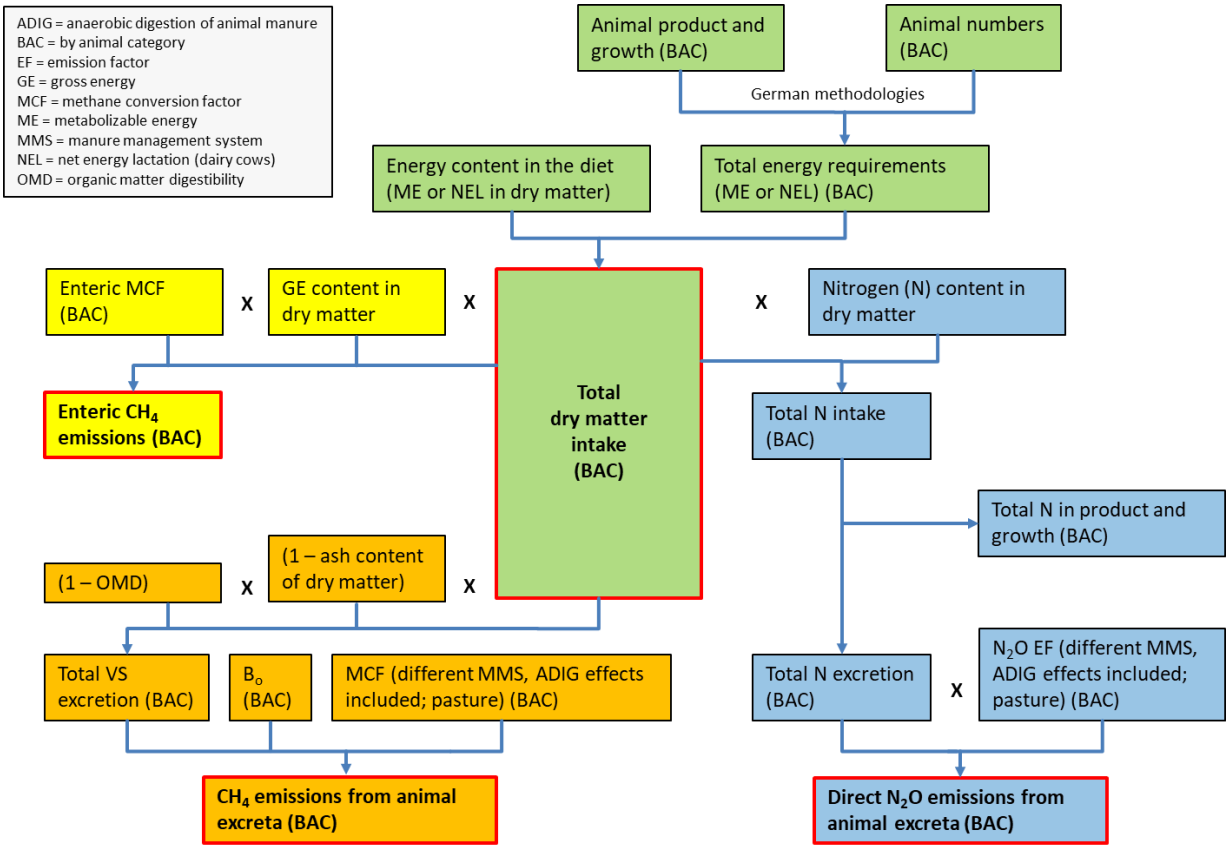
The subsequent sub-chapters provide an overview of the basic methodologies for the preparation of the German agricultural inventory.

For the calculation of the emissions orginating 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. The figure below shows the concept for calculating greenhouse gas emissions from German livestock farming.

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). Die nachfolgende Abbildung zeigt das Konzept für die Berechnung der Treibhausgasemissionen aus der deutschen Tierhaltung.

Figure 3.3: GHG emissions from livestock husbandry (Py-GAS-EM model)



For the concept of calculating ammonia emissions from German livestock farming, see Chapter 3.3.4.3.1.

Chapter 3.3.4.4 deals with the calculation of greenhouse gas and other emissions related to the anaerobic digestion of manure in biogas plants.

For more detailed descriptions of methodologies for the various animal subcategories see Chapters 4 to 9.

The anaerobic digestion of energy crops is based in principle on the same concept as the digestion of animal manures, but is dealt with separately in Chapter 10.

The detailed description of the methods for calculating emissions in connection with the agricultural soils can be found in Chapters 11 and 12.

Modifications of methods with respect to previous year's submission are shortly discussed in Chapter 3.5.2.

Zum Konzept der Berechnung von Ammoniakemissionen der deutschen Tierhaltung siehe Kapitel 3.3.4.3.1.

Auf die Berechnung von Treibhausgas- und anderen Emissionen im Zusammenhang mit Wirtschaftsdünger-Vergärung in Biogasanlagen geht Kapitel 3.3.4.4 ein.

Zu detaillierteren Methodenbeschreibungen der einzelnen Tier-Unterkategorien siehe Kapitel 4 bis 9.

Die Vergärung von Energiepflanzen wird prinzipiell nach dem gleichen Konzept berechnet wie die von Wirtschaftsdünger, in Kapitel 10 aber gesondert behandelt.

Die detaillierte Beschreibung der Berechnung vom Emissionen infolge der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden findet sich in den Kapiteln 11 und 12.

Änderungen von Methoden gegenüber der Berichterstattung des Vorjahres sind in Kapitel 3.5.2 aufgelistet.

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

Whenever the necessary process descriptions 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, feed intake is estimated in units of dry matter.

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 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 kg kg^{-1} leads to the N intake. This quantity is needed to establish the N balance which is needed to calculate 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 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 3.4 illustrates the relations between the various relevant quantities described above. Here, NE also stands for NEL.

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 aufgenommenenen Futters berechnet. Dies geschieht in der Regel in Form von Trockenmasse.

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).

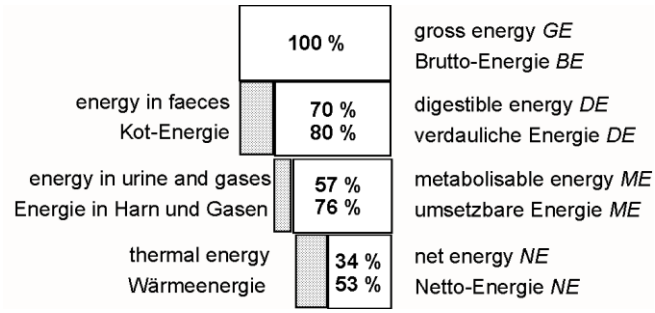
Im Fall der Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wurde das deutsche Inventar für die wichtigsten Tiere inzwischen auf die aktualisierte Methode nach DÄMMGEN et al. (2011a) umgestellt, die statt von GE von der Aufnahme an Futtertrockenmasse ausgeht, siehe Kapitel 3.3.3.1.

Mit dem Rohproteingehalt (XP) in den einzelnen Futterkomponenten wird schließlich die XP-Aufnahme mit dem Futter berechnet, aus der mit Division durch 6,25 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 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 3.4 illustriert die verschiedenen in dem oben skizzierten Konzept relevanten Energiegrößen und ihren Zusammenhang (NE steht hier auch für NEL):

Figure 3.4: 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 3.4 allows for the definition of the feed properties "digestitibility of energy" (X_{DE}) and "metabolizability of energy" (X_{ME}), wherebye the knowledge of X_{ME} and the metabolizable energy (ME) intake allow for the quantification of gross energy (GE) intake, as illustrated below.

Unter der Voraussetzung, dass die im Futter enthaltenen Energien den vom Tier benötigten Energien entsprechen, erlaubt das in Figure 3.4 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.

$$X_{\mathrm{DE}} = \frac{DE}{GE} \qquad \textbf{(3.9)}$$

$$X_{\mathrm{ME}} = \frac{ME}{GE} \qquad \textbf{(3.10)}$$

X_{DE}	digestibility of energy (in MJ MJ^{-1})
X_{ME}	metabolisability of energy (in MJ MJ^{-1})
GE	gross energy intake (in MJ pl^{-1} a^{-1})
DE	digestible energy intake (in MJ pl^{-1} a^{-1})
ME	metabolisable energy intake (in MJ pl^{-1} a^{-1})

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}.

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}.

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

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

$$GE = \frac{ME_{\mathrm{m}} + ME_{\mathrm{f}} + ME_{\mathrm{l}} + ME_{\mathrm{d}} + ME_{\mathrm{p}} + ME_{g}}{X_{\mathrm{ME}}} \qquad \textbf{(3.11)}$$

GE	gross energy intake (in MJ pl^{-1} a^{-1})
ME_m	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl^{-1} a^{-1})
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 respec-

Nicht bei allen Säugetieren in der landwirtschaftlichen Tierhaltung sind alle aufgeführten ME-Terme von Bedeutung. Hierauf gehen die entsprechenden Unterka-

tice 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 intke amounts with the respective GE contents. This variant is made use of with dairy cows (see Chapter 4.3.3.1).

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.

pitel 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 4.3.3.1).

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 ff For details of the procedures applied see the respective animal category chapters.

The choice of the complexity level depends on whether the animal category under consideration is considered a key source with respect to methane emissions from enteric fermentation (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 Verfahres 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 Tier 2 oder Tier 3 gerechnet werden.

Tier 1 approach / Tier-1-Verfahren

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

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

Das einfache Tier-1-Verfahren kombiniert zur Berechnung von Emissionen Tierzahlen mit default-Emissionsfaktoren unabhängig vom Energiebedarf.

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

$$E_{\mathrm{CH4,ent,i}} = n_{\mathrm{i}} \cdot EF_{\mathrm{CH4,ent,i}} \qquad \textbf{(3.12)}$$

$E_{\mathrm{CH4,\,ent,\,i}}$	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)
$EF_{\mathrm{CH4,\,ent,\,i}}$	default CH_4 emission factor for animal category i (in kg pl^{-1} a^{-1})

Tier 2 approach / Tier-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.

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 ff, Table 10.12, Table 10.13) as follows:

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

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

$$EF_{\mathrm{CH4,ent,i}} = GE_{\mathrm{i}} \cdot \frac{x_{\mathrm{CH4,GE,i}}}{\eta_{\mathrm{CH4}}} \qquad \textbf{(3.13)}$$

$EF_{\mathrm{CH4,\,ent,\,i}}$	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
$x_{\mathrm{CH4,\,GE,\,i}}$	methane conversion factor of animal category i (fraction of GE converted to methane) (in MJ MJ^{-1})
η_{CH4}	energy content of methane (η_{CH4} = 55.65 MJ (kg CH_4)$^{-1}$)

Tier 3 approach / Tier-3-Verfahren

The Tier 3 approach (IPCC(2006)-10.31 ff) makes use of the Tier 2 equation where the methane conversion factor ($x_{\mathrm{CH4,\,GE}}$) 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 4.3.4. 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 methan conversion factor is back-calculated to be entered into the CRF tables.

Das Tier-3-Verfahren (IPCC(2006)-10.31 f) nutzt die Tier-2-Gleichung, wobei der Methanumwandlungsfaktor ($x_{\mathrm{CH4,\,GE}}$) aus nationalen oder regionalen Daten abgeleitet wird.

Das Tier-3-Verfahren ist im deutschen Inventar nur für Milchkühe verfügbar, siehe Kapitel 4.3.4. 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:

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:

$$VS = DM_{\mathrm{excr}} - m_{\mathrm{ash}} \qquad \textbf{(3.14)}$$

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}):

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

$$VS = VS_{\mathrm{d}} + VS_{\mathrm{nd}} \qquad \textbf{(3.15)}$$

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 calculatuion of VS is not used in the German inventory as this equation 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):

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 verwendet, 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):

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

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

If dry matter intake $m_{\mathrm{F,\,dm}}$ 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^{-1} a^{-1}).

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

Wenn die Trockenmasseaufnahme $m_{\mathrm{F,\,dm}}$ 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^{-1} a^{-1}) 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_3, N_2O, NO and N_2 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 (total ammonia nitrogen) is the total amount of nitrogen in the forms of NH_3 and NH_4^+ in the excretions. It is the share of the total N excretions 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 (3.17) describes the annual N mass balance for an average animal place as defined in Chapter 3.1.2.2 ($m_{\mathrm{m/e}}$ = 0 for all animals except dairy cows and laying hens; m_{p} = 0 for animals for meat production):

Für die Berechnung von NH_3-, N_2O-, NO- und N_2-Emissionen werden die Ausscheidungen von N und – bei Säugetieren - TAN pro Tierplatz und Jahr benötigt.

TAN (total ammonia nitrogen) ist die Gesamtmenge an Stickstoff in Form von NH_3 und NH_4^+ in den Ausscheidungen. TAN stellt denjenigen Anteil der gesamten N-Ausscheidungen dar, 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 (3.17) beschreibt die jährliche N-Bilanz für einen mittleren Tierplatz, wie er in Kapitel 3.1.2.2 definiert wird (m_{l} = 0 für alle Tiere außer Milchkühen und Legehennen; m_{p} = 0 für Masttiere):

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

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

The N intake with feed (m_{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 0.

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_{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 0.

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

$$m_{\mathrm{feed}} = x_{\mathrm{N}} \cdot \sum_{\mathrm{i}} DM_{\mathrm{i}} \cdot x_{\mathrm{N,\,XP,\,i}} = x_{\mathrm{N}} \cdot [x_{\mathrm{XP}}] \cdot m_{\mathrm{F,\,DM}} = x_{\mathrm{N}} \cdot [x_{\mathrm{XP}}] \cdot \frac{\Sigma ME}{[\eta_{\mathrm{ME}}]} \quad \textbf{(3.18)}$$

or (for animals kept for meat production)

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

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

According to the definition of the average animal place given in Chapter 3.1.2.2, the annual weight gain Δw_{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 Δw_{annual} wie folgt berechnet:

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

Δw_{annual}	annual weight gain per average animal place (in kg pl^{-1} a^{-1})
Δw_{animal}	total per-place weight gain during one fattening period (in kg pl^{-1})
α	time units conversion factor (365 d a^{-1})
$\tau_{lifespan}$	duration of fattening of one animal (in d, with $\tau_{lifespan}$ < 365 d)

The other components of the N balance are given by:

Die übrigen Bilanzglieder werden wie folgt bestimmt:

$$m_{\mathrm{l}} = x_{\mathrm{N,milk}} \cdot x_{\mathrm{XP,milk}} \cdot Y_{\mathrm{M}} \quad \text{for dairy cows} \qquad \textbf{(3.21)}$$

$$m_{\mathrm{l}} = x_{\mathrm{N,egg}} \cdot n_{\mathrm{eggs}} \cdot w_{\mathrm{egg}} \quad \text{for laying hens} \qquad \textbf{(3.22)}$$

$$m_{\mathrm{l}} = 0 \quad \text{for all other animals} \qquad \textbf{(3.23)}$$

m_{l}	amount of nitrogen secerned with milk or eggs (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{\mathrm{N,\,milk}}$	nitrogen content of milk protein (in kg kg^{-1})
$x_{\mathrm{XP,\,milk}}$	crude protein content of milk (in kg kg^{-1})
Y_{M}	annual milk yield (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{\mathrm{N,\,egg}}$	nitrogen content of a single egg (in kg kg^{-1})
n_{eggs}	number of eggs (in eg pl^{-1} a^{-1})
w_{egg}	weight per egg (in kg eg^{-1})

$$m_{\mathrm{g}} = x_{\mathrm{N,animal}} \cdot \Delta w_{\mathrm{annual}} \qquad \textbf{(3.24)}$$

m_{g}	amount of nitrogen retained in growth (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{\mathrm{N,\,animal}}$	nitrogen content of whole animal (in kg kg^{-1} N)
$\Delta w_{\mathrm{annual}}$	annual weight gain per average animal place (in kg pl^{-1} a^{-1})

$$m_{\mathrm{p}} = x_{\mathrm{N,offspringl}} \cdot w_{\mathrm{offspring}} \qquad \textbf{(3.25)}$$

m_{p}	amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl^{-1} a^{-1} N)
$x_{\mathrm{N,\,offspring}}$	nitrogen content of whole offspring body (in kg kg^{-1} N)
$w_{\mathrm{offspring}}$	weight of the total offspring produced annually per average animal place (calves, piglets) (in kg pl^{-1} a^{-1}), with $w_{\mathrm{offspring}}$ = 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.

$$m_{\mathrm{excr,\,TAN}} = X_{\mathrm{DXP}} \cdot m_{\mathrm{feed}} - m_{\mathrm{l}} - m_{\mathrm{g}} - m_{\mathrm{p}} \qquad \textbf{(3.26)}$$

$m_{\mathrm{excr,\,TAN}}$	amount of TAN excreted (in kg pl^{-1} a^{-1})
X_{DXP}	digestibility of crude protein (in kg kg^{-1})
m_{feed}	amount of nitrogen in feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{l}	amount of nitrogen secerned with milk (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{g}	amount of nitrogen retained in the animal (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{p}	amount of nitrogen in offspring produced (in kg pl^{-1} a^{-1})

If the value of X_{DXP} is not known, it must be estimated. For this purpose, the quantity X_{DE} (digestibility of energy, see Chapter 3.3.1) is used in the inventory. Since X_{DE} is usually somewhat larger than X_{DXP}, this results in a certain overestimation of the TAN quantity and thus also of the NH_3 emissions.

For dairy cows the amount of TAN is calculated differently. As shown in Chapter 4.3.7.1 it needs the calculation of the amount of N excreted with faeces.

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

Ist der Wert von X_{DXP} nicht bekannt, muss er geschätzt werden. Im Inventar wird hierzu die Größe X_{DE} (Verdaulichkeit von Energie, siehe Kapitel 3.3.1) herangezogen. Da X_{DE} in der Regel etwas größer als X_{DXP} ist, ergibt sich dadurch eine gewisse Überschätzung der TAN-Menge und damit auch der NH_3-Emissionen.

Bei den Milchkühen wird die TAN-Menge abweichend von obiger Gleichung über die N-Ausscheidung im Kot berechnet, siehe Kapitel 4.3.7.1.

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

$$x_{\mathrm{TAN}} = \frac{m_{\mathrm{excr,\,TAN}}}{m_{\mathrm{excr}}} \qquad \textbf{(3.27)}$$

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

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.

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_4 emissions / CH_4-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:

IPCC(2006)-10.35ff gibt für die Berechnung der Methanemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management drei zunehmend komplexere Stufen an, die alle von der nachfolgenden Gleichung ausgehen.

$$E_{CH4,MM,i} = n_i \cdot EF_{CH4,MM,i} \qquad \textbf{(3.28)}$$

$E_{CH4, MM, i}$	CH_4 emission from manure management of animal category i (in kg a^{-1})
n_i	number of animal places for animal category i (in pl)
$EF_{CH4, MM, i}$	emission factor for CH_4 from manure management for animal category i (in kg pl^{-1} a^{-1})

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

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

Tier 1 approach / Tier-1-Verfahren

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

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

Tier 2 approach / Tier-2-Verfahren

The Tier 2 methodology (cf. Equation 10.23 in IPCC(2006)-10.41) uses equation (3.28) and calculates the emission factor $EF_{CH4, MM, i}$ 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 Tier-2-Verfahren (vgl. Gleichung 10.23 in IPCC(2006)-10.41) verwendet Gleichung (3.28) und berechnet den Emissionfaktor $EF_{CH4, MM, i}$ 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.

$$EF_{CH4,MM,i} = VS_i \cdot \alpha \cdot B_{o,i} \cdot \rho_{CH4} \cdot \sum_{jk} MCF_{i,j,k} \cdot MS_{i,j} \qquad \textbf{(3.29)}$$

$EF_{CH4, MM, i}$	emission factor for CH_4 from manure management for animal category i (in kg pl^{-1} a^{-1})
VS_i	daily volatile solid excretion rate of animal category i (in kg pl^{-1} d^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$B_{o, i}$	maximum CH_4 producing capacity (in m^3 kg^{-1})
ρ_{CH4}	density of methane (ρ_{CH4} = 0.67 kg m^{-3})
$MCF_{i, j, k}$	methane conversion factors for manure management system j and climate region k (in m^3 m^{-3})
$MS_{i, j}$	fraction of animal category i whose manure is handled in a system j (in pl pl^{-1})

For the VS excretions see Chapter 3.3.3.1. B_o and *MCF* for the conventional manure storage types are provided in the animal chapters from Chapter 4 on-

Zu den VS-Ausscheidungen siehe Kapitel 3.3.3.1. Auf B_o sowie die *MCF*-Werte für die herkömmlichen Lagerverfahren wird in den Tierkapiteln ab Kapitel 4 ein-

wards. 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.

gegangen. 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.

Tier 3 approach / Tier-3-Verfahren

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

„The best way to determine emission factors ist 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.

IPCC (2006)-10.37 definiert Tier 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 Tier-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 (2019)-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^{-1}) they are subtracted from the national total of NMVOC emissions by an adjustment procedure before checking the compliance with the German NMVOC emission ceiling, see Chapter 1.

Germany calculates NMVOC emissions by animal category. EMEP (2019) provides a Tier 1 and a Tier 2 methododology with the respective emission factors (EMEP (2019)-3B-17/18 and EMEP (2019)-3B-26 f). Based on the TERT recommendation from the German IIR 2019 review, Germany calculates, as of the 2020 emission reporting, NMVOC emissions for dairy cows and other cattle using the Tier 2 methodology (EMEP (2019)-3B-26 f). For all other animal categories Germany uses the Tier 1 methodology. The two methods are described below.

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 (2019)-3B-10).

Die NMVOC-Emissionen des Sektors Landwirtschaft werden zwar berichtet; da sie aber nicht Bestandteil der Festlegung der nationalen Obergrenze (NEC Richtlinie 2001/81/EC, 995 Gg a^{-1}) waren, werden sie für die Überprüfung der Einhaltung dieser Obergerenze durch ein Adjustmentverfahren von der deutschen NMVOC-Gesamtemission wieder abgezogen, siehe Kapitel 1.

Deutschland berechnet die NMVOC-Emissionen getrennt nach Tierkategorien. EMEP (2019) stellt eine Tier-1- und eine Tier-2-Methodik mit den jeweils zugehörigen Emissionsfaktoren bereit (EMEP (2019)-3B-17/18 und EMEP (2019)-3B-26 f). Aufgrund der TERT-Empfehlung aus dem deutschem IIR-2019-Review berechnet Deutschland ab der Emissionsberichterstattung 2020 die NMVOC-Emissionen für Milchkühe und übrige Rinder mit der Tier-2-Methodik (EMEP (2019)-3B-26 f). Für alle anderen Tierkategorien rechnet Deutschland mit der Tier-1-Methodik. Die beiden Methoden werden nachstehend beschrieben.

3.3.4.2.1 *NMVOC Tier 1 methodology / NMVOC-Tier-1-Methode*

In the simple Tier 1 methodology, the number of animals is multiplied by a Tier-related emission factor. EMEP (2019)-3B-19, Table 3.4, provides different emission factors for diets with and without silage. These emission factors are listed in the table below (Table 3.4); the factors used in the German inventory are printed in bold. For 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.

Bei der einfachen Tier-1-Methodik wird die Tierzahl mit einem tierplatzbezogenen Emissionsfaktor multipliziert. EMEP (2019)-3B-18, Table 3.4, gibt unterschiedliche Emissionsfaktoren für Fütterung mit und ohne Silage an. Diese Emissionsfaktoren werden in der nachstehenden Tabelle (Table 3.4) aufgeführt, wobei die im Inventar verwendeten Werte fett gedruckt sind: Für 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.

Table 3.4: Tier 1 emission factors $EF_{NMVOC, MM}$ used for NMVOC emissions from manure management

Animal subcategories	Emission factor for NMVOC with silage feeding kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for NMVOC without silage feeding kg pl^{-1} a^{-1}
Sows, breeding boars	-	**1.704**
Fattening pigs, weaners	-	**0.551**
Adult sheep	0.279[a]	**0.169**
Lambs[b]	0.112[a]	**0.068**
Goats	0.624[a]	**0.542**
Heavy horses[c]	**7.781**	4.275[a]
Light horses and ponies[d]	**3.018**	1.470[a]
Laying hens	-	**0.165**
Broilers and pullets	-	**0.108**
Geese, ducks, turkeys	-	**0.489**

Source: EMEP (2019)-3B-18, Table 3.4; **bold figures are used in the inventory.**

[a] EF not used in the German inventory
[b] refers to 40 % of the sheep EF in the EMEP table
[c] refers to horses in the EMEP table
[d] refers to mules and asses in the EMEP table

For animal categories not considered in EMEP (2019), the emission factors have been estimated as follows:

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 (2019) 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 (2019) for horses is interpreted as emission factor for heavy horses. Hence, for light horses and ponies the emission factor given in EMEP (2019) 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.

Für Tierkategorien, die EMEP (2019) nicht berücksichtigt, werden die Emissionsfaktoren geschätzt:

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

Der in EMEP (2019) 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 (2019) angegebene Emissionsfaktor für Pferde wird als Emissionsfaktor für Großpferde interpretiert. Für Kleinpferde und Ponys wird der in EMEP (2019) 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.

3.3.4.2.2 *NMVOC Tier 2 methodology / NMVOC-Tier-2-Methode*

The Tier 2 methodolgy calculates the animal-related NMVOC emissions as the sum of the emissions from silage storage, from silage feeding, from housing, from

Die Tier-2-Methode berechnet die tierbezogenen NMVOC-Emissionen als Summe der Emissionen aus dem Silagelager, aus der Fütterung mit Silage, aus dem Stall,

manure management, from spreading and from pasture. The pertinent set of equations is given in EMEP (2019) - 3B-27.

Even though emissions from pasturage and pasturage would fit better into the source sector 3.D than into the sector 3.B, Germany follows the description of the Tier 2 methodology in EMEP (2019)-3B-26 f and reports the total of calculated NMVOC emissions in sector 3.B (separately for dairy cows and other cattle).

An important input parameter for the Tier 2 methodology is the $Frac_{silage}$ parameter, which describes the ratio of actual silage content in the feed to maximum possible amount of silage in the feed. Following the instructions in EMEP (2019)-3B-27, the German calculations are based on $Frac_{silage}$ = 1.

The following table shows the calculated Tier 2 total emission factors for selected years:

aus dem Wirtschaftsdünger-Management, aus der Ausbringung und aus dem Weidegang. Der Gleichungssatz ist in EMEP (2019)-3B-27 angegeben.

Auch wenn die Emissionen aus Ausbringung und Weidegang thematisch besser in den Quellensektor 3.D passen würden als in den Sektor 3.B, berichtet Deutschland die mit der Tier-2-Methdode berechneten NMVOC-Emissionen entsprechend der Darstellungsweise in EMEP (2019)-3B-26 f insgesamt unter 3.B (getrennt nach Milchkühen und anderen Rindern).

Eine wichtige Eingangsgröße für die Tier-2-Methode ist der Parameter $Frac_{silage}$, der das Verhältnis von tatsächlichem Silageanteil im Futter zu maximal möglichem Silageanteil im Futter beschreibt. Der Anleitung in EMEP (2019)-3B-27 folgend rechnet Deutschland mit $Frac_{silage}$ = 1.

Die nachstehende Tabelle zeigt für ausgewählte Jahre die berechneten Tier-2-Gesamtemissionsfaktoren:

Table 3.5: NMVOC, calculated total Tier 2 emission factors (IEF) for dairy cows and other cattle

Animal subcategories	1990 kg pl^{-1} a^{-1}	2005 kg pl^{-1} a^{-1}	2019 kg pl^{-1} a^{-1}
Dairy cows	30. 94	36.71	40.09
Other cattle	11.70	11.65	11.82

The significant increase in the calculated dairy cattle Tier 2 emission factors (IEF) is a direct consequence of the increase in animal performance, which is included in the NMVOC calculations via GE intake. The trend of the IEF of other cattle is influenced by the performance increase of the fattening animals and a temporally varying composition of the total population of other cattle (because the IEF of the different subcategories varies).

The big difference between the emission factors in Table 3.5 and the Tier 1 emission factors for dairy cattle and other cattle (with silage feeding) is striking. The latter are, according to EMEP (2019)-3B-18, Table 3.4, at around 17.9 kg pl^{-1} a^{-1} and 8.9 kg pl^{-1} a^{-1} for dairy cows and other cattle, respectively. This large discrepancy can only be explained by the fact that the two methods are not consistent: The Tier 1 methodology relies on other data than the Tier 1 methodology, and may not include all the sub-sources included in the Tier 2 methodology.

Der deutliche Anstieg der berechneten Tier-2-Emissionsfaktoren (IEF) der Milchkühe ist eine direkte Folge des Leistungsanstiegs, der über die GE-Aufnahme Eingang in die NMVOC-Berechnung findet. Die zeitliche Entwicklung des IEF der übrigen Rinder unterliegt dem Einfluss von Leistungssteigerung bei den Masttieren und einer zeitlich variierenden Zusammensetzung der Gesamtpopulation der übrigen Rinder (da der IEF der verschiedenen Unterkategorien unterschiedlich hoch ist).

Auffällig ist der große Unterschied zwischen den Emissionsfaktoren in Table 3.5 und den Tier-1-Emissionsfaktoren für Milchkühe und übrige Rinder (mit Silagefütterung). Letztere liegen nach EMEP (2019)-3B-18, Table 3.4, bei rund 17,9 kg pl^{-1} a^{-1} (Milchkühe) bzw. 8,9 kg pl^{-1} a^{-1} (übrige Rinder). Diese große Diskrepanz kann legt den Schluss nahe, dass die beiden Methoden nicht konsistent sind: So beruht die Tier-1-Methode auf anderen Daten als die Tier-2-Methode und bezieht möglicherweise nicht alle in der Tier-2-Methode berücksichtigten Teilquellen mit ein.

3.3.4.2.3 *Uncertainties / Unsicherheiten*

EMEP (2019)-3B-37 emphasizes the high uncertainty of the emission factors, but no quantitative estimate is provided.

German data regarding the uncertainty are not available. 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), and that the associated right-skewed distribution can be approximated by a lognormal distribution with the following limits of the 95% confidence interval: [-79%; + 200%]. As this uncertainty

EMEP (2019)-3B-37 betont die sehr große Unsicherheit der Emissionsfaktoren, macht aber keine quantitativen Angaben dazu. Deutsche Daten zur Unsicherheit sind nicht verfügbar. 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), und dass die damit verbundene rechtsschiefe Verteilung durch eine Lognormal-Verteilung approximiert werden kann mit folgenden Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalls: [-79 %; +200 %]. Da diese Unsicher-

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.

heit 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.

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 3.5 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 3.5 zeigt die allgemeine Vorgehensweise.

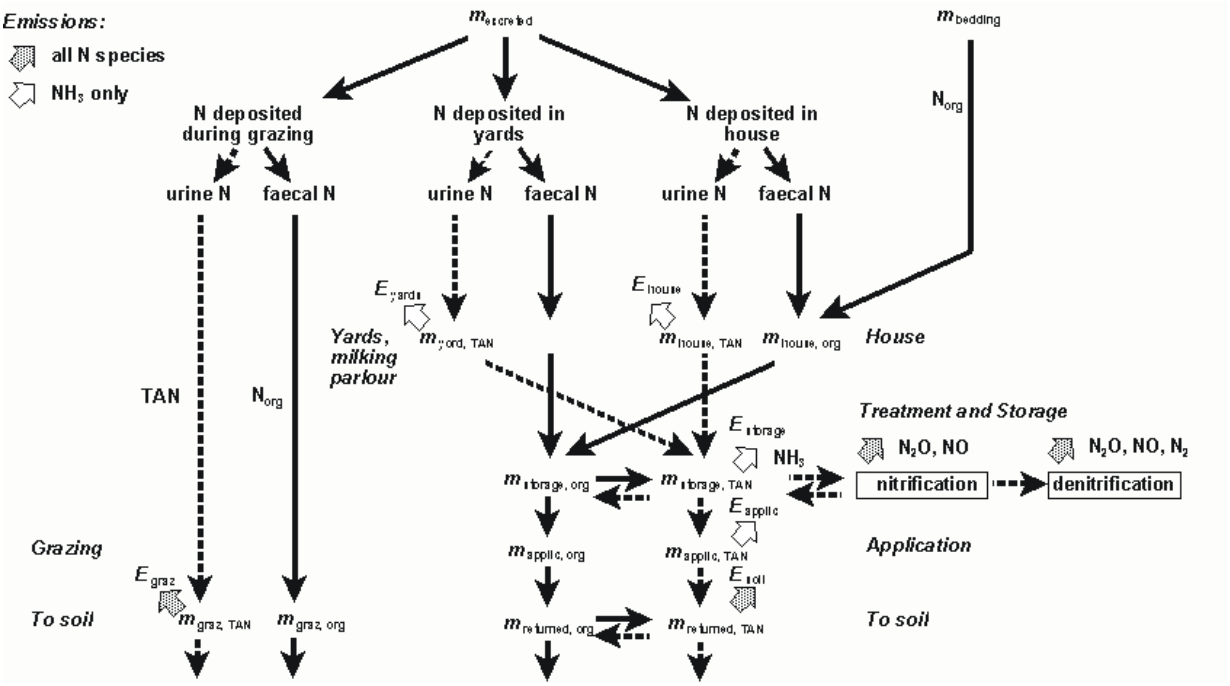


Figure 3.5: N flows in an animal subcategory (mammals) (Source: DÄMMGEN und HUTCHINGS, 2005)

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 mineralization 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.

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 3.5, the different types of activity data for the emissions of NH_3, N_2O, NO and N_2 (TAN for NH_3, total N for N_2O, NO and N_2) require the two N pools "total N" (i. e. the sum of "organic N" and "TAN") and "TAN" to be used troughout 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

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 NH_3-, N_2O-, NO- und N_2-Emissionen (TAN für NH_3, Gesamt-N für N_2O, NO- und N_2) werden für die Inventarberechnungen allerdings abweichend von Figure 3.5 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. Die in Figure 3.5 ange-

considered. The 'yards' displayed in Figure 3.5 do not exist in the German inventory.

Along the chain housing – storage – spreading, emissions of NH_3, N_2O, NO and 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 N_2O-N, NO-N and N_2 from storage had been subtracted from the TAN pool alone. With this method, the introduction of the new and markedly higher N_2O 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 N_2O, NO und N_2 is subtracted from the TAN and N_{org} pools proportionally to the contents of the pools (see Chapter 3.3.4.3.5, Equations (3.58) and (3.59)). Nitrogen emitted with 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 3.5 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).

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 descriobed 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 ractive 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 hydrolised to form ammonium carbonate (see DÄMMGEN and ERISMAN, 2005). Thus, in principle, three fractions of

sprochenen „yards" kommen im deutschen Inventar nicht vor.

Entlang der Kette Stall - Lager - Ausbringung werden aus den vorgenannten Pools NH_3-, N_2O-, NO- und 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 N_2O-, NO- und N_2-Emissionen aus dem Bereich Stall/Lager allein vom TAN-Pool subtrahiert. Durch die Einführung des neuen, erheblich höheren nationalen N_2O-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 N_2O, NO und N_2 emittierte N anteilsmäßig von TAN-Pool und N_{org}-Pool subtrahiert (proportional zum Inhalt der Pools, siehe Kapitel 3.3.4.3.5, Gleichungen (3.58) und (3.59). Als 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 3.5 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 Lagerungsverluste mit unbehandelter Gülle ausgebracht wird.)

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

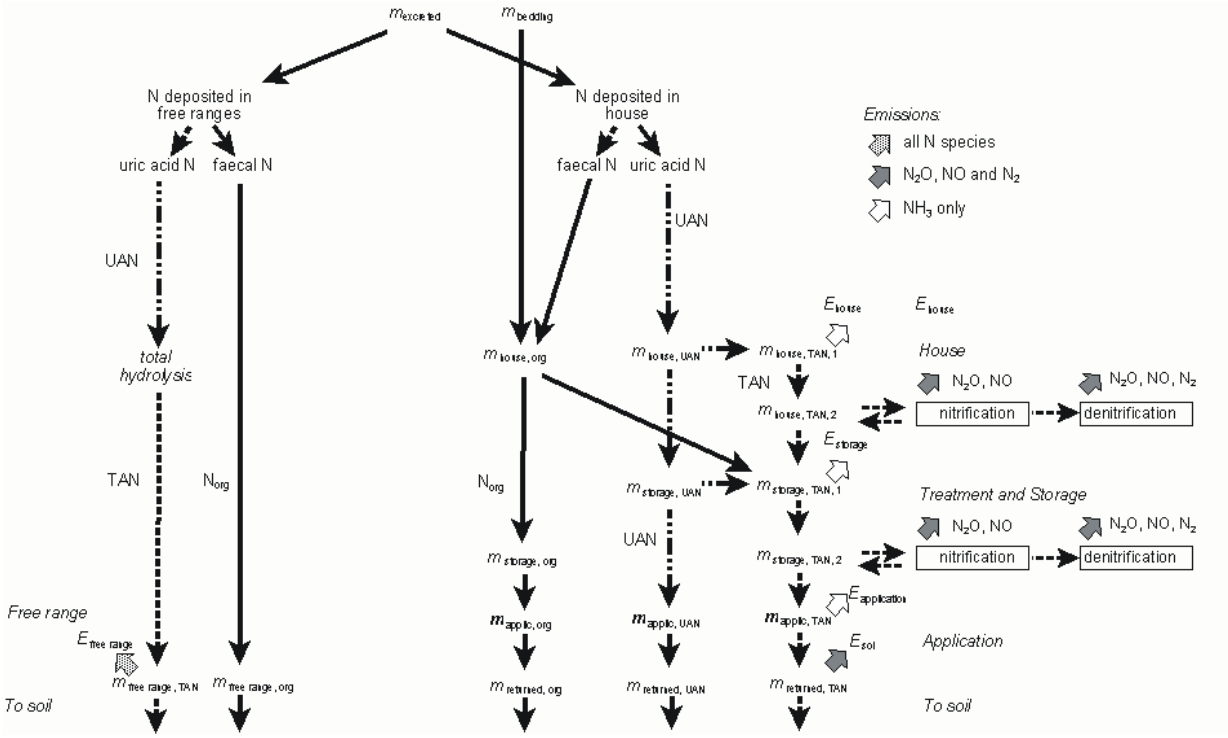
In der Berichterstattung nach IPCC (2006) werden dem Wirtschaftsdünger-Management auch indirekte N_2O-Emissionen zugeordnet. Diese entstehen bei Umsetzungsprozessen in Böden aus reaktivem Stickstoff, der aus der Deposition von NH_3 und NO aus dem Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management stammt, (Stall, 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 unverdautem organischen N und Harnsäure aus (uric acid nitrogen, UAN). Letztere hydrolysiert zu Ammoniumcarbonat (vgl. DÄMMGEN und ERISMAN, 2005). Es müssten also prinzipiell

N would have to be traced, as shown in Figure 3.6. 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 3.5.

drei N Fraktionen im Massenfluss berücksichtigt werden. Figure 3.6 veranschaulicht dies. Durch die Annahme, dass UAN als TAN berücksichtigt werden kann (siehe Kapitel 3.3.3.2), reduziert sich in der Emissionberechnung die Anzahl der zu berücksichtigenden N-Pools aber auf die zwei Pools „Gesamt-N" und „TAN". Daher wird Geflügel ebenfalls nach Figure 3.5 behandelt.

Figure 3.6: N flows in an animal subcategory (birds)



m: mass from which emissions may occur. Narrow broken arrows: TAN; narrow broken and dotted line: UAN; narrow continuous arrows: organic N. The horizontal arrows denote the process of immobilisation in systems with bedding occurring in the house, and the process of mineralization 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 assumeption 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^{-1} (Faustzahlen, KTBL,

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^{-1} (Faustzahlen, KTBL, 2009, S. 213) und einem

2009, p. 213) and a mean fresh matter-related N content of 0.005 kg kg^{-1} N. These values are obtained from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2017, Anlage 7, Tabelle 1). Hence, the N content of dry matter is close to 0.0058 kg kg^{-1}. 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).

Under the influence of animal excretions, a certain proportion of the N introduced with straw mineralizes to TAN. Due to the lack of a suitable process description, the degree of this N-transformation cannot be calculated explicitly in the inventory. Based on an expert judgment (DÖHLER H, KTBL), however, it is assumed that 50% of the originally organically bound N mineralize to TAN.

Table 3.6 summarizes the paraneters used in the inventory in the context of bedding material.

mittleren N-Gehalt von 0,005 kg kg^{-1} in der Frischmasse ausgegangen (DÜNGEVERORDNUNG, 2017, Anlage 7, Tabelle 1). Dementsprechend liegt der N-Gehalt in der Trockenmasse bei 0,0058 kg kg^{-1}. 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).

Unter dem Einfluss der tierischen Ausscheidungen mineralisiert ein gewisser Anteil des Stroh-N zu TAN. Mangels einer geeigneten Prozessbeschreibung kann der Umfang dieser N-Transformation im Inventar nicht explizit berechnet werden. Basierend auf einem Expertenurteil (DÖHLER H, KTBL) wird aber davon ausgegangen, dass 50 % des ursprünglich organisch gebundenen N zu TAN mineralisieren.

Table 3.6 zeigt eine Übersicht der im Inventar im Zusammenhang mit der Einstreu verwendeten Parameter.

Table 3.6: Straw properties in animal husbandry

dry matter content (DM) [a]	0.86	kg kg^{-1}
N content (related to DM) [b]	0.0058	kg kg^{-1}
of which TAN [c]	50	%

Source: [a] KTBL (2009), p. 213; [b] DÜNGEVERORDNUNG (2017, Anlage 7, Tabelle 1); [c] Döhler (KTBL, expert judgement)

3.3.4.3.3 *Air scrubbing (NH_3 and particulate matter) / Abluftreinigung(NH_3 und Partikel)*

The inventory model has the technical option of taking into account a reduction of the emissions of NH_3 and particulate matter from housing by air scrubbing. A distinction is made between certified and non-certified air scrubbing systems. Unlike certified systems, non-certified systems are considered to safely remove only particles from the house exhaust air so that for these systems the inventory does not consider removal of NH_3 emissions.

Air scrubbing only makes sense in closed stalls of large animal populations, i.e for pigs and poultry. Since, for pigs, the distribution of air scrubbing systems between solid manure and straw-based housing systems is not known, it is plausibly assumed for all years that only large, i. e. slurry based housing systems are equipped with air scrubber systems.

In the case of those categories of animals where air scrubbing is taken into account in the course of the emission calculations, this is mentioned in the present report in the description of the NH_3 and particle emissions calculations of the respective animal categories.

The methodology for calculating the effect of air scrubbing systems is described below for NH_3 emissions. It also applies, by analogy, to particulate matter emissions. For the input data see Chapter 3.4.5.2.

Das Inventarmodell besitzt die technische Option, eine Minderung von NH_3- und Partikelemissionen aus dem Stall durch Abluftreinigung zu berücksichtigen. Dabei wird zwischen zertifizierten und nicht-zertifizierten Abluftreinigungsanlagen unterschieden. Anders als für zertifizierte Anlagen wird für die nicht zertifizierten Anlagen davon ausgegangen, dass sie nur Partikel sicher aus der Stallabluft entfernen, so dass das Inventar keine NH_3-Abscheidung berücksichtigt.

Abluftreinigung ist nur bei geschlossenen Ställen großer Tierbestände sinnvoll, also bei Schweinen und Geflügel. Da bei Schweinen 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.

Bei denjenigen Tierkategorien, bei denen Abluftreinigung im Zuge der Emissionsberechnungen berücksichtigt wird, wird darauf im vorliegenden Berichtsband bei der Beschreibung der NH_3- und Partikelemissionsberechnungen hingewiesen.

Die Methodik zur Berechnung des Effekts von Abluftreinigungsanlagen wird nachstehend für NH_3 beschrieben. Sie gilt sinngemäß auch für Partikel. Für die Eingangsdaten siehe Kapitel 3.4.5.2.

$$E_{\text{house,eff}} = E_{\text{house}} \cdot (1 - \varphi_{\text{as}}) \quad \textbf{(3.30)}$$

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

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

Für die Berechnung der nationalen Gesamtemission aus der tierplatzbezogenen Emission $E_{house,\ eff}$ wird der relative Anteil der mit Abluftreinungsanlagen ausgestatteten Tierplätze berücksichtigt:

$$E_{\text{house,nat}} = n_{\text{animal}} \cdot [E_{\text{house,eff}} \cdot x_{\text{as}} + E_{\text{house}} \cdot (1 - x_{\text{as}})] \quad \textbf{(3.31)}$$

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

The inventory assumes that the N removed by air scrubber systems is to be regarded as TAN and is applied to the field without storage losses in liquid form like liquid manure. This application leads to NH_3 emissions, which are added to the sum of the remaining NH_3 emissions from the housing after air scrubbing and the NH_3 emissions from storage and manure application. It can be shown that the total emission thus formed is always lower than if there were no air scrubbing. (The only but unrealistic exception: With an NH_3 emission factor of 100 %, the entire NH_3 potential would emit, irrespective of the fact whether an air scrubbing system is used in the housing or not.)

The fate of particulate matter filtered out with an air scrubbing system is not tracked in the inventory.

Das abgeschiedene N wird im Inventar als TAN angesehen und ohne Lagerungsverluste in flüssiger Form wie Gülle ausgebracht. Diese Ausbringung führt zu NH_3-Emissionen, die zur Summe aus den nach der Abluftreinigung verbleibenden NH_3-Emissionen aus dem Stall und den NH3-Emissionen aus Lager und Wirtschaftsdüngerausbringung hinzuaddiert werden. Es lässt sich zeigen, dass diese Gesamtemission stets niedriger ist, als wenn es keine Abluftreinigung gäbe. (Einzige, aber unrealistische Ausnahme: Bei einem NH_3-Emissionsfaktor der Ausbringung von 100 % würde unabhängig davon, ob im Stall eine Abluftreingungsanlage eingesetzt wird oder nicht, das gesamte NH_3-Potential emittieren.)

Der Verbleib der ausgefilterten Partikel wird im Inventar 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 $N_{org,}$ while 10 % of the N_{org} entering storage is converted to TAN. (Due to lack of data, treatment of slurry is not considered in the inventory).

According to expert judgement 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.

In solid systems of mammals (except deep bedding) there is an effluent, which in German is called “Jauche” and will be addressed as “leachate” in the English part of the report at hand. Due to the lack of a suitable process description, the formation of this leachate cannot be calculated in the inventory. Based on an expert judgment (DÖHLER H, KTBL), however, it is assumed that in sloped floor systems 13 % of excreted N goes into leachate, while for the other solid manure systems (except deep bedding) this percentage is 25 %. For deep bedding the calculation scheme in the inventory uses a percentage of 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_{org}-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.

In Festmistsystemen von Säugetieren (ausgenommen Tiefstreu) entsteht Jauche. Mangels einer geeigneten Prozessbeschreibung kann die Bildung von Jauche im Inventar nicht explizit berechnet werden. Basierend auf einem Expertenurteil (DÖHLER H, KTBL) wird daher im Inventar angenommen, dass bei Tretmist 13 % der N-Ausscheidungen im Stall abzgl. der NH_3-N-Emissionen aus dem Stall als Jauche-N gelagert werden, während bei den übrigen Festmistsystemen (ausgenommen Tiefstreu) dieser Anteil bei 25 % liegt. Dass es bei Tiefstreu keine Jauche gibt, wird im Inventar berücksichtigt, indem der relative N-Anteil mit 0 % angesetzt wird. Der TAN-Gehalt von 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 / Tier-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 charactistics in animal husbandry:

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

$$E_{\mathrm{NH3,MM,\,i}} = EF_{\mathrm{NH3,MM,\,i}} \cdot n_{\mathrm{i}} \quad \textbf{(3.32)}$$

$$E_{\mathrm{N2O,MM,\,i}} = EF_{\mathrm{N2O,MM,\,i}} \cdot n_{\mathrm{i}} \quad \textbf{(3.33)}$$

$$E_{\mathrm{NO,MM,\,i}} = EF_{\mathrm{NO,MM,\,i}} \cdot n_{\mathrm{i}} \quad \textbf{(3.34)}$$

$$E_{\mathrm{N2,MM,\,i}} = EF_{\mathrm{N2,MM,\,i}} \cdot n_{\mathrm{i}} \quad \textbf{(3.35)}$$

$E_{\mathrm{NH3,\,MM,\,i}}$ NH_3 emission from manure management of animal category i (in kg a^{-1})
$EF_{\mathrm{NH3,\,MM,\,i}}$ NH_3 emission factor for animal category i (in kg pl^{-1} a^{-1})
n_{i} number of animal places for animal category i (in pl)
etc.

The N2O mentioned in this chapter is direct N2O. For indirect N2O 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.

Bei N_2O handelt es sich um direkte N_2O-Emissionen. Zu den indirekten N_2O-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 / Tier-2- und Tier-3-Verfahren

The equations described in the following are essentially based on equations given in EMEP (2019) 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 (2019) a calculation scheme also qualifies as Tier 3 methodology if it considers mitigation measures. In the German inventory this is the case for NH_3 by taking into account emission reductions by air scrubbing.

Figure 3.5 shows the N flow system that is used to calculate the annual NH_3, N_2O, NO and N_2 emissions from each animal subcategory (DÄMMGEN and HUTCHINGS, 2008). This method reconciles the requirements of both the Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP, 2019) and the IPCC guidelines (IPCC, 2006).

Die im Folgenden beschriebenen Gleichungen beruhen prinzipiell auf den in EMEP (2019) angegebenen Gleichungen für das Tier-2-Verfahren. Ein Tier-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 Tier-3-Verfahren ist nach EMEP (2019) die Berücksichtigung von Minderungsmaßnahmen, wie das im deutschen Inventar bei NH_3 durch die Berücksichtigung von Abluftreinigungsanlagen geschieht.

Das in Figure 3.5 illustrierte N-Flussschema wird zur Berechnung der Emissionen von NH_3, N_2O, NO und N_2 für jede Tier-Unterkategorie angewendet (DÄMMGEN und HUTCHINGS, 2008). Dieses Verfahren berücksichtigt sowohl die Erfordernisse des Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP, 2019) als auch der IPCC-Guidelines (IPCC, 2006).

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_{house}, x_{yards} and x_{graz}, respectively). These proportions depend on the fraction of the year the animals spend grazing, in yards and in the animal housing.

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_{house}, x_{yards} bzw x_{graz} multipliziert. Diese Anteile hängen davon ab, welche Zeitanteile die Tiere auf der Weide, auf den befestigten Flächen und im Stall verbringen.

$$m_{\text{graz}} = x_{\text{graz}} \cdot m_{\text{excr}} \quad \textbf{(3.36)}$$

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

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

m_{graz}	amount of nitrogen excreted on pasture (in kg pl^{-1} a^{-1})
x_{graz}	share of nitrogen excreted on pasture (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{excr}	amount of total nitrogen excreted (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 3.3.3.2
m_{yard}	amount of nitrogen excreted in the yards (in kg pl^{-1} a^{-1})
x_{yard}	share of nitrogen excreted in the yards (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{house}	amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl^{-1} a^{-1})
x_{house}	share of nitrogen excreted in the house (in kg pl^{-1} a^{-1})

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.

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.

$$m_{\text{graz, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{graz}} \quad \textbf{(3.39)}$$

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

$$m_{\text{yard, org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{yard}} \quad \textbf{(3.41)}$$

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

$$m_{\text{house,org}} = (1 - x_{\text{TAN}}) \cdot m_{\text{house}} \quad \textbf{(3.43)}$$

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

$m_{graz, org}$	amount of organic nitrogen excreted by faeces on pasture (in kg pl^{-1} a^{-1})
x_{TAN}	fraction of nitrogen excreted as TAN (in kg kg^{-1})
m_{graz}	amount of nitrogen excreted on pasture (in kg pl^{-1} a^{-1})
etc.	

By multiplying the amount of TAN $m_{TAN, house}$ with the TAN related emission factor EF_{house} and the amount of TAN $m_{TAN, yard}$ with the related emission factor EF_{yard} the NH_3-N losses from the animal house, E_{house}, and yard, E_{yard}, are calculated:

Durch Multiplikation der TAN-Menge mit den TAN-bezogenen Emissionsfaktoren für den Stall EF_{house} und befestigte Flächen EF_{yard} werden die NH_3-N-Verluste aus dem Stall, E_{house}, und den befestigten Flächen, E_{yard}, berechnet:

$$E_{\text{house}} = m_{\text{TAN, house}} \cdot EF_{\text{house}} \quad \textbf{(3.45)}$$

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

E_{house}	NH_3-N emission from the house (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{TAN, house}$	amount of TAN excreted in the house (in kg pl^{-1} a^{-1})
EF_{house}	NH_3-N ammonia emission factor for housing (in kg pl^{-1} a^{-1})
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_3 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_3-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 ($m_{bedding}$) is considered N_{org} 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 ($m_{bedding}$) wird zunächst als N_{org} in Stroh berücksichtigt.

$$m_{\text{straw,org}}{}^{*} = m_{\text{bedding}} \tag{3.47}$$

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

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

Es wird eine Mineralisierung von organischem Stroh-N zu TAN angenommen (zur Mineralisierungsrate x_{min} siehe Kapitel 3.3.4.3.2):

$$m_{\text{straw,org}} = m_{\text{straw,org}}{}^{*} \cdot (1 - x_{\text{min, straw}}) \tag{3.48}$$

$$m_{\text{straw,TAN}} = m_{\text{straw,org}}{}^{*} \cdot x_{\text{min, straw}} \tag{3.49}$$

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

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 disgested 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.

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 Gärrestlagerung 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.

$$m_{\text{storage,org}} = (m_{\text{house,org}} + m_{\text{yard,org}}) \cdot (1 - x_{\text{tra,sto}}) + [(m_{\text{house,TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard,TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot x_{\text{tra,sto}} \tag{3.50}$$

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

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

If different storage variants are to be taken into account in the housing categories `slurry-based' and

Sind in den Haltungskategorien „güllebasiert“ und „strohbasiert“ jeweils verschiedene Lagervarianten zu

'straw-based', the manure flow is divided into these variants according to the percentage of distribution of the respective variants. The digestion of manure is treated as an independent storage type in the inventory.

During anaerobic digestion of animal manures 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.

berücksichtigen, wird der Wirtschaftsdünger-Fluss entsprechend der prozentualen Verbreitung der jeweiligen Varianten auf diese Varianten aufgeteilt. Dabei wird die Vergärung von Wirtschaftsdünger im Inventar als ein eigenständiger Lagertyp behandelt.

Bei der Vergärung von Wirtschaftsdünger 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 Methodik-Gleichungen 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.

$$m_{\text{storage,org}} = m_{\text{house,org}} + m_{\text{yard,org}} + [(m_{\text{house,TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard,TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot x_{\text{imm}} + m_{\text{straw,org}} \quad \textbf{(3.52)}$$

$$m_{\text{storage,TAN}} = [(m_{\text{house,TAN}} - E_{\text{house}}) + (m_{\text{yard,TAN}} - E_{\text{yard}})] \cdot (1 - x_{\text{imm}}) + m_{\text{straw,TAN}} \quad \textbf{(3.53)}$$

$m_{\text{storage, org}}$	amount of organic nitrogen in the storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{house, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the house (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{yard, org}}$	the amount of organic N that was dropped in the yards (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{house, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the house (in kg pl^{-1} a^{-1})
E_{house}	the amount of N emitted during housing (in kg pl^{-1} a^{-1})
$M_{\text{yard, TAN}}$	the amount of TAN that was dropped in the yards (in kg pl^{-1} a^{-1})
E_{yard}	the amount of N emitted from the yards (in kg pl^{-1} a^{-1})
x_{imm}	rate of immobilisation (in kg kg^{-1}), see Chapter 3.3.4.3.4
$m_{\text{storage, TAN}}$	amount of TAN in the storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{straw, org}}$	amount of organic N input with straw (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 3.3.4.3.2
$m_{\text{straw, TAN}}$	amount of TAN input with straw (in kg pl^{-1} a^{-1}), 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_2O, NO and N_2 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_2O emissions that is caused by emissions of NH_3 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_2O 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.

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_2O, NO und N_2 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_2O-Emissionen, der auf Emissionen von NH_3 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_2O-Emissionen durch Versickerung während der Lagerung vor (Auswaschung). Eine solche Versickerung ist nach deutschen Gesetzen verboten und wird daher in Inventar nicht berechnet.

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.

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 Gärrestlagerung 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.

$$E_{\text{storage,NH3-N}} = m_{\text{storage,TAN}} \cdot EF_{\text{storage,NH3-N}} \tag{3.54}$$

$$E_{\text{storage,N2O-N}} + E_{\text{storage,NO-N}} + E_{\text{storage,N2}} = (m_{\text{house}} + m_{\text{bedding}}) \cdot (EF_{\text{storage,N2O-N}} + EF_{\text{storage,NO-N}} + EF_{\text{storage,N2}}) \tag{3.55}$$

$E_{\text{storage, NH3-N}}$	NH_3-N emissions from storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{storage, TAN}}$	modified amount of TAN passed to the storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{\text{storage, NH3-N}}$	NH_3-N emission factor for storage (in kg kg^{-1})
$E_{\text{storage, N2O-N}}$	N_2O-N emissions from storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
$E_{\text{storage, NO-N}}$	NO-N emissions from storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
$E_{\text{storage, N2}}$	N_2 emissions from storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{house}	amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{bedding}	amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{\text{storage, N2O-N}}$	N_2O-N emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg^{-1})
$EF_{\text{storage, NO-N}}$	NO-N emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg^{-1})
$EF_{\text{storage, N2}}$	N_2 emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg^{-1})

For the values of the emission factors for NH_3 and N_2O 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 (2019)-3B-32, Table 3.10. However, their origin cannot be found in the reference given. Hence, according to HAENEL et al. (2012), a NO-N emission factor is chosen that is one tenth of the N_2O-N emission factor.

Following JARVIS and PAIN (1994), the emission factor for N_2 is taken to be three times the N_2O-N emission factor.

Alltogether, the following relation of N_2O-N, NO-N and N_2 emission factors for housing and storage is used in the German emission inventory:

Für die Werte der NH_3- und N_2O-Emissionsfaktoren siehe die entsprechenden Unterkapitel ab Kapitel 4.

IPCC gibt keine Emissionsfaktoren für NO an. In EMEP (2019)-3B-32, Table 3.10, findet sich eine Liste von NO-Emissionsfaktoren für das Tier-2-Verfahren, deren Herkunft anhand der angegebenen Quelle aber nicht nachvollziehbar ist. Für den NO-N-Emissionsfaktor wird daher nach HAENEL et al. (2012) ein NO-N-Emissionsfaktor angesetzt, der einem Zehntel des N_2O-N-Emissionsfaktors entspricht.

Der Emissionsfaktor für N_2 wird nach JARVIS & PAIN (1994) als das Dreifache der N_2O-N-Emissionsfaktoren angesetzt.

Insgesamt gilt damit im deutschen Inventar für die Verhältnisse der N_2O-N-, NO-N- und N_2-Emissionsfaktoren für Stall und Lager zueinander:

$$EF_{\text{storage,NO-N}} = 0.1 \cdot EF_{\text{storage,N2O-N}} \tag{3.56}$$

$$EF_{\text{storage,N2}} = 3 \cdot EF_{\text{storage,N2O-N}} \tag{3.57}$$

$EF_{\text{storage, N2O-N}}$	N_2O-N emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg^{-1})
$EF_{\text{storage, NO-N}}$	NO-N emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg^{-1})
$EF_{\text{storage, N2}}$	N_2 emission factor (combined for house and storage!) (in kg kg^{-1})

NO emissions originating from the agricultural sector are reported (as NO_x). However, as they had not been accounted for in the definition of the national emission ceiling (NEC Directive 2001/81/EC, 1051 Gg a^{-1}) they are subtracted from the national total of NO_x emissions by adjustment before the national total of NO_x is checked for compliance with the emission ceilings, see Chapter 1.

Die NO-Emissionen aus dem Sektor Landwirtschaft werden zwar berichtet (als NO_x); da sie aber nicht Bestandteil der Festlegung der nationalen Obergrenze (NEC Richtlinie 2001/81/EC, 1051 Gg a^{-1}) waren, werden sie vor Prüfung der deutschen NO_x-Gesamtemission auf Einhaltung der Emissionsobergrenzen durch ein Adjustmentverfahren wieder abgezogen, siehe Kapitel 1.

During storage of solid manure the formation of leachate is possible, see Chapter 3.3.4.3.4. The amounts of N_{org} 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_{org} and TAN that is applied to the field, remembering to subtract the emissions of NH_3, N_2O, NO and N_2 from the storage. The NH_3 emissions are complettely subtracted from the TAN pool, while the emissions of N_2O-N, NO-N and N_2 are partioned between TAN and N_{org} using a partioning factor f_{TAN} ($0 \leq f_{TAN} \leq 1$). For f_{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_{org}.

Im Festmistlager kann Jauche entstehen, siehe Kapitel 3.3.4.3.4. Die in die Jauche gehenden Mengen von N_{org} und TAN sind von den im Festmistlager insgesamt angefallenen Mengen von N_{org} 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_3-, N_2O-, NO- und N_2-Emissionen aus dem Lager die zur Ausbringung gelangenden N_{org} und TAN-Mengen. Dabei werden die NH_3-Emissionen vollständig aus dem TAN-Pool abgezogen, während die übrigen Emissionsverluste mithilfe eines Faktors f_{TAN} ($0 \leq f_{TAN} \leq 1$) auf N_{org}- und TAN-Pool aufgeteilt werden. Für f_{TAN} wird in plausibler Weise der relative TAN-Gehalt gewählt, der sich als Quotient von TAN zu Gesamt-N-Menge (= TAN + N_{org}) ergibt.

$$m_{\text{applic,org}} = m_{\text{storage,org}} - (1 - f_{\text{TAN}}) \cdot (E_{\text{storage,N2O-N}} + E_{\text{storage,NO-N}} + E_{\text{storage,N2}}) \quad \textbf{(3.58)}$$

$$m_{\text{applic,TAN}} = m_{\text{storage,TAN}} - E_{\text{storage,NH3-N}} - f_{\text{TAN}} \cdot (E_{\text{storage,N2O-N}} + E_{\text{storage,NO-N}} + E_{\text{storage,N2}}) \quad \textbf{(3.59)}$$

$m_{\text{applic, org}}$	amount of organic nitrogen passed to application (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{applic, TAN}}$	amount of TAN passed to application (in kg pl^{-1} a^{-1})
E_{storage}	total N emissions (NH_3, N_2O, NO and N_2) from storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
f_{TAN}	fraction of N_2O-N, NO-N and N_2 emitted from the TAN pool

The emissions of N_2O are calculated as follows (emissions of NO and N_2 by analogy):

Die N_2O-Emissionen aus dem Lager werden dafür wie folgt berechnet (analog für NO- und N_2-Emissionen):

$$E_{\text{N2O-N}} = (m_{\text{house}} + m_{\text{bedding}}) \cdot EF_{\text{N2O-N}} \quad \textbf{(3.60)}$$

$E_{\text{storage, N2O-N}}$	N_2O-N emissions from storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{house}	amount of nitrogen excreted in the house (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{bedding}	amount of nitrogen contained in bedding material (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{\text{N2O-N}}$	N_2O-N emission factor (combined for house and storage) (in kg kg^{-1})

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).

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 Py-GAS-EM-Modell berücksichtigt, dass die Güllevergärung (incl. Gärrestlagerung) nach dem Konzept in IPCC (2006) einen eigenständigen Typ von Lagerverfahren darstellt (siehe Kapitel 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_3-N during and immediately after field application is calculated as follows (for the emissionfactor see animal descriptions in Chapters 4 ff):

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 Aubringung vorgesehenen TAN-Menge von unbehandelter Gülle addiert. Die NH_3-N-Emissionen, die sich unmittelbar aus der Ausbringung ergeben, werden dann wie folgt berechnet (zum Emissionsfaktor siehe Tierbeschreibungen ab Kapitel 4):

$$E_{\text{applic,NH3}} = m_{\text{applic,TAN}} \cdot EF_{\text{applic,NH3}} \quad \textbf{(3.61)}$$

$E_{\text{applic, NH3}}$ NH_3-N emissions from application (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{applic, TAN}}$ amount of TAN passed to the application (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{\text{applic, NH3}}$ NH_3-N emission factor for application (in kg kg^{-1})

The NH_3 emissions during grazing are calculated proportionally to the amount of TAN extreted on pasture:

Die NH_3-Emissionen aus dem Weidegang werden proportional zu der auf der Weide ausgeschiedenen TAN-Menge berechnet:

$$E_{\text{graz, NH3}} = m_{\text{graz,TAN}} \cdot EF_{\text{graz, NH3}} \quad \textbf{(3.62)}$$

$E_{\text{graz, NH3}}$ NH_3-N emissions during grazing (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{graz, TAN}}$ amount of TAN excreted during grazing (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{\text{graz, NH3}}$ NH_3-N emissions during grazing (in kg pl^{-1} a^{-1})

According to IPCC (2006) The N_2O emissions from agricultural soils are to be calculated proportionally the amounts of N applied to the soils. This means that N losses by NH_3 emissions during spreading must not be subtracted before calculating N_2O 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 N2) see Chapter 11.

Die N_2O-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_3-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_2) aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden siehe Kapitel 11.

3.3.4.3.6 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

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 ractive 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 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_2O 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_2O from leaching and runoff is spreaded and causes therefore higher N2O emissions.

In der Berichterstattung nach IPCC (2006) werden dem Wirtschaftsdünger-Management (Sektor 3.B) 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, 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_2O-Emissionen aus Auswaschung/ Oberflächenabfluss berechnet. Dies erfolgte für alle Jahre ab 1990, was bzgl. der Gesamt-N_2O-Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft eine konservative Annahme darstellt, da der nicht durch N_2O aus Auswaschung/Oberflächenabfluss verloren gegangene Stickstoff ausgebracht wird und dabei höhere N_2O-Emissionen verursacht.

The indirect N2O emissions from deposition of NH3 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):

Die indirekten N_2O-N-Emissionen als Folge der Deposition von NH_3 und NO aus Wirtschaftsdünger- und Gärreste-Management (ohne Ausbringung) werden nach IPCC (2006)-11.21 proportional zur deponierten N-Menge berechnet:

$$E_{\text{N2O-N, indirect,MM}} = (E_{\text{NH3-N, MM}} + E_{\text{NO-N, MM}}) \cdot EF_{\text{N2O-N, dep}} \quad \textbf{(3.63)}$$

$E_{\text{N2O-N, indirect,-MM}}$ indirect N_2O-N emissions due to deposition of NH_3-N und NO-N emitted from manure management (including digestate of manures), without spreading (kg pl^{-1} a^{-1})

$E_{NH3\text{-}N,\ MM}$	total NH_3-N emissions from manure management (including digestate of manures), without spreading (kg pl^{-1} a^{-1})
$E_{NO\text{-}N,\ MM}$	total NO-N emissions from manure management (including digestate of manures), without spreading (kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{N2O\text{-}N,}$ dep	emission factor of indirect N2O-N due to deposition (kg kg^{-1}), see below

For the calculation of emissions of NH_3 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 $EF_{N2O\text{-}N,\ dep}$ is given as 0.01 kg kg^{-1} N_2O-N (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.3, an asymmetric uncertainty range of 0.002 kg kg^{-1} to 0.05 kg kg^{-1} is given for the N_2O-N emission factor. The difference between the upper limit of the interval and the emission factor amounts to 400 % of the emission factor. Fitting a lognormal distribution leads to a 95 % confidence interval of [-95 %, +400 %], related to the expected value According to IPCC(2006)-3.29 the higher percentage (400 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 14.6).

The uncertainty of the acitivity data, i. e. of the sum $E_{NH3\text{-}N,\ MM}$ + $E_{NO\text{-}N,\ MM}$ in the equation given above, is estimated as follows: For the NH_3 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_3 emissions. However, the NO-N emissions are quite small compared to the NH_3-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 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_2O 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.

Zur Berechnung der NH_3- 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 $EF_{N2O\text{-}N,\ dep}$ wird mit 0,01 kg kg^{-1} N_2O-N angesetzt (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.3, wird für den Emissionsfaktor ein asymmetrischer Unsicherheitsbereich von 0,002 kg kg^{-1} bis 0,05 kg kg^{-1} angegeben. Das Intervall zwischen oberer Grenze und Emissionsfaktor entspricht 400 % des Emissionsfaktors. Die Anpassung einer Lognormal-Verteilung ergibt, bezogen auf den Erwartungswert, ein 95 %-Konfidenzintervall von [-95 %, +400 %]. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, d. h. 400 %.

Die Unsicherheit des Aktivitätswertes, d. h. der Summe $E_{NH3\text{-}N,\ MM}$ + $E_{NO\text{-}N,\ MM}$ in obiger N_2O-N-Gleichung wird wie folgt geschätzt: Für die NH_3-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_3 liegen. Wegen der im Vergleich zu NH_3-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 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_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.

3.3.4.4 *Digestion of manure and management of the digestate / Vergärung von Wirtschaftsdünger einschließlich Gärreste-Management*

In practice, animal manures are anaerobically 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

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 befasst sich mit der Vergärung folgender Wirtschaftsdüngerarten: Rinder- und Schweinegülle, Rindermist und Geflügelkot. Die

with respect to its relative share of total manure; in addition data is scarce. Hence digestion of pig farmyard manure is negelected in the inventory.

The German methodology for calculating emissions from the anaerobic digestion of manure (HAENEL and WULF, 2016) does not recognize any individual biogas plants. Instead, there is a material flow-based "computational anaerobic digestion" of shares of the amounts of manure calculated by the Py-GAS-EM inventory model. The losses of CH_4, NH_3, N_2O, NO and N_2 resulting from fermentation are calculated consistently.

The starting point for the development of the model was the Tier 2 concept described in IPCC (2000) for the calculation of CH_4 emissions from the combination of 'digester + storage of digestates'. The regulations of IPCC (2006) and EMEP (2013) valid at the time, however, were not considered as a basis: The CH_4 method of the IPCC (2006) is flawed, which is discussed in Chapter 3.3.4.4.1, and EMEP (2013)-5B2 is limited to an insufficiently documented Tier 1 methodology for NH_3. (EMEP (2019)-5B2 now differentiates between Tier 1 to 3 and refers to the German methodology for the Tier 3 calculation of NH_3.)

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 und digestion of energy crops in order to be able to report these emissons separately.

The German methodology also considers possible emissions from pre-storage of the substrates. For the storage of digestate two different types of storage are distinguished: open storage and technically gastight storage. Technically gastight storage is defined as gastight storage where, however, inadvertent emissions 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 gastight storage.

The description of the methodology in the report at hand is structured as follows: For CH_4 see Chapter 3.3.4.4.1; emissions of N_2O, NO and N_2 are dealt with in Chapter 3.3.4.4.2 behandelt; Chapter 3.3.4.4.3 describes the emissions of NH_3. Chapter 3.4.4 deals with parameter values and input data. For the digestion of energy crops, see Chapter 10.

The amounts of N_2O 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).

mengenmäßig unbedeutende und daher mit Daten schlecht belegte Vergärung von Schweinemist wird vernachlässigt.

Die deutsche Methodik zur Berechnung von Emissionen aus der Vergärung von Wirtschaftsdünger (HAENEL und WULF, 2016) kennt keine individuellen Biogasanlagen. Stattdessen erfolgt eine stoffstrom-basierte „rechnerische Vergärung" von Teilen der mit dem Inventarmodell Py-GAS-EM berechneten Wirtschaftsdüngermengen. Die in Verbindung mit der Vergärung entstehenden Verluste von CH_4, NH_3, N_2O, NO und N_2 werden in konsistenter Weise berechnet. Ausgangspunkt der Modellentwicklung war das in IPCC (2000) beschriebene Tier-2-Konzept für die Berechnung von CH_4-Emissionen aus der Kombination „Fermenter + Gärrestlager". Die seinerzeit gültigen Regelwerke von IPCC (2006) und EMEP (2013) kamen dagegen als Grundlage nicht in Betracht: Die CH_4-Methode von IPCC (2006) ist fehlerhaft, worauf in Kapitel 3.3.4.4.1 noch eingegangen wird, und EMEP (2013)-5B2 beschränkte sich für NH_3 auf eine ungenügend dokumentierte Tier-1-Methodik. (EMEP (2019)-5B2 differenziert inzwischen nach Tier 1 bis 3 und verweist für die Tier-3-Berechnung von NH_3 auf die deutsche Methodik.)

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.

Die deutsche Methodik berücksichtigt auch mögliche Emissionen aus der Vorlagerung des Gärsubstrats. Bei der Gärrestlagerung wird zwischen offener Lagerung und technisch gasdichter Lagerung unterschieden. Die technisch gasdichte Lagerung ist eine gasdichte Lagerung, bei der unbeabsichtigte Emissionen aufgrund von Leckage nicht ausgeschlossen werden können. Eine entsprechende Leckagerate wird in den Emissionsberechnungen berücksichtigt. Im Folgenden wird das technisch gasdichte Lager der Einfachheit halber als gasdichtes Lager bezeichnet.

Die Beschreibung der Methodik im vorliegenden Bericht gliedert sich wie folgt: Zu CH_4 siehe Kapitel 3.3.4.4.1; N_2O-, NO- und N_2-Emissionen werden in Kapitel 3.3.4.4.2 behandelt; Kapitel 3.3.4.4.3 geht auf die Emissionen von NH_3 ein. Kapitel 3.4.4 befasst sich mit Parameterwerten und Eingangsdaten. Zur Vergärung von Energiepflanzen siehe Kapitel 10.

Die als Folge der Gärreste-Ausbringung entstehenden bodenbürtigen N_2O-Emissionen werden im Sektor Boden in Zusammenhang mit der Ausbringung von Wirtschafts dünger berechnet (siehe Kapitel 11.2).

3.3.4.4.1 *CH_4 emissions / CH_4-Emissionen*

According to IPCC (2006), Tabelle 10.17, the combination of anaerobic digestion of animal manures and the

Nach IPCC (2006), Tabelle 10.17, gilt die Kombination anaerober Vergärung von Wirtschaftsdünger und der

storage of the resulting digestate represent a particular type of storage. For this storage type the emissions of CH_4 are calculated as described in Chapter 3.3.4.1.

According to IPCC (2006), the methane conversion factor MCF required for this is to be calculated according to Formula 1 in the footnote to Table 10.17 in IPCC (2006). This MCF represents an effective variable for a system that consists of the two emission areas digester and digestate storage. An intermediate or preliminary storage of the farm manure before the digestion, as is possible in practice, is not provided for in Formula 1.

However, an essential drawback of the IPCC (2006) Formula 1 is that the identical potential for CH_4 emission production (i. e. $VS \cdot B_0$) is used for the digester and the storage of digestate. This approach ignores that the CH_4 potential for the storage of digestate must be much lower due to the great amount CH_4 removed from the digester (CH_4 used for energy generation or CH_4 losses by leakage).

Formula 1 in IPCC (2000) p. 4.36 (footnote), which also describes the MCF for the system 'digester + digestate storage', does not have this problem. It is therefore the starting point for the calculation of CH_4 emissions from biogas plants in the German inventory. In the usual notation in this report, Formula 1 from IPCC (2000) reads:

Lagerung der resultierenden Gärreste als eigenständiger Lager-Typ, für den die Berechnung der CH_4-Emissionen prinzipiell wie in Kapitel 3.3.4.1 beschrieben erfolgt.

Gemäß IPCC (2006) soll der dafür benötigte Methanumwandlungsfaktor *MCF* nach Formula 1 in der Fußnote zu Tabelle 10.17 in IPCC (2006) berechnet werden. Dieser *MCF* stellt eine effektive Größe für ein System dar, das aus den beiden Emissionsbereichen Fermenter und Gärrestlager besteht. Eine vor dem Fermenter angeordnete Zwischen- oder Vorlagerung des Wirtschaftsdüngers, wie sie in der Praxis möglich ist, ist in Formula 1 nicht vorgesehen.

Ein entscheidender Mangel von Formula 1 in IPCC (2006) ist allerdings, dass ein- und dasselbe CH_4-Bildungspotential (d. h. $VS \cdot B_0$) sowohl für den Fermenter als auch für das Gärrestlager zugrunde gelegt wird. Damit wird ignoriert, dass das CH_4-Bildungspotential für das Gärrestlager aufgrund der aus dem Fermenter (für Energieproduktion oder durch Leckage) entzogenen großen CH_4-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 bildet daher den Ausgangspunkt für die Berechnung von CH_4-Emissionen aus Biogasanlagen im deutschen Inventar. In der in diesem Bericht üblichen Schreibweise lautet Formula 1 aus IPCC (2000):

$$MCF = \frac{\upsilon_{\mathrm{CH4,\,prod}} - \upsilon_{\mathrm{CH4,\,used}} - \upsilon_{\mathrm{CH4,\,flared}} + MCF_{\mathrm{residues}} \cdot (B_{\mathrm{o}} - \upsilon_{\mathrm{CH4,\,prod}})}{B_{\mathrm{o}}} \qquad \textbf{(3.64)}$$

MCF	effective methane conversion factor for the combination "digester + storage" (in $m^3\ m^{-3}$)
$\upsilon_{\mathrm{CH4,\,prod}}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)
$\upsilon_{\mathrm{CH4,\,used}}$	specific volume of methane retrieved from the digester as usable methane, e. g. for energy production (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)
$\upsilon_{\mathrm{CH4,\,flared}}$	specific volume of methane flared (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)
MCF_{residues}	methane conversion factor for the storage of digested manure (in $m^3\ m^{-3}$)
B_{o}	maximum methane producing capacity, per kg of VS input (in $m^3\ kg^{-1}$)

In order to be able to calculate the MCF according to equation (3.64), it must be known how much gas was produced per substrate unit ($\upsilon_{\mathrm{CH4,\,prod}}$) and supplied to a controlled use ($\upsilon_{\mathrm{CH4,\,used}}$). Knowledge of the losses due to flaring ($\upsilon_{\mathrm{CH4,\,flared}}$) is also required. This is system-related data. Apart from the fact that such data are not available nationwide, as required for a national emissions inventory, the basic concept of the Py-GAS-EM inventory model also contradicts the direct use of equation (3.64): Py-GAS-EM calculates the amounts of manure going into digestion as proportions of regionally accumulating manure quantities; an allocation to actually existing biogas plants is not possible. Therefore, in the following, the variables $\upsilon_{\mathrm{CH4,\,prod}}$, $\upsilon_{\mathrm{CH4,\,used}}$ and $\upsilon_{\mathrm{CH4,\,flared}}$ are reduced to more easily accessible parameters. (Note that the whereabouts of the usable gas and the additional emissions resulting from its use are not part of the agricultural emissions inventory.)

Um den *MCF* nach Gleichung (3.64) berechnen zu können, muss bekannt sein, wieviel Gas pro Substrateinheit produziert ($\upsilon_{\mathrm{CH4,\,prod}}$) und einer kontrollierten Nutzung zugeführt wurde ($\upsilon_{\mathrm{CH4,\,used}}$); zusätzlich erforderlich ist die Kenntnis der Verluste durch Abfackeln ($\upsilon_{\mathrm{CH4,\,flared}}$). Solche anlagenbezogenen Daten sind in dem für ein nationales Emissionsinventar erforderlichen flächendeckenden Umfang nicht verfügbar. Außerdem steht das Grundkonzept des Inventarmodells Py-GAS-EM der direkten Verwendung von Gleichung (3.64) entgegen: Py-GAS-EM berechnet die in die Vergärung gehenden Wirtschaftsdüngermengen als Anteile regional anfallender Wirtschaftsdüngermengen; eine Zuordnung zu real existierenden Biogasanlagen ist nicht möglich. Daher werden im Folgenden die Größen $\upsilon_{\mathrm{CH4,\,prod}}$, $\upsilon_{\mathrm{CH4,\,used}}$ und $\upsilon_{\mathrm{CH4,\,flared}}$ auf leichter zugängliche Parameter zurückgeführt. (Anmerkung: Der Verbleib des nutzbaren Gases und die aus der Nutzung zusätzlich entstehenden Emissionen sind nicht Gegenstand des landwirtschaftlichen Emissionsinventars.)

During anaerobic digestion, the residence time necessary to fully exploit the maximum possible methane production B_o is not reached in practice. In the following the difference, i. e. the potentially still purgeable amount of gas ($B_o - \upsilon_{CH4,\,prod}$), 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 μ_{rg}:

In der Praxis wird bei der Vergärung die notwendige Verweilzeit zum vollständigen Ausschöpfen der maximal möglichen Methanproduktionskapazität B_o nicht erreicht. Die daher potentiell noch freisetzbare Gasmenge $B_o - \upsilon_{CH4\,prod}$ wird im Folgenden als „Restgaspotential" bezeichnet, das als bekannt vorausgesetzt wird und dessen Verhältnis zu B_o durch die Größe μ_{rg} beschrieben wird:

$$\mu_{rg} = \frac{B_o - \upsilon_{CH4,prod}}{B_o} \quad \textbf{(3.65)}$$

μ_{rg}	relative potential of residual gas, related to B_o (with $0 \le \mu_{rg} \le 1$ m³ m⁻³)
B_o	maximum methane producing capacity per kg of VS (in m³ kg⁻¹)
$\upsilon_{CH4,\,prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in m³ kg⁻¹)

The units of μ_{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 μ_{rg} used in the inventory see Chapter 3.4.4.2.2.

Equation (3.65) directly leads to:

Bei der Einheit von μ_{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 μ_{rg} siehe Kapitel 3.4.4.2.2.

Aus Gleichung (3.65) folgt direkt:

$$\upsilon_{CH4,prod} = (1 - \mu_{rg}) \cdot B_o \quad \textbf{(3.66)}$$

$\upsilon_{CH4,\,prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in m³ kg⁻¹)
μ_{rg}	relative potential of residual gas, related to B_o (with $0 \le \mu_{rg} \le 1$ m³ m⁻³)
B_o	maximum methane producing capacity, related to VS (in m³ kg⁻¹)

This means that $\upsilon_{CH4,\,prod}$ is predominantly determined by B_o. By multiplication with μ_{rg} it is taken into account that, in practice, the maximum possible production of CH4 is not attained.

Die Größe $\upsilon_{CH4,\,prod}$ wird also im Wesentlichen durch B_o bestimmt, wobei durch Multiplikation mit μ_{rg} berücksichtigt wird, dass in der Praxis die maximal mögliche CH_4-Ausbeute nicht erreicht wird.

The term $\upsilon_{CH4,\,prod} - \upsilon_{CH4,\,used} - \upsilon_{CH4,\,flared}$ in equation (3.64) is part of the digester's methane balance (related to VS input) which can be completed by the methane loss $\upsilon_{CH4,\,leak}$ due to leakage.

Die Differenz $\upsilon_{CH4,\,prod} - \upsilon_{CH4,\,used} - \upsilon_{CH4,\,flared}$ in Gleichung (3.64) ist Teil der Methan–Bilanz des Fermenters (bezogen auf den VS-Eintrag), die durch den leckagebedingten CH_4-Verlust $\upsilon_{CH4,\,leak}$ vervollständigt wird:

$$\upsilon_{CH4,\,prod} - \upsilon_{CH4,\,used} - \upsilon_{CH4,\,flared} - \upsilon_{CH4,\,leak} = 0 \quad \textbf{(3.67)}$$

$\upsilon_{CH4,\,prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in m³ kg⁻¹)
$\upsilon_{CH4,\,used}$	specific volume of methane retrieved from the digester as usable methane, e. g. for energy production (related to VS input) (in m³ kg⁻¹)
$\upsilon_{CH4,\,flared}$	specific volume of methane flared (related to VS input) (in m³ kg⁻¹)
$\upsilon_{CH4,\,leak}$	specific volume of methane due to leakage and maintenance works (related to VS input) (in m³ kg⁻¹)

The loss of methane $\upsilon_{CH4,\,leak}$ due to leakage is calculated as part of the total amount of CH_4 produced in the digester. The ratio of these two quantities is defined as the leakage rate L_{dig} of the digester. L_{dig} is assumed to be known.

Der leckagebedingte CH_4-Verlust $\upsilon_{CH4,\,leak}$ wird als Teil der im Fermenter insgesamt produzierten CH_4-Menge berechnet. Das Verhältnis der beiden Größen wird durch die Leckagerate L_{dig} des Fermenters definiert, die als bekannt vorausgesetzt wird.

$$\upsilon_{CH4,leak} = L_{dig} \cdot \upsilon_{CH4,prod} \quad \textbf{(3.68)}$$

$\upsilon_{CH4,\,leak}$	specific volume of methane due to leakage and maintenance works (related to VS input) (in m³ kg⁻¹)
L_{dig}	leakage rate of the digester, related to $CH_{4,\,prod}$ (with $0 \le L_{dig} \le 1$ m³ m⁻³)

$\upsilon_{CH4,\,prod}$ specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)

The units of L_{dig} take into account that nominator as well as denominator in the euqation given above equally relaty 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_{dig} used in the inventory see Chapter 3.4.4.2.2.

Using equations (3.66) to (3.68), the difference of the three υ_{CH4} quantities in the nominator of Equation (3.64) can be transformed as follows:

Bei der Einheit von L_{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_{dig} siehe Kapitel 3.4.4.2.2.

Mithilfe der Gleichungen (3.66) bis (3.68) lässt sich die Differenz der drei υ_{CH4}-Größen im Zähler des Bruches in Gleichung (3.64) wie folgt umformen.

$$\upsilon_{\mathrm{CH4,\,prod}} - \upsilon_{\mathrm{CH4,\,used}} - \upsilon_{\mathrm{CH4,\,flared}} = \upsilon_{\mathrm{CH4,\,leak}} = L_{\mathrm{dig}} \cdot (1-\mu_{\mathrm{rg}}) \cdot B_{\mathrm{o}} \qquad \textbf{(3.69)}$$

$\upsilon_{CH4,\,prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)
$\upsilon_{CH4,\,used}$	specific volume of methane retrieved from the digester as usable methane, e. g. for energy production (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)
$\upsilon_{CH4,\,flared}$	specific volume of methane flared (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)
$\upsilon_{CH4,\,leak}$	specific volume of methane due to leakage and maintenance works (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)
L_{dig}	leakage rate of the digester, related to $CH_{4,\,prod}$ (with $0 \le L_{dig} \le 1\ m^3\ m^{-3}$)
μ_{rg}	relative potential of residual gas, related to B_o (with $0 \le \mu_{rg} \le 1\ m^3\ m^{-3}$)
B_o	maximum methane producing capacity (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)

The term $MCF_{residues} \cdot (B_o - \upsilon_{CH4,\,prod})$ in Equation (3.64) is transformed using equation (3.65):

Der Term $MCF_{residues} \cdot (B_o - \upsilon_{CH4,\,prod})$ in Gleichung (3.64) wird mit Gleichung (3.65) umgeformt zu:

$$MCF_{\mathrm{residues}} \cdot (B_{\mathrm{o}} - \upsilon_{\mathrm{CH4,\,prod}}) = MCF_{\mathrm{residues}} \cdot \mu_{\mathrm{rg}} \cdot B_{\mathrm{o}} \qquad \textbf{(3.70)}$$

$MCF_{residues}$	methane conversion factor for the storage of digested manure (in $m^3\ m^{-3}$)
B_o	maximum methane producing capacity, per kg of VS input (in $m^3\ kg^{-1}$)
$\upsilon_{CH4,\,prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in $m^3\ kg^{-1}$)
μ_{rg}	relative potential of residual gas, related to B_o (with $0 \le \mu_{rg} \le 1\ m^3\ m^{-3}$)

Using equations (3.69) and (3.70) equation (3.64) becomes:

Mit Gleichung (3.69) und (3.70) wird Gleichung (3.64) zu:

$$MCF = (1-\mu_{\mathrm{rg}}) \cdot L_{\mathrm{dig}} + \mu_{\mathrm{rg}} \cdot MCF_{\mathrm{residues}} \qquad \textbf{(3.71)}$$

MCF	effective methane conversion factor for the combination “digester + storage” (in $m^3\ m^{-3}$)
μ_{rg}	relative potential of residual gas, related to B_o (with $0 \le \mu_{rg} \le 1\ m^3\ m^{-3}$)
L_{dig}	leakage rate of the digester, related to $CH_{4,\,prod}$ (with $0 \le L_{dig} \le 1\ m^3\ m^{-3}$)
$MCF_{residues}$	methane conversion factor for the storage of digested manure (in $m^3\ m^{-3}$), see below

This allows the MCF to be calculated using the presupposed parameters μ_{rg}, L_{dig} und $MCF_{residues}$. For μ_{rg} and L_{dig} see Chapter 3.4.4.2.2. The calculation of $MCF_{residues}$ is described in the following.

Damit kann der MCF mithilfe der als bekannt vorausgesetzten Parameter μ_{rg}, L_{dig} und $MCF_{residues}$ berechnet werden. Zu μ_{rg} und L_{dig} siehe Kapitel 3.4.4.2.2. Die Ermittlung von $MCF_{residues}$ wird nachfolgend beschrieben.

The German concept also takes into account a certain leakage rate $L_{sto,\,gt}$ ($m^3\ m^{-3}$) for the technically gas-tight digestate storage. In practice, the gas-tight residue storage and the digester together form a gas-carrying system. For the modeling, it therefore makes sense to assume the same leakage rate for gas-tight residue storage as for the digester area, i.e. to set $L_{sto,\,gt} = L_{dig}$ (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:

Das deutsche Konzept berücksichtigt auch für das technisch gasdichte Gärrestlager eine gewisse Leckagerate $L_{sto,\,gt}$ ($m^3\ m^{-3}$). In der Praxis bilden die gasdichte Gärrestlagerung und der oder die Fermenter zusammen ein gasführendes System. Für die Modellierung liegt es daher nahe, für die gasdichte Gärrestlagerung die gleiche Leckagerate anzunehmen wie für den Fermenterbereich, also $L_{sto,\,gt} = L_{dig}$ zu setzen (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 $MCF_{residues}$:

$$MCF_{\text{residues}} = x_{\text{gts}} \cdot L_{\text{sto, gt}} + (1 - x_{\text{gts}}) \cdot MCF_{\text{ngts}} \quad \textbf{(3.72)}$$

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 $0 \le L_{\text{sto, gt}} \le 1\ m^3\ m^{-3}$)
$L_{\text{sto, gt}}$	leakage rate of the gastight storage (with $0 \le L_{\text{sto, gt}} \le 1\ m^3\ m^{-3}$)
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.

Zur Wahl des *MCF* für das nicht gasdichte Lager (MCF_{ngts}) siehe Kapitel 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 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, which follows from a material flow analysis. As a consequence Equation (3.71) is transformed to the final MCF equation used in the inventory, i. e. Equation (3.73), see below. Note that, for sake of simplicity, both in Equation (3.71) and Equation (3.73) the symbol *MCF* is used on the left hand side, even though those *MCF* quantities are different, because Equation (3.73) includes pre-storage (for MCF_{ps} see Chapter 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 Gärrestlager. Dies wird im deutschen Inventarmodell über eine Ergänzung der IPCC-(2000)-Formula 1 berücksichtigt, die aus einer Stoffstrombetrachtung folgt. Damit wird Gleichung (3.71) zu der schließlich im Inventar verwendeten Gleichung (3.73), siehe unten. Der Einfachheit halber wurde auf der linken Seite der Gleichung das gleiche Symbol (*MCF*) verwendet wie in Gleichung (3.71). Es handelt sich wegen der Berücksichtigung des Vorlagers in Gleichung (3.73) aber um zwei verschiedene MCF-Größen (zu MCF_{ps} siehe Kapitel 3.4.4.2.2).

$$MCF = MCF_{\text{ps}} + (1 - MCF_{\text{ps}}) \cdot [(1 - \mu_{\text{rg}}) \cdot L_{\text{dig}} + \mu_{\text{rg}} \cdot MCF_{\text{residues}}] \quad \textbf{(3.73)}$$

MCF	effective methane conversion factor for the combination "pre-storage + digester + storage" (in $m^3\ m^{-3}$)
MCF_{ps}	methane conversion factor for pre-storage (in $m^3\ m^{-3}$)
μ_{rg}	relative potential of residual gas, related to B_o (with $0 \le \mu_{\text{rg}} \le 1\ m^3\ m^{-3}$)
L_{dig}	leakage rate of the digester, related to $CH_{4,\text{ prod}}$ (with $0 \le L_{\text{dig}} \le 1\ m^3\ m^{-3}$)
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.

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 3.7 gives an overwiew of what N_2O emissions the German inventory calculates for the various subsystems of a biogas plant:

Table 3.7 vermittelt einen Überblick darüber, welche N_2O-Emissionen das deutsche Inventar für die verschiedenen Biogasanlagen-Teilsysteme berechnet.

Table 3.7: Digestion of manure, N_2O emissions

		slurry	farmyard manure / poultry manure
pre-storage		0	Equation (3.74)
digester		0	0
storage	gastight	0	0
	non gastight	Equation (3.75)	Equation (3.75)

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

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 Schwimm-

of NH_4 to NO_3 as pre-stage for N_2O, the formation of emissions of N_2O, NO and N_2 from pre-storage of slurry is neglected in the inventory ($EF_{N2O\text{-}N,\ dig,\ PS}$ = 0; index PS meaning pre-storage).

On the other hand, N_2O 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):

decken Nitrifikation von NH_4 zu NO_3 als Vorstufe zur N_2O-Bildung stattfinden kann, wird die Bildung von N_2O-, NO- und N_2-Emissionen aus Gülle-Vorgruben vernachlässigt ($EF_{N2O\text{-}N,\ dig,\ PS}$ = 0; der Index PS steht für pre-storage).

Bei der Vorlagerung von Mist und Geflügelkot sind die N_2O-Emissionen dagegen nicht vernachlässigbar. Sie werden proportional zu der in die Vergärung gehenden Summe von N-Ausscheidungen und Einstreu-N berechnet:

$$E_{\text{N2O-N,dig,ps}} = x_{\text{dig}} \cdot (N_{\text{excr}} + N_{\text{straw}}) \cdot EF_{\text{N2O-N,dig,ps}} \quad \textbf{(3.74)}$$

$E_{N2O\text{-}N,\ dig,\ ps}$	N_2O-N emissions from pre-storage of farmyard manure or poultry manure to be digested, per place and year (in kg pl^{-1} a^{-1})
x_{dig}	fraction of farmyard manure or poultry manure that is digested (in kg kg^{-1})
N_{excr}	total amount of N excreted per place and year in solid manure systems or poultry housing (in kg pl^{-1} a^{-1})
N_{straw}	total amount of N added by beeding material, per place and year (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{N2O\text{-}N,\ dig,\ ps}$	N_2O-N emission factor for pre-storage of farmyard manure or poultry manure (in kg kg^{-1})

The calculation of emissions of NO and N_2 are performed by analogy. For the emission factors of N_2O, NO and N_2 see Chapter 3.4.4.2.3.

The amounts of N lost by emissions of N_2O, NO, N_2 and NH_3 (for NH_3 see Chapter 3.3.4.4.3) from pre-storage are subtracted from the amount of N fed into the pre-storaged. The remaining amount of N ($N_{digester}$) enters the digester.

Despite the assumed leackage (see Chapter 3.3.4.4.1) it is generally assumed that there are no emissions of N_2O, NO and N_2 from the digester: N_2O can be formed only if oxygen is available since in the beginning there is only NH_4. NH_4 can be transformed into N_2O only by nitrification and denitrification of the resulting NO. For the nitrification oxygen is needed that, however, is not available in the digester in practice.

In addition, there are no NH_3 emissions from the digester, see Chapter 3.3.4.4.3. Hence the total amount of N fed into the digester ($N_{digester}$) leaves the digester unabated and enters the storage of digestate.

Despite the assumed leackage (see Chapter 3.3.4.4.1) it is assumed for the gastight storage that, for the same reasons as for the digester (see above), there are no emissions of N_2O, NO and N_2. Hence, emissions of N_2O, NO and N_2 from non-gastight storage represent the total emissions of N_2O, NO and N_2 from the storage of digestate.

Like for the calculation of CH_4 emissions, it is assumed for the non-gastight storage of digestate that a natural crust can develop. The N_2O emission factor of this natural crust is different from zero. Like for untreated manure the emission factors for NO and N_2 are assumed to be proportional to the emission factor of N_2O.

Emissions of N_2O, NO and N_2 from non-gastight storage are calculated from the amount of N having passed the digester and entering the storage ($N_{digester}$) as well as

Die Berechnung der NO- und N_2-Emissionen erfolgt analog. Zu den Emissionsfaktoren für N_2O, NO- und N_2 siehe Kapitel 3.4.4.2.3.

Die N-Mengen, die aus dem Vorlager durch N_2O-, NO- und N_2-Emissionen sowie 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 ($N_{digester}$) gelangt in den Fermenter.

Für den Fermenter wird trotz der unterstellten Leckage (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) generell davon ausgegangen, dass keine N_2O-, NO- und N_2-Emissionen entstehen: N_2O kann nur in Anwesenheit von Sauerstoff gebildet werden, da zunächst nur NH_4 vorliegt. Aus diesem kann N_2O nur über Nitrifikation und anschließender Denitrifikation des NO gebildet werden. Für die Nitrifikation ist Sauerstoff notwendig, der im Fermenter praktisch nicht vorhanden ist.

Da aus dem Fermenter auch keine NH_3-Emissionen erfolgen (siehe Kapitel 3.3.4.4.3), gelangt die gesamte N-Menge, die in den Fermenter eingebracht wurde ($N_{digester}$), unvermindert in das Gärrestlager.

Beim gasdichten Lager wird trotz der unterstellten Leckage (siehe Kapitel 3.3.4.4.1) aus den gleichen Gründen wie beim Fermenter (s. o.) davon ausgegangen, dass keine N_2O-, NO- und N_2-Emissionen entstehen. Die Emissionen von N_2O, NO und N_2 aus der nicht gasdichten Lagerung stellen damit die Gesamtemissionen von N_2O, NO und N_2 aus der Gärrestlagerung dar.

Für das nicht gasdichte Gärrestlager wird wie bei der Berechnung der CH_4-Emission eine Schwimmdecke angenommen. Deren N_2O-Emissionsfaktor ist von Null verschieden. Wie beim unbehandelten Wirtschaftsdünger (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) werden die Emissionsfaktoren von NO- und N_2 proportional zum N_2O-Emissionsfaktor angesetzt.

Die Emissionen von N_2O, NO und N_2 aus der nicht gasdichten Lagerung werden mithilfe der N-Menge berechnet, die aus dem Fermenter ins Lager gelangt

the relative share of gastight storage (x_{gts}), see Equation (3.75).

($N_{digester}$), sowie dem relativen Anteil der gasdichten Lagerung (x_{gts}), siehe Gleichung (3.75).

$$E_{\text{N2O-N,dig,st}} = (1 - x_{\text{gts}}) \cdot N_{\text{digester}} \cdot EF_{\text{N2O-N,dig,st}} \quad \textbf{(3.75)}$$

$E_{\text{N2O-N, dig, st}}$	total N_2O-N emissions from the storage of digestate, per place and year (in kg pl^{-1} a^{-1})
x_{gts}	relative share (fraction) of gastight storage of digestion residues (in kg kg-1)
$N_{digester}$	total amount of N entering and leaving the digester, per place and year (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{\text{N2O-N, dig, st}}$	N_2O-N emission factor for the non-gastight storage of digestate (in kg kg^{-1})

The calculation of emissions of NO and N_2 are performed by analogy. For the emission factors of N_2O, NO and N_2 see Chapter 3.4.4.2.3. Chapter 3.4.4.2.3 also provides an assessment of the resulting N_2O-N emission factors in relation to emission factors obtained without digestion, and of the impact of anaerobic digestion on N_2O emissions from manure management.

Die Berechnung der NO- und N_2-Emissionen erfolgt analog. Zu den Emissionsfaktoren für N_2O, NO- und N_2 siehe Kapitel 3.4.4.2.3. Dort findet sich auch eine Bewertung der aus den obigen Gleichungen resultierenden N_2O-N-Emissionsfaktoren im Verhältnis zu N_2O-N-Emissionsfaktoren ohne Vergärung (einschließlich der Auswirkung auf die N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management).

Anaerobic digestion of animal manures (pre-storage and storage of digestate) can lead to emissions of reactive nitrogen (NH_3 and NO, see Chapters 3.3.4.4.2 and 3.3.4.4.3) the deposition of which causes indirect N_2O emissions from the soil (IPCC (2006)-11.19 ff). 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 N_2O emissions occuring due to deposition of NH_3 and NO from the application of animal manures and digestate are described in Chapter 11.2.

No indirect N_2O 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).

Wirtschaftsdünger-Vergärung (Vorlager und Gärrestlager) kann zu Emissionen reaktiven Stickstoffs führen (NH_3 and NO, siehe Kapitel 3.3.4.4.2 und 3.3.4.4.3), dessen Deposition indirekte N_2O aus dem Boden verursacht (IPCC (2006)-11.19 ff). Diese indirekten N2O-Emissionen werden in den CRF-Tabellen zusammen mit ebensolchen N_2O-Emissionen von unbehandeltem Wirtschaftsdünger berichtet (Sektor 3.B). (Zum Indirekten N_2O- aufgrund von NO und NH_3 aus der Wirtschaftsdünger-Ausbringung incl. Wirtschaftsdünger-Gärreste siehe Kapitel 11.2.)

Indirekte N_2O-Emissionen infolge von Auswaschung oder Oberflächenabfluss von N aus dem Substrat-Vorlager oder dem Gärrestlager 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).

3.3.4.4.3 *NH_3 emissions / NH_3-Emissionen*

The methodology developed by Germany is based on the following specifications:

- Pre-storage of slurry: pre-storage facilities are often equipped with concrete drive-on covers. As there there is no information on the frequencies of such covers, it is assumed that slurry pre-storages are covered and that NH_3 emissions from pre-stprages can be neglected.
- Pre-storage of farmyard manure and poultry manure: missing coverage allows for NH_3 emssions.
- Co-substrates like energy crops are, in general, not stored in pre-storage facilities but directly fed into the digester. Hence, no pre-storage NH_3 emissions 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.

Die von Deutschland entwickelte 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 NH_3-Emissionen aus Vorgruben vernachlässigt werden können.
- Vorlagerung von Mist und Geflügelkot: Fehlende Abdeckung führt zu NH_3-Emissionen.
- Kosubstrate wie Energiepflanzen werden meist nicht über Vorgruben, sondern direkt in den Fermenter eingebracht. In diesem Fall werden keine NH_3-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.

- By analogy to the CH_4 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_3 emitted through leakage of digester and gastight storage can be neglected ($EF_{NH3-N} = 0$) [17].
- No NH_3 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_3 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 Ferderal 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 3.8 gives an overwiew of how the German inventory calculates NH_3 emissions from the various subsystems of a biogas plant („calculation“).

- Konsistent mit der CH_4-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_3-Mengen vernachlässigbar sind ($EF_{NH3-N} = 0$) [17].
- 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_3-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 3.8 gibt einen Überblick darüber, für welche Teilbereiche das deutsche Inventar NH_3-Emissionen berechnet werden („calculation“).

Table 3.8: Digestion of manure, NH_3 emissions

		slurry	farmyard manure / poultry manure
pre-storage		0	calculation
digester		0	0
storage	gastight	0	0
	non gastight	calculation	calculation
spreading		calculation	calculation

In the following, the equations needed for these calculations are given in a general form, i.e. including pre-storage, though pre-storage is not relevant in the case of slurry with regard to NH_3.

The equations 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

Die für diese Berechnungen erforderlichen Gleichungen sind im Folgenden in allgemeiner Form angegeben, d. h. unter Einschluss des Vorlagers, auch wenn dieses bei Gülle bzgl. NH_3 nicht relevant ist.

Die 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 Ge-

[17] Under the plausible assumption of equlibrium in the digester, ph = 8 and a temperature of about 40°C cause ca. 20 % of NH_4 to be dissociated as NH_3. 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_3 per kg of digestate. (There are about 3 g NH_4 per kg of digestate.) However, the NH_3 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.

N in the total N pool is calculated as difference (total N minus TAN).

The NH_3 emissions from the pre-storage are calculated proportionally to the amount of TAN available:

samt-N-Pool wird bei Bedarf als Differenz berechnet (Gesamt-N abzüglich TAN).

Die NH_3-N-Emissionen aus dem Vorlager werden proportional zur verfügbaren TAN-Menge berechnet:

$$E_{\text{NH3-N,dig,ps}} = TAN_{\text{dig}} \cdot EF_{\text{NH3-N,dig,ps}} \quad \textbf{(3.76)}$$

$E_{\text{NH3-N, dig, ps}}$	NH_3-N emissions from pre-storage (in kg a^{-1})
TAN_{dig}	amount of TAN contained in the substrate to be digested (in kg a^{-1})
$EF_{\text{NH3-N, dig, ps}}$	NH_3-N emission factor for the pre-storage, related to TAN (in kg kg^{-1})

If no NH3 emissions from pre-storage have to be considered, the respective emission factor in Equation (3.76) is to be set to zero.

After pre-storage, i. e. when the substrate enters the digester, the amounts of TAN and N_{org} are calculated by the equations below that follow the general principles used in the emission inventory and take into account the emissions of N_2O, NO and N_2 from anaerobic digestion (see Chapter 3.3.4.4.2):

Für den Fall, dass aus dem Vorlager keine NH_3-Emissionen zu berücksichtigen sind, ist in Gleichung (3.76) der Emissionsfaktor null zu setzen.

Nach dem Vorlager, d. h. bei Eintritt des Substrats in den Fermenter, gilt für TAN- und N_{org}-Menge entsprechend der generellen Vorgehensweise im Emissionsinventar (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) und unter Berücksichtigung der vergärungsbedingten Emissionen von N_2O, NO und N_2 (siehe Kapitel 3.3.4.4.2):

$$N_{\text{tot, dig,ps}} = N_{\text{tot,dig}} - E_{\text{NH3-N,dig,ps}} - E_{\text{N*,dig,ps}} \quad \textbf{(3.77)}$$

$$TAN_{\text{dig,ps}} = TAN_{\text{dig}} - E_{\text{NH3-N,dig,ps}} - E_{\text{N*,dig,ps}} \cdot \frac{TAN_{\text{dig}}}{N_{\text{org,dig}} + TAN_{\text{dig}}} \quad \textbf{(3.78)}$$

$N_{\text{tot, dig, ps}}$	total amount of N contained in the substrate leaving pre-storage to enter the digester (in kg a^{-1})
$N_{\text{tot, dig}}$	total amount of N contained the substrate to be digested (in kg a^{-1})
$E_{\text{N*, dig, ps}}$	total of non-ammonia N emissions (N_2O-N, NO-N and N_2) from pre-storage (in kg a^{-1})
$TAN_{\text{dig, ps}}$	amount of TAN contained in the substrate leaving pre-storage to enter the digester (in kg a^{-1})
TAN_{dig}	amount of TAN contained in the substrate to be digested (in kg a^{-1})
$E_{\text{NH3-N, dig, ps}}$	NH_3-N emissions from pre-storage (in kg a^{-1})

According to the model assumptions, the amount of total N remains unchanged during the processs of digestion in the digester, while the share of TAN increases by mineralization on the expense of N_{org}:

Während des Gärprozesses im Fermenter bleibt entsprechend den Modellannahmen die Gesamt-N-Menge unverändert, während die TAN-Teilmenge aufgrund der Mineralisierung von Norg zu TAN ansteigt:

$$N_{\text{tot,dig,ferm}} = N_{\text{tot,dig,ps}} \quad \textbf{(3.79)}$$

$$TAN_{\text{dig,ferm}} = TAN_{\text{dig,ps}} + g_{\text{TAN}} \cdot N_{\text{org,dig,ps}} = TAN_{\text{dig,ps}} + g_{\text{TAN}} \cdot (N_{\text{tot,dig,ps}} - TAN_{\text{dig,ps}}) \quad \textbf{(3.80)}$$

$N_{\text{tot, dig, ferm}}$	total amount of N in digestion residues leaving the digester (in kg a^{-1})
$N_{\text{tot, dig, ps}}$	total amount of N contained in the substrate leaving pre-storage to enter the digester (in kg a^{-1})
$TAN_{\text{dig, ferm}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the digester (in kg a^{-1})
$TAN_{\text{dig, ps}}$	amount of TAN contained in the substrate leaving pre-storage to enter the digester (in kg a^{-1})
g_{TAN}	relative share of organic N entering the digester that is mineralized to TAN in the digester ($0 < g_{\text{TAN}} < 1$ 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^{-1})

The NH_3 emissions from the storage of digestate are calculated as follows (taking into account that $EF_{NH3-N} = 0$ for gastight storage):

Die bei der Lagerung der Gärreste entstehenden NH_3-N-Emissionen werden wie folgt berechnet (unter Berücksichtigung von $EF_{NH3-N} = 0$ für gasdichte Lager):

$$E_{\text{NH3-N,dig,st}} = TAN_{\text{dig,ferm}} \cdot (1 - x_{\text{gts}}) \cdot EF_{\text{NH3-N,dig,st,crust}} \quad \textbf{(3.81)}$$

$E_{\text{NH3-N, dig, st}}$	NH_3-N emissions from storage of digestion residues (in kg a^{-1})
$TAN_{\text{dig, ferm}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the digester (in kg a^{-1})
x_{gts}	relative share (fraction) of gastight storage of digestion residues (in kg kg^{-1})
$EF_{\text{NH3-N, dig, st, crust}}$	NH_3-N emission factor for the storage of digestion residues in an open tank with natural crust related to TAN (in kg kg^{-1})

The N losses from storage by emissions of NH_3, N_2O, NO and N_2 reduce the amount of TAN in the digestate before being spread (calculations by analogy to Equation (3.78)):

Infolge der Emissionen von NH_3, N_2O, NO und N_2 aus dem Gärrestlager verringert sich die TAN-Menge in den Gärresten, bevor sie ausgebracht werden (Berechnung analog zu Gleichung (3.78)):

$$TAN_{\text{dig,st}} = TAN_{\text{dig,ferm}} - E_{\text{NH3-N,dig,st}} - E_{\text{N*,dig,st}} \cdot \frac{TAN_{\text{dig,ferm}}}{N_{\text{tot, dig,ferm}}} \quad \textbf{(3.82)}$$

$TAN_{\text{dig, st}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the storage (in kg a-1)
$TAN_{\text{dig, ferm}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the digester (in kg a-1)
$E_{\text{NH3-N, dig, st}}$	NH_3-N emissions from storage of digestion residues (in kg a^{-1})
$E_{\text{N*, dig, st}}$	total of annual non-ammonia N emissions (N_2O-N, NO-N and N_2) from storage of digestion residues (in kg a^{-1})
$N_{\text{tot, dig, ferm}}$	total amount of N in digestion residues leaving the digester (in kg a^{-1})

As the calculation of the total N pool is not relevant for the following considerations it is not shown here. The NH_3 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_3-N-Emissionen aus der Gärreste-Ausbringung ergeben sich schließlich aus:

$$E_{\text{NH3-N,dig,spr}} = TAN_{\text{dig,st}} \cdot \sum_{\text{j}=1}^{\text{k}} (EF_{\text{NH3-N,dig,spr,j}} \cdot x_{\text{spr,j}}) \quad \textbf{(3.83)}$$

$E_{\text{NH3-N, dig, spr}}$	total NH_3-N emissions from spreading of digestion residues (in kg a^{-1})
$TAN_{\text{dig, st}}$	amount of TAN in digestion residues leaving the storage (in kg a^{-1})
$E_{\text{FNH3-N, dig, spr, j}}$	NH_3-N emission factor for spreading technique j (in kg kg^{-1})
$x_{\text{spr, j}}$	relative share of digested slurry spreaded with technique j where $\sum_{\text{j}=1}^{\text{k}} x_{\text{spr,area, j}} = 1$

For TAN_{dig}, $N_{\text{org,dig}}$, g_{TAN}, x_{spr}, j and the emission factors see Chapter 3.4.4.2.4.

Chapter 3.4.4.2.4. provides an assessment of the resulting NH_3 emissions in relation to NH3 emissions from manure management obtained without digestion.

Emissions of NH_3 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_2O from soils. For details see Chapter 3.3.4.4.2.

Spreading of residues from digestion of manures leads to N_2O emissions from soils. The calculation of these emissions is described in Chapter 11.2 in context with spreading of untreated manures.

Zu TAN_{dig}, $N_{\text{org,dig}}$, g_{TAN}, x_{spr}, j und den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.4.4.2.4.

Eine Bewertung der aus den obigen Gleichungen resultierenden NH_3-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management im Verhältnis zu NH_3-Emissionen ohne Vergärung findet sich in Kapitel 3.4.4.2.4.

Die im Zusammenhang mit der Vergärung von Wirtschaftsdünger und dem Gärrestlager entstehenden Emissionen von NH_3 und NO (zu NO siehe Kapitel 3.3.4.4.2) führen zur Deposition von reaktivem Stickstoff, woraus N_2O aus dem Boden entsteht. Näheres dazu siehe in Kapitel 3.3.4.4.2.

Die Ausbringung von Wirtschaftsdünger-Gärresten führt zu N_2O-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 deaks with emissions of particulate matter from animal husbandry. Emissions of particulate matter from agricultural soils are addressed in Chapter 11.14.

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 tree categories of particulate matter (see also EMEP (2013)-3D-35 und EMEP (2019)-3D-33):

- TSP (total suspended matter, aerodynamic diameter ≤ 57 µm);
- PM_{10} (particles that are respirable, with aerodynamic diameter of ≤ 10 µm or less);
- $PM_{2.5}$ (particles that penetrate deeper into the lungs, with aerodynamic diameter of ≤ 2.5 µm).

According to EMEP (2019)-3B-6 the main sources of PM emissions from animal husbandry are animal housings. The emissions orginate 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 (2019)-3B-15).

In EMEP (2019) only a Tier 1 methodology is provided for the calculation of PM emissions (EMEP (2019)-3B-15 und EMEP (2019)-3B-19). This methodology does not differentiate between slurry and solid manure systems.

Contrary to that 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:

Gegenstand dieses Kapitels sind Partikelemissionen aus der Tierhaltung. Partikelemissionen aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden werden in Kapitel 11.14 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 (2019)-3D-33):

- TSP (total suspended matter, aerodynamischer Durchmesser ≤ 57 µm);
- PM_{10} (Partikel, die eingeatmet werden können; aerodynamischer Durchmesser ≤ 10 µm);
- $PM_{2.5}$ (Partikel, die tief in die Lunge eindringen können; aerodynamischer Durchmesser ≤ 2.5 µm).

Nach EMEP (2019)-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 (2019)-3B-15).

EMEP (2019) gibt für Partikelemissionen nur ein Tier-1-Rechenverfahren vor (EMEP (2019)-3B-15 und EMEP (2019)-3B-19). Dieses Rechenverfahren differenziert nicht nach Flüssigmist- und Festmistverfahren.

Dagegen wurde in EMEP (2013) in Kapitel 3.3 (“Tier 2 technology-specific approach“) ein Rechenverfahren angegeben, das über den Tier-1-Ansatz hinausgehend bei Rindern und Schweinen eine Differenzierung nach Flüssigmist und Festmistverfahren ermöglicht:

$$E_{\mathrm{PM,i}} = n_{\mathrm{i}} \cdot x_{\mathrm{house,i}} \cdot \beta \cdot [x_{\mathrm{slurry,i}} \cdot EF_{\mathrm{slurry,i}} + (1 - x_{\mathrm{slurry,i}}) \cdot EF_{\mathrm{solid,i}}] \quad \textbf{(3.84)}$$

$E_{PM,\,i}$	TSP, PM_{10} or $PM_{2,5}$ emission for animal category i (in Gg a^{-1})
n_i	number of animal places for animal category i (in pl)
$x_{house,\,i}$	share of time the animals spend in the house (in a a^{-1})
β	mass units conversion factor ($\beta = 10^{-6}$ Gg kg^{-1})
$x_{slurry,\,i}$	share of population kept in slurry based systems (in pl pl^{-1})
$EF_{slurry,\,i}$	emission factor for slurry based system (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{solid,\,i}$	emission factor for solid manure system (in kg pl^{-1} a^{-1})

In spite of providing only a Tier 1 methodology, EMEP (2019) still gives emissions factors for particulate matter emissions that differentiate between slurry and solid manure systems (EMEP (2019)-3B-55 with TSP = ID). Hence, Equation (3.84) is used for cattle in the German emission inventory using those differentiatedemission factors.

However, Equation (3.84) is also used for the other animal categories as for them it simply reduces to the EMEP (2019) Tier 1 approach provided in EMEP (2019)-3B-15. This happens for instance for all animals that are kept only in solid manure systems: Then the parameter x_{slurry} is zero so that no emission factor is needed for slurry systems.

Obwohl EMEP (2019) nur ein Tier-1-Rechenverfahren bereitstellt, werden für Rinder weiterhin Partikelemissionsfaktoren angegeben (EMEP (2019)-3B-55 mit TSP = ID), die die Differenzierung nach Flüssigmist- und Festmistverfahren und damit auch die Verwendung von Gleichung (3.84) im deutschen Inventar für Rinder ermöglichen.

Gleichung (3.84) 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_{slurry} = 0 automatisch auf das Tier-1-Verfahren nach EMEP (2019)-3B-15.

Auch für Schweine reduziert sich Gleichung (3.84)

Other than for cattle EMEP (2019) does not provide differentiated emission factors for slurry and solid manure systems, but only overall Tier 1 emission factors (EMEP (2019)-3B-19, Table 3.5). Equation (3.84) 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 $EF_{slurry, TSP} = EF_{solid, TSP} = EF_{Tier\ 1, TSP}$, 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 (2019), like EMEP (2016) and EMEP (2013), does not quantify the uncertainties of the emission factors. EMEP(2009)-4B-66 ff 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 (2019) 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 the difference between the upper boundary and the mean emission factor is 200 % of the mean emission factor. This means an asymmetric distribution.

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).

auf ein Tier-1-Verfahren, da EMEP (2019) für Schweine anders als bei Rindern keine nach Festmist- und Flüssigmistverfahren differenzierten Partikelemissionsfaktoren bereitstellt. Stattdessen werden nur Tier-1-Emissionsfaktoren angegeben (EMEP (2019)-3B-19, Table 3.5), die unabhängig vom Verfahrenstyp eingesetzt werden (für TSP also $EF_{slurry, TSP} = EF_{solid, TSP} = EF_{Tier\ 1, TSP}$; 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 (2019) macht wie EMEP (2016) UND 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 (2019)-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.

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).

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.

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.

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 fertilizer 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

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

and surface runoff. For the description of methodologies see Chapter 11 and 12.

sich als Folge von Deposition reaktiven Stickstoffs sowie Auswaschung und Oberflächenfluss. Zur Berechnung siehe Kapitel 11 und 12.

3.3.7 Projections for 2025 und 2030 / Projektionen für 2025 und 2030

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 3.9 shows the specific data used for emission calculations for the projection 2030 and 2025. The data is based on the baseline projection of the agro-economic TI institutes for the year 2030 (HAß et al., 2020). The input data for 2030 were converted to the year 2025 by linear interpolation.

For all other data the activity data of the year 2019 are used with the exception of area and yield data horticultural crops, strawberries, cereals for whole plant harvesting, yield data for grassland and the input data for liming. For these data the mean values for the years 2016 to 2018 were used.

The calculations for the projections take account of the changes resulting from the Fertilizer Ordinance (2017) as follows:

Since urea has to be incorporated either within 4 hours or else has to be applied with urease inhibitors, for the projection calculation 2025 and 2030 the NH_3 emission factor for urea was reduced to 30% of the value given in Table 11.3.

Since liquid organic fertilizers must be applied close to the ground on cultivated arable land from 2020 and on grassland from 2025 onwards, the percentages previously pertaining to broadcast application were, for cultivated arable land, redistributed to application with trailing hose, and for grassland redistributed to application with trailing shoe.

For slurry, digested manure, poultry manure and digested energy crops, the percentages previously pertaining to application with incorporation within 4 hours were redistributed to application with incorporation within 1 hour. In addition, it was assumed that in 2025 25 % of the broadcast application and in 2030 75 % of the broadcast application will be replaced by trailing hose application.

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 3.9 zeigt die der Projektionsberechnung für 2030 und 2025 zugrunde liegenden speziellen Eingangsdaten. Sie basieren auf der Baseline-Projektion der agrarökonomischen TI-Institute für 2030 (HAß et al., 2020). Die Eingangsdaten für 2030 wurden mittels linearer Interpolation auf das Jahr 2025 übertragen.

Bei allen anderen Eingangsdaten wurden die Daten von 2019 verwendet. Ausnahme sind die Flächen und Ernteerträge für Gemüse, Erdbeeren und Getreide zur Ganzpflanzenernte, die Erträge für Grünland und die Eingangsdaten für die Kalkung. Für diese wurden die Mittelwerte der Jahre 2016 bis 2018 verwendet.

Die Projektionsrechnungen berücksichtigen wie folgt die Änderungen, die sich durch die Düngeverordnung (2017) ergeben:

Da Harnstoff entweder innerhalb von 4 Stunden eingearbeitet werden muss oder ansonsten mit Ureasehemmern ausgebracht werden muss, wurde für die Projektionsberechnung 2025 und 2030 der NH_3-Emissionsfaktor für Harnstoff auf 30% des Wertes aus Tabelle 11.3 reduziert.

Da flüssige organische Düngemittel auf bestelltem Ackerland ab 2020 und auf Grünland ab 2025 bodennah ausgebracht werden müssen, wurden für die Projektionsberechnungen die Ausbringungsanteile, die bisher auf Breitverteiler entfallen, für bestelltes Ackerland auf Schleppschlauch und für Grünland auf Schleppschuh umverteilt.

Für Gülle, Gärreste und Geflügelmist wurden die Ausbringungsanteile, die auf eine Einarbeitung innerhalb von 4 Stunden entfallen auf eine Einarbeitung innerhalb von 1 Stunde umverteilt. Zusätzlich wurde angenommen, dass in 2025 25 % der Ausbringungsanteile des Breitverteilers und in 2030 75 % der Ausbringungsanteile des Breitverteilers durch Schleppschlauch ersetzt wird.

Table 3.9: Activity data used for the projections for 2030 and 2025

Input parameter	2030 in % of 2019 (rounded)	2025 in % of 2019 (rounded)
number of dairy cows	100.3	101.7
milk yield	112.4	105.8
number of calves	100.9	102.6
number of dairy heifers	98.4	101.9
number of female beef cattle	86.1	89.1
number of male beef cattle	97.0	100.5
number of suckler cows	91.8	96.2
number of mature males > 2 years	99.3	99.3
number of sows	110.5	108.4
Piglets raised per sow	108.8	104.5
number of fattening pigs	95.2	98.8
weight gain of fattening pigs	100.7	100.1
number of weaners	109.1	107.0
number of laying hens	100.7	99.6
number of broilers	104.8	103.0
net broiler meat production	106.9	103.8
number of pullets	93.6	96.1
number of geese	103.5	102.2
number of ducks	103.5	102.2
number of turkeys	103.5	102.2
final weight of female turkeys	103.0	101.9
final weight of male turkeys	103.0	101.9
number of sheep	86.7	92.6
number of horses	104.3	103.8
mineral fertilizer application	123.3[a]	125.3[a]
Dry matter of energy crops to be digested	49.7	69.9
Winter wheat, area	100.6	100.3
Winter wheat, yield	111.1	106.5
Spring wheat, area	229.3	221.2
Spring wheat, yield	122.4	116.7
Rye, area	92.1	89.5
Rye, yield	121.8	112.4
Winter barley, area	97.0	94.9
Winter barley, yield	103.4	100.0
spring barley, area	94.5	98.5
spring barley, yield	111.7	107.8
Oat, area	107.1	104.9
Oat, yield	130.8	122.2
Triticale, area	107.4	107.0
Triticale, yield	104.9	101.0
Grain maize, area	96.0	97.9
Grain maize, yield	129.6	120.9
Maize for silage, area	82.9	88.1
Maize for silage, yield	120.8	115.7
Rape, area	179.9	168.6
Rape, yield	129.9	117.6
Sugar beet, area	98.1	96.6
Sugar beet, yield	110.5	107.3
Potatoes, area	81.9	85.6
Potatoes, yield	116.6	113.3
Grass (fodder production), area	96.8	93.9
Clover, grass clover leys, clover alfalfa mixtures, area	97.0	94.0
Meadows, area	95.1	95.9
Pastures, area	99.1	100.0

[a] the share of the various fertilizer types corresponds to the average share for the years 2017 to 2019

3.4 Input data / Eingangsdaten

The data required for the application of the inventory model Py-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, Py-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 agricultuiral soils and the yieds 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 Py-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 Inventarmodelles Py-GAS-EM erforderlichen Daten umfassen Modellparameter und Emissionsfaktoren einserseits und sogenannte Eingabedaten andererseits. Py-GAS-EM berechnet außer für Böden die Emissionen zunächst auf Kreisebene (Stand der Kreise-Einteilung: 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 Py-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 Offizialstatistiken

Data available from official German statistics are characterised by their editor (Statistisches Bundesamt, StatBA, the respective Statistische Landesämter, StatLA), their technical report series (Fachserie, FS) and their sub-series (Reihe, R) according to the nomenclature of Statistisches Bundesamt (e.g. StatBA FS3 R3.2.1). For details of these sources see the list of references.

Bei Datensätzen aus der deutschen Offizialstatistik 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 FS3 R3.2.1). Details dieser Quellen finden sich in üblicher Weise im Literaturverzeichnis.

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 (Chapter 3.4.2.1). Chapter 3.4.2.2 gives a description of the data finally used in the inventory. Finally, a comparison is made between FAOSTAT animal numbers and German figures (Chapter 3.4.2.3).

Auf die dem Inventar zugrunde liegenden Tierplatzzahlen wird in den nachfolgenden Tierkapiteln (ab Kapitel 4) eingegangen. Im Folgenden wird eine Übersicht über die Datenquellen gegeben (Kapitel 3.4.2.1). Kapitel 3.4.2.2 gibt eine Beschreibung der schließlich im Inventar verwendeten Daten. Abschließend erfolgt ein Vergleich zwischen FAOSTAT-Tierzahlen und deutschen Zahlen (Kapitel 3.4.2.3).

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[18] 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)[19], 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 (StatBA FS3 R4.1). 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). Accoding 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 6.1.1.1

The numbers of goats in Germany were not surveyed between 1977 and 2010. Until 2004, the Federal Minis-

Das Statistische Bundesamt und die Statistischen Landesämter führen Agrarstrukturerhebungen[18] 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)[19] 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 (StatBA FS3 R4.1). 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 6.1.1.1.

Die Anzahl der Ziegen in Deutschland wurde zwischen den Jahren 1977 und 2010 nicht erfasst. Bis 2004

[18] https://www.destatis.de/Migration/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Agrarstrukturerhebung2016/Agrarstrukturerhebung2016.html;jsessionid=EAB8F1AF6D6DD78AC06FA516B912A52D.internet741

[19] https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaft/Landwirtschaftszaehlung2010/Ergebnisse.html

try 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 census (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 numbes 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.

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 (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.

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 esti-

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,

mate 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.

The numbers of dairy cows and male cattle> 2 years are taken directly from the statistics. Until 2007, the number of suckler cows also included the number of slaughter and beef cows (after that this category was no longer recorded separately). The calves in the inventory only include calves up to the age of 4 months. In the statistics, however, calves are recorded up to the age of 8 months (before 2008 up to the age of 6 months). Therefore, the number of animals from the remaining categories from the official statistics had to be converted, which also has an impact on the number of male beef cattle , female beef cattle and the dairy heifers newly introduced in the inventory from submission 2021 (for the definition of dairy heifers and female beef cattle, see 4.5). The total number of other cattle in the inventory always corresponds to the total number of other cattle surveyed.

As of 2013, the cattle numbers reported by the Federal Statistical Office according to various categories (calf, heifers, cow, etc.) also include a breakdown of the total number of cattle into breeds. It also mentions the sum of bison and buffalo. However, it is not possible to break down this sum in such a way that it could be divided between the various categories (calf, heifer, cow, etc.) (SPIELMANNS, Federal Statistical Office, personal communication, 2020). So there is no way to deduct the number of buffalo from the above. For this reason, the buffalo have not been listed as a separate category in the inventory since the 2015 submission (included elsewhere, IE); their emissions are included in the emissions from cattle. To do this, however, it was necessary to find an allocation of the buffalo to the cattle for the years before 2013. The Federal Statistical Office did not publish any buffalo figures for this period; however, the gap between 2000 and 2012 was closed by information from the German Buffalo Association, see Chapter 4.1.1.2. Based on the recommendation in the final report on the 'Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review under the Convention', the time series of the buffalo population at the national level for the years before 2000 was completed by linear extrapolation of the data from 2000 to 2012. (For the years 1990 to 1995 there were mathematically negative buffalo numbers, which were replaced by zeros.) Since there is no information about the structure of the buffalo population for all years up to 2012, all buffalos were added to the cattle category 'suckler cows' for this period. The justification of this procedure is demonstrated in Chapter 4.1.1.2. The errors that may be associated with the above-described consideration of the buffalo in the cattle are assessed as negligible, since the ratio of buffalo to cattle numbers for the entire time series from 1990 onwards lies between zero and less than 0, 1%.

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.

Die Zahlen der Milchkühe und männlichen Rinder > 2 Jahre werden direkt aus der Statistik entnommen. Die Zahl der Mutterkühe enthält bis 2007 auch die Zahl der Schlacht- und Mastkühe (danach wurde diese Kategorie nicht mehr separat erhoben). Die Kälber umfassen im Inventar nur Kälber bis zum Alter von 4 Monaten. In der Statistik werden Kälber aber bis zum Alter von 8 Monaten erfasst (vor 2008 bis zum Alter von 6 Monaten). Daher mussten hier Tierzahlen aus den restlichen Kategorien aus der amtlichen Statistik umgerechechnet werden, was auch Auswirkungen auf die Anzahl der Mastbullen, Schlachtfärsen und der ab Submission 2021 neu eingeführten Milchfärsen im Inventar hat (zur Definition von Milch- und Schlachtfärsen siehe 4.5). Die Gesamtzahl der übrigen Rinder im Inventar entspricht dabei aber immer der Gesamtzahl der erhobenen übrigen Rinder.

Ab Zeitreihenjahr 2013 umfassen die vom Statistischen Bundesamt nach verschiedenen Kategorien (Kalb, Färse, Kuh, etc.) berichteten Rinderzahlen zusätzlich auch eine Aufteilung der Gesamtrinderzahl in Rassen. Darin wird auch die Summe der Bisons und Büffel genannt. Es ist aber nicht möglich, diese Summe so aufzulösen, dass sie auf die verschiedenen Kategorien (Kalb, Färse, Kuh, etc.) aufgeteilt werden könnte (SPIELMANNS, Statistisches Bundesamt, persönliche Mitteilung, 2020). Somit gibt es keine Möglichkeit, die Büffel aus den o. g. Rinderzahlen herauszurechnen. Aus diesem Grund werden die Büffel im Inventar seit Submission 2015 nicht mehr als eigenständige Kategorie geführt (included elsewhere, IE); ihre Emissionen sind in den Emissionen der Rinder enthalten. Dazu war es allerdings erforderlich, auch für die Jahre vor 2013 eine Zuordnung der Büffel zu den Rindern zu finden. Zwar hat das Statistische Bundesamt für diesen Zeitraum keine Büffelzahlen veröffentlicht; die Lücke 2000 bis 2012 konnte aber durch Angaben des Deutschen Büffelverbandes geschlossen werden, siehe Kapitel 4.1.1.2. 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 der Daten der Jahre 2000 bis 2012 vervollständigt. (Für die Jahre 1990 bis 1995 ergaben sich rechnerisch negative Büffelzahlen, die durch Nullen ersetzt wurden.) Da für alle Jahre bis 2012 Informationen über die Struktur der Büffelpopulation fehlen, wurden für diesen Zeitraum alle Büffel der Rinderkategorie „Mutterkühe" zugeschlagen. Die Berechtigung dieses Vorgehens wird in Kapitel 4.1.1.2, nachgewiesen. Die Fehler, die mit der vorstehend beschriebenen Berücksichtigung der Büffel bei den Rindern möglicherweise verbundenen sind, werden als vernachlässigbar eingeschätzt, da das Verhältnis von Büffel- zu Rinderzahlen für die gesamte Zeitreihe ab

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^{-1}, and for young pigs and fattening pigs weighing at least 20 kg animal^{-1}, 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 6.1.1.1.

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 l linear interpolation. The animal numbers for 2017 through 2019 were estimated by extrapolating the trend between 2013 and 2016.

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 assocation for mules and asses – IGEM)(personal communication, B. SCHMUTZ, 28 Sept 2009) 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 animal numbers for 2017 through 2019 were estimated by extrapolating the trend between 2013 and 2016.

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

1990 zwischen null und einer Größenordnung von kleiner 0,1 % liegt.

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^{-1} sowie Jung- und Mastschweine ab 20 kg Tier^{-1} 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 6.1.1.1).

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 Tierzahlen für 2017 bis 2019 wurden durch Extrapolation des Trends zwischen 2013 und 2016 geschätzt.

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) (persönliche Mitteilung, B. SCHMUTZ, 28.09.2009) 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 Tierzahlen für 2017 bis 2019 wurden durch Extrapolation des Trends zwischen 2013 und 2016 geschätzt.

Junghennen wurden bis 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

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. For 2017 through 2019, the 2016 figures have been maintained, as extrapolation of trends between 2013 and 2016 would have led, at least in part, to implausible (partly negative) animal numbers as of 2017. For laying hens, the figures for 2017 through 2019 were estimated on the basis of the 2016 figures and the trends of the data published by the Federal Statistical Office on numbers of housing places (StatBA, FS 3, R 4.2.3).

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 3.10 shows the data gaps left by official animal number since 1990 and names the methods used for data gaps closure.

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 Haltungspraxis erhoben wurden.

Für alle Geflügelkategorien wurden die Lücken in den Tierzahlzeitreihen durch lineare Interpolation geschlossen. Außer bei den Legehennen wurden für 2017 bis 2019 die Werte von 2016 beibehalten, weil eine Extrapolation der Trends zwischen 2013 und 2016 in manchen Fällen zu unplausibel hohen oder niedrigen (teilweise negativen) Tierzahlen ab 2017 geführt hätte. Bei Legehennen wurden die Zahlen für 2017 bis 2019 auf Grundlage der 2016er Zahlen und der Trends der vom Statistischen Bundesamt veröffentlichten Zahlen der Haltungsplätze (StatBA, FS 3, R 4.2.3) geschätzt.

Die offiziell erhobenen Putenzahlen wurden im Inventar zur Berücksichtigung unterschiedlichen Emissionsverhaltens für alle Jahre seit 1990 in Hähne und Hennen aufgeteilt.

Table 3.10 zeigt die Datenlücken, die ab 1990 bei den offiziellen Zählungen entstanden, sowie die zu ihrer Schließung verwendeten Methoden.

Table 3.10: 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				
1999	3 May	3 May	3 May	
2000			interpolation	
2001			3 May	
2002			interpolation	
2003			3 May	
2004			interpolation	
2005			3 May	annual estimates by Federal Statistical Office
2006			interpolation	
2007			3 May	
2008			interpolation	
2009				
2010		1 March (numbers corrected)	1 March	1 March
2011	3 Nov	3 Nov (numbers corrected)	interpolation	interpolation
2012				
2013			1 March	1 March
2014			interpolation	interpolation
2015				
2016			1 March	1 March
2017			extrapolation	extrapolation
2018			extrapolation	extrapolation
2019			extrapolation	extrapolation

Table 3.11 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“).

In Table 3.11 finden sich die resultierenden nationalen Tierplatzzahlen. Die Zahlen der Unterkategorien bei den übrigen Rindern, den Schweinen und beim Geflügel finden sich in der beiliegenden Datensammlung (siehe Kapitel 2.4) auf dem Tabellenblatt „AC_1005“.

Table 3.11: 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	10,842	22,618	2,999	90	539	103,662
1993	5,301	10,596	22,238	3,001	92	573	106,805
1994	5,273	10,689	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	10,131	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	4,372	9,273	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
2017	4,199	8,082	22,921	1,863	142	436	174,163
2018	4,101	7,848	22,019	1,846	145	429	175,200
2019	4,012	7,628	21,596	1,814	147	423	175,540

3.4.2.3 *Comparison with livestock-population figures of the FAO / Vergleich mit Tierzahlen der FAO*

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) publishes worldwide animal numbers in its internet database FAOSTAT[20]. The German data in FAOSTAT basically come from the Federal Statistical Office in Germany, the data source that is also the basis for the German inventory. However, for cattle, pigs, sheep, goats, horses and poultry, the comparison of FAOSTAT data (looked up 28 August 2020: time series 1990 - 2018) and the data used in the 2021 submission shows numerous deviations: between 1990 and 2018 only about 14 % of the FAOSTAT data is consistent with the German data (even though animal numbers rounded to 100 animals are taken into account).

The main reasons for the sometimes big differences between FAOSTAT and the German data are mainly entries in FAOSTAT under false years and an seemingly unsystematic FAOSTAT approach to the closure of data gaps.

Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) veröffentlicht weltweite Tierzahlen in ihrer Internetdatenbank FAOSTAT[20]. Die deutschen Daten in FAOSTAT stammen grundsätzlich vom Statistischen Bundesamt in Deutschland, der Datenquelle, die auch Grundlage für das deutsche Inventar ist. Dennoch ergibt für Rinder, Schweine, Schafe, Ziegen, Pferde und Geflügel der Vergleich der Daten von FAOSTAT (Stand 28.08.2020: Zeitreihe 1990 - 2018) und der in Submission 2021 verwendeten Daten zahlreiche Abweichungen: Zwischen 1990 und 2018 stimmen nur rund 14 % der FAOSTAT-Angaben mit den deutschen Daten überein (wenn dabei auch auf ganze 100 Tiere gerundete Zahlen berücksichtigt werden).

Hauptgründe für die zum Teil großen Unterschiede zwischen FAOSTAT und den deutschen Daten sind vor allem Einträge in FAOSTAT unter falschen Jahren und eine unsystematisch erscheinende Vorgehensweise von

[20] FAOSTAT http://faostat3.fao.org

In the following the main findings of the data comparison are listed.

Cattle (including buffalo): The FAOSTAT animal numbers only agree with the official German data in the years 2014 - 2018. Before the year 2000, the FAOSTAT figures are shifted by one year compared to the German figures. For example, the German cattle number of 1998 is found in FAOSTAT under 1999. In the years 2011 - 2013 FAOSTAT contains the data of the May census, while the inventory uses the data of the November census as required by EU regulations (see Chapter 3.4.2.1).

Pigs: The FAOSTAT numbers of pigs are generally not to be compared with the number of pigs in the inventory, because in the inventory, for methodological reasons, the number of suckling piglets (i. e. piglets weighing less than 8 kg) is subtracted, see Chapter 3.4.2.2. If one compares the FAOSTAT numbers with the pig numbers of the Federal Statistical Office before deduction of the suckling pigs, then, as with the cattle in the FAOSTAT numbers before 2000, there is a misalignment of one year. Except for the years 2011-2013, when the FAOSTAT numbers are the numbers of the May census (while the inventory uses data from the November census according to EU regulations, see Chapter 3.4.2.1), there is high agreement between the animal numbers; however, a match can be found only for the years 2001 - 2003 and 2007 – 2009 (taking into account the rounding to 100 animals).

Sheep: In the years 1991, 1993 - 2000 and 2005 - 2009 the FAOSTAT figures are very similar to the data of the German Federal Statistical Office; however, a match is only available for the years 2007 – 2009 (taking into account the rounding to 100 animals). In the years 1990 – 1992, 1993 and 2001 - 2004 there are, to some extent, larger deviations that can not be explained with available information. As of 2010, a comparison of the two time series is not possible, as the officially revised sheep numbers are corrected in the inventory (see Chapter 6.1.1.1).

Goats: The FAOSTAT goat numbers are offset by one year compared to the German figures for the years 1991 – 2002. For example, the FAOSTAT goat number of 1991 reflects the German goat number of 1990. For the years 1990, 2003, 2005, 2007, 2008, 2013 and 2016, the FAOSTAT figures are in line with the German figures. In the intervening years, when Germany did not collect or estimate any data, FAOSTAT states data which must be estimated, even though FAOSTAT says it is official data. These estimates are particularly implausible as of 2011, as they run counter to the trends estimated by linear interpolation between the years of known goat numbers.

FAOSTAT bei der Schließung von Datenlücken. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse des Datenvergleichs aufgelistet.

Rinder (incl. Büffel): Die FAOSTAT-Tierzahlen stimmen nur in den Jahren 2014 – 2018 mit den offiziellen deutschen Daten überein. Vor dem Jahr 2000 sind die FAOSTAT-Zahlen um ein Jahr verschoben gegenüber den deutschen Zahlen. So steht z. B. in FAOSTAT unter 1999 die deutsche Rinderzahl von 1998. In den Jahren 2011 – 2013 enthält FAOSTAT die Daten der Mai-Zählung, während das Inventar aufgrund einer EU-Vorgabe (siehe Kapitel 3.4.2.1) die Daten der November-Zählung verwendet.

Schweine: Die FAOSTAT-Schweinezahlen sind generell nicht mit den Schweinezahlen im Inventar zu vergleichen, da im Inventar aus methodischen Gründen die Zahl der Ferkel mit einem Gewicht kleiner aus 8 kg abgezogen wird (siehe Kapitel 3.4.2.2). Vergleicht man die FAOSTAT-Zahlen daher mit den Schweinezahlen des Statistischen Bundesamtes *vor Abzug* der Saugferkel, so findet sich wie bei den Rindern in den FAOSTAT-Zahlen vor 2000 eine fehlerhafte Verschiebung um ein Jahr. Mit Ausnahme der Jahre 2011 – 2013, in denen die FAOSTAT-Zahlen der Mai-Zählung entsprechen, während das Inventar aufgrund einer EU-Vorgabe (siehe Kapitel 3.4.2.1) mit den Daten der November-Zählung rechnet, besteht eine große Ähnlichkeit zwischen den Tierzahlzeitreihen; eine Übereinstimmung (unter Berücksichtigung der Rundung auf 100 Tierplätze) liegt aber nur für die Jahre 2001 – 2003 und 2007 – 2009 vor.

Schafe: In den Jahren 1991, 1993 – 2000 und 2005 - 2009 sind die FAOSTAT-Zahlen den Daten des deutschen Statistischen Bundesamtes sehr ähnlich; eine Übereinstimmung (unter Berücksichtigung der Rundung auf 100 Tierplätze) liegt aber nur für die Jahre 2007 – 2009 vor. In den Jahren 1990 – 1992, 1993 sowie 2001 – 2004 gibt es z. T. größere Abweichungen, die mit vorliegenden Informationen nicht erklärbar sind. Ab 2010 ist ein Vergleich der beiden Zeitreihen nicht möglich, da im Inventar die offiziell erhobenen Schafzahlen korrigiert werden (siehe Kapitel 6.1.1.1).

Ziegen: Die FAOSTAT-Ziegenzahlen sind für die Jahre 1991 – 2002 gegenüber den deutschen Zahlen um ein Jahr versetzt. So gibt z. B. die FAOSTAT-Ziegenzahl 1991 die deutsche Ziegenzahl von 1990 wieder. Für die Jahre 1990, 2003, 2005, 2007, 2008, 2013 und 2016 stimmen die FAOSTAT-Zahlen mit den deutschen Zahlen überein. In den Jahren dazwischen, in denen Deutschland keine Daten erhoben bzw. geschätzt hat, gibt FAOSTAT Daten an, die ihrerseits geschätzt sein müssen, obwohl es sich laut FAOSTAT um offizielle Daten handelt soll. Insbesondere ab 2011 sind diese Schätzungen unplausibel, da sie den durch lineare Interpolation zwischen den Stützjahren geschätzen Trends zuwider laufen.

Horses (including asses and mules): The FAOSTAT figures before 2010 are the pure horse numbers without asses and mules. The inventory numbers, on the other hand, also include asses and mules. Subtracting, for a comparison of FAOSTAT and inventory numbers, the asses and mules (see chapter 3.4.2.2) from the inventory numbers, one finds that the FAOSTAT numbers are shifted by one year compared to the German figures. In addition, as a rule, the level of the animal numbers differs. From 2005, there is a correspondence between FAOSTAT and the German data only for the years 2013 and 2016. In the years between 2005 and 2016, in which Germany did not collect data, the FAOSTAT estimates show, as with goats, an implausible time course.

Poultry: In almost all years with animal counts, poultry numbers are largely consistent between FAOSTAT and German data (1994, 1999, 2003, 2005, 2007, 2010, 2013 and 2016). The animal counts of 1990, 1996 and 2001 appear in FAOSTAT under 1991, 1997 and 2002, respectively. The closure of data gaps in FAOSTAT from 2010 onwards is as implausible as with goats and horses, yielding an erratic time course from 2010 onwards.

Pferde (incl. Esel und Maultiere): Die FAOSTAT-Zahlen vor 2010 geben nur Pferdezahlen ohne Esel und Maultiere wieder. Die Inventarzahlen beinhalten dagegen auch Esel und Maultiere. Subtrahiert man daher für einen Vergleich von FAOSTAT und Inventarzahlen von letzteren die Zahlen von Eseln und Maultieren (siehe Kapitel 3.4.2.2), so ergibt sich, dass die FAOSTAT-Zahlen den deutschen Zahlen bis zum Jahr 2004 um ein Jahr hinterherlaufen. Dabei unterscheidet sich i. d. R. auch die Höhe der Tierzahlen. Ab 2005 gibt es eine Übereinstimmung zwischen FAOSTAT und den deutschen Daten nur für die Jahre 2013 und 2016. In den Jahren zwischen 2005 und 2016, in den Deutschland keine Daten erhoben hat, zeigen die FAOSTAT-Schätzungen wie bei den Ziegen einen unplausiblen zeitlichen Verlauf.

Geflügel: In fast allen Jahren mit Tierzählungen stimmen die Geflügelzahlen weitgehend überein zwischen FAOSTAT und deutschen Daten (1994, 1999, 2003, 2005, 2007, 2010, 2013 und 2016). Die Ergebnisse der Zählungen der Jahre 1990, 1996 und 2001 erscheinen in FAOSTAT in den Jahren 1991, 1997 und 2002. Die Schließung der Datenlücken ab 2010 in FAOSTAT ist ähnlich unplausibel wie bei Ziegen und Pferden, woraus sich ein erratischer Zeitverlauf ab 2010 ergibt.

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 ditestates from anaerobic digestion of animal manures. Also the grazing times, where needed, 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, as far as corresponding data are available.

These data were estimated, at district level, for the years 1990 to 1999 for cattle, pigs and laying hens using mainly the agricultural sector model RAUMIS and interviews with experts at district level. For horses, sheep, goats and poultry without laying hens nationwide uniform assumptions were made. For details see Chapter 3.4.3.1.

For the years 2010 and 2015, official statistical surveys were carried out, where, however, not all the data required in the inventory was covered. The results of these surveys, which were provided by the Federal Statistical Office, are described in Chapter 3.4.3.2 for 2010 and in Chapter 3.4.3.3 for 2015.

Chapter 3.4.3.4 describes the closure of the data gaps in the times series, i. e. for the years 2000 - 2009, 2011 - 2014 and 2016 and 2017.

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

In Deutschland gibt es je nach Tierkategorie unterschiedliche Haltungsformen und verschiedene Techniken und Vorgehensweisen zur Lagerung und Ausbringung und Einarbeitung von Wirtschaftsdünger und Wirtschaftsdünger-Gärresten. Auch die Weidedauern, wo benötigt, unterscheiden sich. Das unterschiedliche Emissionsverhalten dieser Systeme und Techniken sowie ihre unterschiedliche Verbreitung in Deutschland werden in den Inventarberechnungen berücksichtigt, soweit entsprechende Daten verfügbar sind.

Diese Daten wurden für die Jahre 1990 bis 1999 für Rinder, Schweine und Legehennen im Wesentlichen mithilfe des Agrarsektormodells RAUMIS und von Expertenbefragungen auf Kreisebene geschätzt. Für Pferde, Schafe, Ziegen und Geflügel ohne Legehennen wurden bundesweit einheitliche Annahmen getroffen. Zu Details siehe Kapitel 3.4.3.1.

Für die Jahre 2010 und 2015 fanden offizielle statistische Erhebungen statt, wobei allerdings nicht alle im Inventar benötigten Daten erfasst wurden. Die Ergebnisse dieser Erhebungen, die durch das Statistische Bundesamt bereitgestellt wurden, werden in Kapitel 3.4.3.2 für 2010 und in Kapitel 3.4.3.3 für 2015 beschrieben.

Kapitel 3.4.3.4 geht auf die Schließung der zeitlichen Datenlücken (2000 – 2009, 2011 – 2014 sowie 2016 und 2017) ein.

Die Zeitreihen der im aktuellen Inventar schließlich verwendeten Daten finden sich als Mittelwerte für Deutschland in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4)

Chapter 2.4) on the sheets AI_1005FHO, AI_1005FST and AI_1005FSP. See also the note at the end of Chapter 3.4.3.4.

auf den Tabellenblättern AI_1005FHO, AI_1005FST und AI_1005FSP. Siehe dazu auch die 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) 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 Py-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 into 11 model regions, each with the most uniform possible agricultural structure. In these model regions expert surveys were carried out in 13 representative districts.

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 federal states (former GDR) 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

Für Rinder, Schweine und Legehennen wurden für die Jahre 1990 - 1999 die Daten zu den Häufigkeitsverteilungen für Haltungsformen (Anteile Weidehaltung / Stallhaltung; Anteile von Aufstallungsformen), Lagerungsformen 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 Py-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 möglichst einheitlicher 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 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 ange-

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.
- 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.

For sake of simplicity, 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 modelling, 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.

nommen: 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 Haltungs- und Lagerungssystem angenommen (Festmist). Dies gilt auch für die Lagerung bei Legehennen. Die Häufigkeiten der Legehennen-Haltungsformen werden im jährlichen Rhythmus vom Statistischen Bundesamt bereitgestellt, siehe Kapitel 8.3.2.
- 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 vereinfachend 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 Agrarstrukturerhebung 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 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[21] („Landwirtschaftszählung 2010“) and of the simul-

Die Häufigkeitsverteilungen von Haltungs-, Lager- und Ausbringungsverfahren wurden für 2010 im Rahmen der vom Statistischen Bundesamt durchgeführten „Landwirtschaftszählung 2010“ [21] und der parallel dazu

[21] https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaft/Landwirtschaftszaehlung2010/

taneous survey of agricultural production methods as well as the 2011 survey on manure application practices ("Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung")[22]. Census and both surveys were carried out by the Federal Statistical Office. For sake of simplicity, 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 decribed 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 meaningfull in view of the uncertainties involved.

For the same reason, separate evaluations were not performed for the single city states. Instead, Bremen was treated like Niedersachsen, Berlin like Brandenburg, and Hamburg like Schleswig-Holstein.

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.

durchgeführten „Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden" sowie der „Erhebung über Wirtschaftsdüngerausbringung im Kalenderjahr 2010 für die Emissionsberichterstattung" [22] erhoben. Diese Daten werden im vorliegenden Bericht der Einfachheit halber 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.

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.

3.4.3.2.1 *Housing systems, cattle / Haltungsverfahren, Rinder*

Statistisches Bundesamt provided frequency distributions of housing systems for dairy cows, heifers, suckler cows, male cattle > 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 male cattle > 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

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

Ergebnisse.html

[22] https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/LandForstwirtschaftFischerei/Produktionsmethoden/ Produktionsmethoden.html

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 the 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). For RAUMIS see Chapter 3.4.3.1.

Concerning the N_2O emission factor for "deep bedding", IPCC (2006) -10.63 differentiates between two variants: "No mixing" and "active mixing". For Germany, according to an expert judgment by KTBL (Brigitte Eurich-Menden et al., 22 September 2016), "no mixing" applies, since mixing is not wanted and it does not make economic sense. The excretions of the animals and daily adding of bedding material form a constantly growing manure mattress that is compacted by the animals‘ feet and removed by the farmer only after the animals have eventually been removed, i. e. after months.

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). Zu RAUMIS siehe Kapitel 3.4.3.1.

Bzgl. des N_2O-Emissionsfaktors für „Tiefstreu“ unterscheidet IPCC (2006)-10.63 zwei Varianten: „No mixing“ und „active mixing“. Für Deutschland trifft nach einem Expertenurteil von KTBL (Brigitte Eurich-Menden et al., 22.09.2016) „no mixing“ zu, da eine Durchmischung nicht gewollt und arbeitswirtschaftlich nicht sinnvoll ist. Die durch Kot und tägliche Zugabe von Einstreu ständige wachsende Mistmatratze wird durch die Tiere festgetreten und erst nach Ausstallung der Tiere, d. h. nach Monaten, durch den Landwirt entfernt.

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 flatted 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.

Das Statistische Bundesamt stellte für die Tierkategorien Zuchtsauen und übrige Schweine inklusive Ferkel Daten über 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 wärmegedämmten Stall interpretiert.

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.

Concerning the N_2O emission factor for "deep bedding", IPCC (2006) -10.63 differentiates between two variants: "No mixing" and "active mixing". For Germany, according to an expert judgment by KTBL (Brigitte Eurich-Menden et al., 22 September 2016), "no mixing" applies, since mixing is not wanted and it does not make economic sense. The excretions of the animals and daily adding of bedding material form a constantly growing manure mattress that is compacted by the animals‘ feet and is removed by the farmer only after the animals have eventually been removed, i. e. after months.

Die Kategorie „Freiland“ ist mangels Emissionsfaktor im Inventar nicht abbildbar. Auf Bundesebene liegt ihr Anteil nach den gelieferten Zahlen des Statistischen Bundesamtes bei 0 %; in den wenigen Bundesländern, 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 wärmegedämmt 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.

Bzgl. des N_2O-Emissionsfaktors für „Tiefstreu“ unterscheidet IPCC (2006)-10.63 zwei Varianten: „No mixing“ und „active mixing“. Für Deutschland trifft nach einem Expertenurteil von KTBL (Brigitte Eurich-Menden et al., 22.09.2016) „no mixing“ zu, da eine Durchmischung nicht gewollt und arbeitswirtschaftlich nicht sinnvoll ist. Die durch Kot und tägliche Zugabe von Einstreu ständige wachsende Mistmatratze wird durch die Tiere festgetreten und erst nach Ausstallung der Tiere, d. h. nach Monaten, durch den Landwirt entfernt.

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 frac-

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

tion cannot be neglected. The 1999 frequency distributions (last data set provided by RAUMIS; for RAUMIS see Chapter 3.4.3.1), 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 theses 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.

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 (zu RAUMIS siehe Kapitel 3.4.3.1). 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;
- **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

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 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

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.

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.

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, male cattle > 2 years and calves.

Of these, the data for calves are not used in the inventory, as the category described by Statistisches Bundes-amt (calves younger than 8 months) differs from that used in the inventory (calves younger than 4 months). For calves younger then 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 male cattle > 2 years. Therefore “no grazing” had been assumed for these subcategories. In the present submission, the data provided for 2010 are used for the entire time series 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, Niedersach-

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 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

sen 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.

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 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 NH_3 emission factor (emission factor for injection techniques).

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:

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 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 einzigen 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:

- 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 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.

- 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 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.

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 and 2017. 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 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

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 die Jahre 2016 und 2017. 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 am Ende dieses Kapitels.

Die Häufigkeiten der Haltungs- und Lagersysteme von 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. 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

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 Agrarministerkonfernz (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 and 2017, the data from 2015 is maintained.

For the application of liquid digestates from anaerobic digestion 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 and 2017, the data from 2015 is maintained.

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 and 2017, the data from 2015 is maintained.

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;
- 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.

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 2016 und 2017 wurden die Daten von 2015 beibehalten.

Für die Ausbringung von flüssigen Gäresten 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 2016 und 2017 wurden die Daten von 2015 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 2016 und 2017 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;
- 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 Annahmenen zu den RAUMIS-Daten.

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.

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 (2020a) using data especially of the DBFZ (German Biomass Research Center). For the respecttive references see KTBL (2020a):

- Register of the biogas plants known in Germany by 31 December 2016, 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 2017 and differentiated for each federal state from 2004 to 2017;
- Time series of N excretion of cattle, pigs and poultry for each federal state from 1990 to 2017 (calculated with the inventory model Py-GAS-EM).

Die Zeitreihen der Aktivitätsdaten wurden durch KTBL (2020a) unter Verwendung von Daten insbesondere des DBFZ bereitgestellt (zu Quellenangaben siehe KTBL, 2020a):

- Register mit den zum 31. Dezember 2016 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 2017 für Deutschland und von 2004 bis 2017 nach Bundesländern;
- Zeitreihendaten zu N-Ausscheidungen von Rindern, Schweinen und Geflügel differenziert nach Bundesländern für 1990 bis 2017 (berechnet mit dem Inventarmodell Py-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 Gärrestlager*

Cattle slurry, cattle farmyard manure, pig surry and poultry manure were considered for anaerobic digestion. Data for pig farmyard manure were too unreliable due to its low occurrence.

Table 3.12 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 (2020a). For the data used by KTBL (2020a) see Chapter 3.4.4.1. The inventory model Py-GAS-EM used the time series on federal-state level. The data are percentages of N entering storage (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

Bei der Vergärung von Wirtschaftsdünger wurden Rindergülle, Rindermist, Schweinegülle und Geflügelmist berücksichtigt. Für Schweinmist war wegen des geringen Aufkommens die Datenlage zu unsicher.

Table 3.12 zeigt als Mittelwerte auf Deutschlandebene die von KTBL (2020a) für die einzelnen Bundesländer abgeleiteten Anteile der verschiedenen Wirtschaftsdüngerkategorien, die der Vergärung zugeführt wurden. Zu den Ausgangsdaten siehe Kapitel 3.4.4.1. Das Inventarmodell Py-GAS-EM verwendete die Daten auf Bundeslandebene. Die Daten stellen Prozente der ins Lager 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 Inven-

calculated routinely in the inventory (see Chapters 3.3.3.1, 4, 5 and 8).

The data in Table 3.12 represent ratios of amounts of animal manures. Both for nominator and denominator KTBL (2020a) 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 3.12.

Table 3.13 shows, by analogy to Table 3.12, 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 (2020a). The inventory model Py-GAS-EM used the time series on federal-state level. Due to limited data it was differentiated between different substrate categories cattle slurry, cattle farmyard manure, pig slurry and poultry manure. (Only for energy crops a separate time series was derived, 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 subsequent years. The shares given in Table 3.13 were interpreted as shares of N and VS.

tar routinemäßig berechnet (siehe Kapitel 3.3.3.1, 4, 5 und 8).

Die Daten in Table 3.12 stellen Quotienten von Wirtschaftsdüngermengen dar. Sowohl für Nenner als auch Zähler schätzt KTBL (2020a) die Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) mit 10 %. Daraus resultiert für die Daten in Table 3.12 eine Gesamtunsicherheit von $(0{,}01^2 + 0{,}01^2)^{1/2} \approx 0{,}14$, entsprechend rund 14 %.

Table 3.13 zeigt in einer Darstellung analog zu Table 3.12 Mittelwerte auf Deutschlandebene für die von KTBL (2020a) 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 Py-GAS-EM verwendete die Daten auf Bundeslandebene. Eine Differenzierung nach den Substratkategorien Rindergülle, Rindermist, Schweinegülle und Geflügelmist wurde wegen der begrenzten Datenbasis nicht vorgenommen. (Lediglich für Energiepflanzen wurde eine separate Zeitreihe erstellt, 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 für alle Jahre ab 2013 aktualisiert. Die Daten in Table 3.13 wurden auch für die ins Lager gehenden VS-Mengen übernommen.

Table 3.12: Digestion of manures, percentages of animal manures used as feedstock

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
total (weighted mean)	0.003	0.010	0.013	0.017	0.021	0.051	0.084	0.109	0.242	0.278
cattle slurry	0.005	0.014	0.019	0.025	0.027	0.066	0.110	0.144	0.324	0.374
cattle solid manure	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.015	0.025	0.032	0.075	0.084
pig slurry	0.003	0.009	0.012	0.016	0.019	0.048	0.078	0.097	0.202	0.234
poultry manure	0.004	0.010	0.015	0.019	0.023	0.056	0.091	0.114	0.251	0.288
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
total (weighted mean)	0.44	0.62	0.91	1.09	1.44	3,01	4.54	6.44	7.72	9.72
cattle slurry	0.60	0.85	1.27	1.53	2.06	4.10	6.52	9.49	11.46	14.60
cattle solid manure	0.13	0.18	0.27	0.32	0.42	0.93	1.36	1.79	2.06	2.57
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	0.85	1.00	1.26	3.22	4.36	5.37	6.21	7.86
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
total (weighted mean)	12.1	14.7	15.8	17.6	18.2	18.8	18.7	19.0	18.6	18.7
cattle slurry	18.2	22.4	24.1	26.8	27.8	28.3	28.2	28.8	28.2	28.3
cattle solid manure	3.2	4.0	4.4	4.7	4.9	5.0	5.1	5.2	5.1	5.1
pig slurry	10.3	12.2	13.0	14.8	15.2	16.2	16.1	16.1	16.0	16.2
poultry manure	9.8	10.9	11.3	12.8	13.0	13.5	13.4	13.1	12.4	12.4

Table 3.13: 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**	**2017**	**2018**	**2019**
gas tight	40.6	45.6	57.0	59.1	60.9	61.6	61.9	61.8	62.2	62.2
not gas tight	59.4	54.4	43.0	40.9	39.1	38.4	38.1	38.2	37.8	37.8

Emissions arising in connection with the application of digestates from the anaerobic digestion 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_4 emission calculations / Daten für CH_4-Emissionsberechnung*

The calculation of CH_4 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_o, and the CH_4 density ρ_{CH4}. 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_o see Chapter 4 and 5. According to IPCC (2006)-10.41, Eq. 10.23, a CH_4 density ρ_{CH4} of 0.67 kg m^{-3} is used.

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_4 emissions requires the following additional data which will subsequently be discussed in more detail:

- Methane conversion factor of pre-storage (MCF_{ps}),
- leakage rate of the digester (L_{dig}),
- relative potential of residual gas (μ_{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 German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2017, § 12 Absatz 2) states that 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 be 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 pre-storage MCF: MCF_{ps} = 0.017 m^3 m^{-3} for cattle slurry and MCF_{ps} = 0.025 m^3 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 m^3 m^{-3}. (Digestion of pig farmyard manure is not considered, see Chapter 3.3.4.4).

Zur Berechnung von CH_4-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_4-Bildungskapazität B_o sowie die CH_4-Dichte ρ_{CH4} benötigt. Die hier benötigten VS-Ausscheidungenvon Rindern, Schweinen und Geflügel werden routinemäßig berechnet (siehe Kapitel 3.3.3.1, 4, 5 und 8). Zu B_o siehe Kapitel 4 und 5. Die CH_4-Dichte ρ_{CH4} wird nach IPCC (2006)-10.41, Gl. 10.23, mit 0,67 kg m^{-3} angesetzt.

Neben dem Anteil des vergorenen Wirtschaftsdüngers und der Häufigkeit gasdichter Gärrestlager (siehe Kapitel 3.4.4.2.1), werden für Berechnung von CH_4-Emissionen zusätzlich folgende Eingangsgrößen benötigt, auf die im Anschluss näher eingegangen wird:

- Vorlager-Methanumwandlungsfaktor (MCF_{ps}).
- Leckagerate des Fermenters (L_{dig}),
- relatives Restgaspotential (μ_{rg}),
- Leckagerate des gasdichten Gärrestlagers ($L_{sto, gt}$),
- Methanumwandlungsfaktor des nicht gasdichten Gärrestlagers (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 schreibt die deutsche Düngeverordnung eine Mindestlagerkapazität für Gülle von 6 Monaten vor (DÜNGEVERORDNUNG, 2017, § 12 Absatz 2). 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 % gerundet, womit sich folgende Vorlager-MCF-Werte ergeben: MCF_{ps} = 0,017 m^3 m^{-3} für Rindergülle und MCF_{ps} = 0,025 m^3 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 m^3 m^{-3}. (Die Vergärung von Schweinemist wird nicht berücksichtigt, siehe Kapitel 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 m^3 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 m^3 m^{-3}. This value is adopted for all poultry manure that is digested.

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 m^3 m^{-3} an. Daraus resultiert für das Vorlager MCF_{ps} = 0,0015 m^3 m^{-3}. Dieser Wert wird für den gesamten zu vergärenden Geflügelkot übernommen.

For the leakage rate of the digester (L_{dig}), KTBL (2020a) 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 pulished a study that, too, is based on a leakage rate of 1 % (UBA, 2016a).

Für die Leckagerate des Fermenters (L_{dig}) wird nach KTBL (2020a) ein einheitlicher Wert von 1 % verwendet, 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).

The residual gas potential, i.e. the difference B_o - $\upsilon_{CH4,\,prod}$, is represented as a proportion μ_{rg} of the maximum possible methane yield B_o in the inventory method, see chapter 3.3.4.4.1), equation (3.65):

Das Restgaspotential, d. h. die Differenz B_o - $\upsilon_{CH4,\,prod}$, wird in der Inventarmethodik als Anteil μ_{rg} der maximal möglichen Methanausbeute B_o dargestellt, siehe Kapitel 3.3.4.4.1), Gleichung (3.65):

$$\mu_{rg} = \frac{B_o - \upsilon_{CH4,\,prod}}{B_o} \qquad \textbf{(3.85)}$$

μ_{rg}	relative potential of residual gas, related to B_o (with $0 \leq \mu_{rg} \leq 1$ m^3 m^{-3})
B_o	maximum methane producing capacity per kg of VS (in m^3 kg^{-1})
$\upsilon_{CH4,\,prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in m^3 kg^{-1})

Data on μ_{rg} are not known because the residual gas potential in measurement campaigns (cf. BMP II, 2009; BMP III, 2020) is not given in relation to B_o, but rather in relation to the usable methane yield (methane produced minus losses via leakage and flaring):

Daten zu μ_{rg} sind nicht bekannt, weil das Restgaspotential bei Messkampagnien (vgl. BMP II, 2009; BMP III , 2020) nicht im Verhältnis zu B_o angegeben wird, sondern im Verhältnis zum nutzbaren Methanertrag (produzierte Methanmenge abzgl. der Verluste durch Leckage und Abfackeln):

$$\nu_{rg} = \frac{B_o - \upsilon_{CH4,\,prod}}{\upsilon_{CH4,\,used}} = \frac{B_o - \upsilon_{CH4,\,prod}}{\upsilon_{CH4,\,prod} - \upsilon_{CH4,\,losses}} \qquad \textbf{(3.86)}$$

ν_{rg}	relative potential of residual gas, related to $\upsilon_{CH4,\,used}$ (in m^3 m^{-3})
B_o	maximum methane producing capacity per kg of VS (in m^3 kg^{-1})
$\upsilon_{CH4,\,prod}$	specific volume of methane produced in the digester (related to VS input) (in m^3 kg^{-1})
$\upsilon_{CH4,\,used}$	specific volume of methane retrieved from the digester as usable methane, e. g. for energy production (related to VS input) (in m^3 kg^{-1})
$\upsilon_{CH4,\,losses}$	specific volume of losses from the digester by leakage and flaring (related to VS input) (in m^3 kg^{-1})

The potential of residual gas is, among other things, a function of digester temperature and duration of anaerobic digestion. In Germany mesophilic digestion[23] is predominant, which comes with a temperature range of about 30 – 42 °C.

KTBL (2020a) derives ν_{rg} = 0.048 m^3 m^{-3} from measurement data reported in the literature for a digestion temperature of 37 ° C and a residence time of 78 days. This value is used as a basis for the inventory calcula-

Das Restgaspotential ist u. a. eine Funktion der Gärtemperatur und der Verweildauer des Substrats im Fermenter. Die in Deutschland vorherrschende mesophile Vergärung[23] erfolgt in einem Bereich von ca. 30 – 42 °C. KTBL (2020a) leitet aus Messdaten, die in der Literatur berichtet werden, für eine Gärtemperatur von 37°C und eine Verweildauer von 78 Tagen ν_{rg} = 0,048 m^3 m^{-3} ab. Dieser Wert wird den Inventarberechnungen zugrunde gelegt, muss aber vorher noch in die in der In-

[23] Siehe http://biogas.fnr.de/biogas-gewinnung/gaerbiologie/prozessgroessen/

tions, but must first be converted into the quantity μ_{rg} used in the inventory method.

This conversion requires dealing with the problem that the losses that occurred during the measurement campaigns due to leakage and flaring are generally not known or reported. If one neglects these losses in a mathematical way (i. e. if one puts $\upsilon_{CH4,\ losses} = 0$ in equation (3.86), the result is:

$$\mu_{rg} = \frac{\nu_{rg}}{1+\nu_{rg}} \qquad \textbf{(3.87)}$$

With $\upsilon_{CH4,\ losses} > 0$ there would be a μ_{rg} value smaller than the value resulting from equation (3.87). The emissions inventory therefore uses equation (3.87) and thus an estimate of μ_{rg} that is conservative with regard to the CH4 emissions to be expected from the storage of the digestate. This "overestimation" of μ_{rg} is, however, is of small relevance, since in regular operation of the biogas plant the amount of methane lost through leakage and flaring is much lower than the usable methane yield. With ν_{rg} = 0.048 the result of equation (3.87) is μ_{rg} = 0.046.

No data is available on the leakage rate of the storage, $L_{sto,\ gt}$. However, since gas-tight digestate storage and digestion facilities (digesters) together form a gas-carrying system in practice, it makes sense for modeling purposes to set $L_{sto,\ gt} = L_{dig}$.

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 m^3 m^{-3}, see Chapter 4.2.1). 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.)

Despite the CH_4 losses due to leakage and from the partially non-gastight digestate storage, the total MCF calculated with equation (3.73) from chapter 3.3.4.4.1for the combination "pre-storage + digester + digestate storage" is considerably smaller than the average MCF of conventional farmyard storage. Hence, under the given conditions, anaerobic digestion of animal manures generally leads to a reduction in CH_4 emissions from manure management. The CH_4 not emitted in this way is instead collected in the gas-carrying system of the biogas plants and used for energetic purposes. This use and the resulting emissions are not pursued here as they are not the subject of agricultural emissions reporting.

ventarmethodik verwendete Größe μ_{rg} umgerechnet werden.

Dabei ergibt sich zunächst das Problem, dass die während der Messkampagnien aufgetretenen Verluste durch Leckage und Abfackeln in aller Regel nicht bekannt sind oder berichtet werden. Vernachlässigt man aber diese Verluste auf rechnerische Weise (setzt man also $\upsilon_{CH4,\ losses} = 0$ in Gleichung (3.86), ergibt sich:

Mit $\upsilon_{CH4,\ losses} > 0$ ergäbe sich ein μ_{rg}-Wert, der kleiner wäre als das Ergebnis aus Gleichung (3.87). Das Emissionsinventar verwendet deshalb Gleichung (3.87) und damit eine Schätzung von μ_{rg}, die konservativ ist in Bezug auf die aus dem Gärrestlager zu erwartenden CH_4-Emissionen. Diese „Überschätzung“ von μ_{rg} ist allerdings als geringfügig einzuschätzen, da im regulären Anlagenbetrieb die durch Leckage und Abfackeln verlorene Methanmenge sehr viel geringer ist als die nutzbare Methanausbeute. Mit ν_{rg} = 0,048 ergibt Gleichung (3.87) μ_{rg} = 0,046.

Für die Lager-Leckagerate $L_{sto,\ gt}$ sind keine Daten verfügbar. Da aber gasdichte Gärrestlagerung und Gärreinrichtungen (Fermenter) in der Praxis zusammen ein gasführendes System bilden, liegt es für Modellierungszwecke nahe, $L_{sto,\ gt} = L_{dig}$ zu setzen.

Für den MCF der nicht gasdichten Lagerung (MCF_{ngts}) verwendet das Inventar den Wert für offene Rindergülle-Lagerung mit Schwimmdecke (0,1 m^3 m^{-3}, siehe Kapitel 4.2.1). 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.)

Trotz der CH_4-Verluste durch Leckagen und teilweise nicht gasdichter Gärrestlagerung ist der mit Gleichung (3.73) aus Kapitel 3.3.4.4.1 berechnete Gesamt-MCF der Kombination „Vorlager + Fermenter + Gärrestelager“ beträchtlich kleiner als der mittlere MCF der herkömmlichen Wirtschaftsdüngerlagerung. Unter den gegebenen Bedingungen führt Vergärung von Wirtschaftsdünger also generell zu einer Minderung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management. Das nicht emittierte CH_4 wird stattdessen im gasführenden System der Biogasanlagen für eine energetische Nutzung gesammelt. Diese Nutzung und die dabei entstehenden Emissionen werden hier nicht weiter verfolgt, da sie nicht Gegenstand der landwirtschaftlichen Emissionsberichterstattung sind.

3.4.4.2.3 *Data for the calculation of N_2O, NO and N_2 / Daten für die Berechnung von N_2O, NO and N_2*

For the pre-storage of slurry it is assumed that emissions of N_2O, NO and 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 CH4 (see Chapter 3.4.4.2.2), the emission factor for N_2O-N is about 1/10 of the default emission factor.

The maximum emission factor for N_2O-N emissions from cattle and pig manure management is 0.01 kg kg^{-1} (according to IPCC (2006)-10.62), from which a N_2O-N emission factor of 0.001 kg kg^{-1} is derived for pre-storage of farmyard manure.

For poultry manure, IPCC (2006)-10.63 provides a default N_2O-N emission factor of 0.001 kg kg^{-1}, leading to a N_2O-N emission factor of 0.0001 kg kg^{-1} for pre-storage.

No methodology is available for the calculation of emissions of NO and N_2 from the digestion of manure. Hence, these emissons are calculated proportionally to the N_2O 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 kg kg_{-1}, see Chapters 4.2.2.2 and 5.2.2.2).

Table 3.14 shows the time series of the resulting overall N_2O-N emission factor for digestion of manure (slurry plus farmyard manure plus poultry manure) compared to the mean N_2O-N emission factors oft he 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 N2O-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 N2O-N emissions **comprise emissions originating from straw N inputs**. This is the reason that in Table 3.14 the emission factor for deep bedding is higher than the value of 0.01 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 3.14 comprise the low poultry emission factor of 0.001 kg kg^{-1} (see Chapter 8.2.1).

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 ma-

Bei der Gülle-Vorlagerung wird davon ausgegangen, dass N_2O-, NO- und N_2-Emissionen vernachlässigbar sind, siehe Kapitel 3.3.4.4.2. Bei der Vorlagerung von Mist und Geflügelkot wird wie bei CH_4 (siehe Kapitel 3.4.4.2.2) auch für N_2O-N ein auf 1/10 des Standard-Emissionsfaktors verringerter Emissionsfaktors angesetzt.

Der höchste Emissionsfaktor für N_2O-N aus dem Wirtschaftsdünger-Management bei Rindern und Schweinen ist nach IPCC (2006)-10.62 0,01 kg kg^{-1}, woraus dann für das Mist-Vorlager ein N_2O-N-Emissionsfaktor von 0,001 kg kg^{-1} resultiert.

Für Geflügelkot gibt IPCC (2006)-10.63 einen Standard-Emissionsfaktor für N_2O-N von 0,001 kg kg^{-1} an, woraus sich für das Vorlager die Annahme von 0,0001 kg kg^{-1} ergibt.

Für die Berechnung der NO- und N_2-Emissionen im Zusammenhang mit der Vergärung von Wirtschaftsdünger ist keine Methodik bekannt. Daher werden diese Emissionen wie im Bereich Wirtschaftsdünger-Management üblich (siehe Kapitel 3.3.4.3.5, Tier-3-Verfahren) proportional zu N_2O berechnet.

Für die gasdichte Gärrestlagerung wird der Emissionsfaktor für N_2O 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 kg kg^{-1}, siehe Kapitel 4.2.2.2 und 5.2.2.2).

Table 3.14 zeigt die Zeitreihe des resultierenden effektiven N_2O-N-Emissionsfaktors für Vergärung von Wirtschaftsdünger (Gülle, Mist und Geflügelkot insgesamt) im Vergleich mit den mittleren N_2O-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 N_2O-N-Emissionen aller Tiere aus der jeweiligen Kategorie zur Summe aller tierischen N-Ausscheidungen in dieser Kategorie. Dabei umfassen die Gesamt-N_2O-Emissionen bei Systemen mit Einstreu **auch Anteile, die auf Einstreu-N zurückgehen**. Aus diesem Grund ist in Table 3.14 der Emissionsfaktor für Tiefstreu höher als der in Kapitel 4.2.2.2 und 5.2.2.2 angegebene Wert von 0,01 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 kg kg^{-1} (siehe Kapitel 8.2.1) 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 Gärrestlagerung. Letztere bewirkt, dass der Emissionsfaktor für Wirt-

nure 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 N_2O emissions from manure management by means of digestion of manure.

Note that for poultry manure digestion generally leads to increased N_2O emissions due to the comparably low IPCC default emission factor of 0.001 kg kg^{-1}, see Chapter 8.2.1).

schaftsdünger-Vergärung ab 2008/2009 niedriger ausfällt als der ansonsten niedrigste Emissionsfaktor (gülle-basierte Systeme). Zu diesem Zeitpunkt erreichte die gasdichte Gärrestlagerung 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 Gärrestlagerung ist damit eine wesentliche Voraussetzung zur Minderung von N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management durch Vergärung.

Anzumerken ist, dass bei Geflügelkot wegen des geringen IPCC-Defaultwertes für den N_2O-N-Emissionsfaktor (0,001 kg kg^{-1}, siehe Kapitel 8.2.1) die Vergärung durchgängig zu erhöhten N_2O-Emissionen führt.

Table 3.14: Digestion of manure, comparison of mean N_2O-N emission factors for the four different manure management categories in the German inventory (related to N available)

(in kg kg^{-1})	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
slurry based [a]	0.00308	0.00311	0.00308	0.00308	0.00343	0.00344	0.00343	0.00341	0.00339	0.00339
straw based [b]	0.00488	0.00487	0.00488	0.00490	0.00459	0.00459	0.00459	0.00456	0.00447	0.00447
deep bedding [a]	0.01128	0.01127	0.01126	0.01126	0.01139	0.01140	0.01140	0.01137	0.01137	0.01137
digestion of manure	0.00545	0.00539	0.00535	0.00530	0.00515	0.00511	0.00506	0.00501	0.00495	0.00491
(in kg kg^{-1})	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
slurry based [a]	0.00340	0.00342	0.00341	0.00342	0.00343	0.00343	0.00345	0.00346	0.00347	0.00349
straw based [b]	0.00442	0.00441	0.00440	0.00441	0.00437	0.00441	0.00438	0.00433	0.00429	0.00426
deep bedding [a]	0.01138	0.01136	0.01135	0.01134	0.01133	0.01131	0.01131	0.01131	0.01132	0.01131
digestion of manure	0.00487	0.00482	0.00478	0.00470	0.00463	0.00456	0.00431	0.00406	0.00381	0.00356
(in kg kg^{-1})	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
slurry based [a]	0.00351	0.00351	0.00350	0.00351	0.00350	0.00351	0.00351	0.00351	0.00351	0.00351
straw based [b]	0.00421	0.00406	0.00397	0.00387	0.00386	0.00383	0.00382	0.00379	0.00375	0.00373
deep bedding [a]	0.01130	0.01130	0.01130	0.01131	0.01131	0.01130	0.01130	0.01129	0.01128	0.01127
digestion of manure	0.00332	0.00306	0.00248	0.00238	0.00229	0.00225	0.00223	0.00224	0.00221	0.00221

[a] without digestion
[b] without deep bedding and digestion

As for the pre-storage the emission factors of NO and N2 are assumed to be proportional to the N2O emission factor (see above).

N_2O emissions from agricultural soils due to the spreading of digested slurry are dealt with in the context of the calculation of N_2O 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_2 proportional zum Emissionsfaktor von N_2O angesetzt (siehe oben).

Bodenbürtige N_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Gärresten werden im Zusammenhang mit der Berechnung von N_2O aus landwirtschaftlichen Böden nach der Ausbringung von Wirtschaftsdünger behandelt, siehe Kapitel 11.2.

3.4.4.2.4 *Data for the calculation of NH_3 / Daten für die Berechnung von NH_3*

For the pre-storage of slurry it is assumed that emissions of NH_3 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_4 (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 (2019)-3B-31, the emission factors for the normal storage (related to TAN) are 0.32 kg kg^{-1} for cattle farmyard manure and a range between 0.08 kg kg^{-1} and 0.30 kg kg^{-1} for poultry manure. The weighted overall mean for poultry is, rounded up, 0.20 kg kg^{-1} (maximum rounded to two decimal places from all time series years from 1990 to 2018).

Bei der Vorlagerung von Gülle wird davon ausgegangen, dass NH_3-Emissionen vernachlässigbar sind, siehe Kapitel 3.3.4.4.3. Bei der Vorlagerung von Rindermist und Geflügelkot wird in Analogie zur CH_4-Emission (see Chapter 3.4.4.2.2) ein Emissionsfaktor angesetzt, der 1/10 des Wertes für das normale Lager beträgt. Für das normale Lager werden nach EMEP (2019)-3B-31 die folgenden Emissionsfaktoren für NH_3-N (bezogen auf TAN bzw. UAN) verwendet: 0,32 kg kg^{-1} für Rindermist sowie ein Bereich von 0,08 kg kg^{-1} bis 0,30 kg kg^{-1} für Geflügelkot. Der gewichtete Mittelwert für Geflügel beträgt 0,20 kg kg^{-1} (auf zwei Dezimalem gerundetes Maximum aus allen Zeitreihenjahren 1990 bis 2018).

Table 3.15 shows the resulting pre-storage NH_3-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.)

Table 3.15 zeigt die daraus für Rindermist und Geflügelkot resultierenden NH_3-N-Emissionsfaktoren der Vorgrube. (Schweinemist wird nicht berücksichtigt, siehe Kapitel 3.4.4.2.1.)

Table 3.15: Digestion of manure, NH_3-N emission factors for pre-storage

	EF_{NH3-N} (in kg kg^{-1})	related to
cattle, solid manure	0.032	TAN
poultry manure	0.020	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_{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 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_{TAN} = 0.32 kg kg^{-1}.

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_{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 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_{TAN} = 0,32 kg kg^{-1}.

The 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 NH_3-N emission factor of 0.045 kg kg^{-1} (cattle slurry with natural crust, see Chapter 4.2.2.3). This emission factor is related to TAN.

Für das gasdichte Gärrestlager ist der NH3-Emissionsfaktor null. Die 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 NH_3-N-Emissionsfaktor von 0,045 kg kg^{-1} (Rindergülle mit Schwimmdecke, siehe Kapitel 4.2.2.3).

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 digestion 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

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 Agrarstrukturerhebung 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

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 NH_3 emissions for the various animal categories. For cattle, gastight storage of digested manure leads to a decrease of total 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 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 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 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 NH_3 emitting for spreading of digestate than for untreated poultry manure.

For the time series of the overall effect of manure digestion on NH_3 emissions see Chapter 2.2.

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 NH_3-Emissionen. So führt die gasdichte Gärrestlagerung bei den Rindern zu einer Minderung der gesamten NH_3-Emissionen gegenüber dem herkömmlichen Wirtschaftsdünger-Management, die aber wegen des höheren TAN-Gehaltes durch gesteigerte Emissionen bei der Gärresteausbringung teilweise kompensiert werden.

Bei den Schweinen ergibt sich bei Vergärung generell eine Zunahme der NH_3-Emissionen im Vergleich zur Situation ohne Vergärung. Dies liegt daran, dass durch die angenommene Mitvergärung von Energiepflanzen die Gärreste eher einer unbehandelten Rindergülle entsprechen als einer unbehandelten Schweinegülle. Dementsprechend hoch sind die NH_3-Emissionsfaktoren für die Ausbringung im Vergleich zu unvergorener Schweinegülle. Verstärkt wird dieser NH_3-Anstieg noch durch den erhöhten TAN-Gehalt in den Gärresten.

Bei Geflügel führt die Vergärung des Wirtschaftsdüngers generell zu einer Verringerung der 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 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, 2020a). 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, 2020a). 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

Im Zusammenhang mit der Erhebung über die Schweinebestände am 3. November 2011 führte das

made an survey on the use of protein in pig fattening between November 2011 and October 2012 (about 11000 farms)[24]. 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 model concept and the underlying data of the survey see Chapter 5.5.3. The improved model replaces the concept used before, which 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.

Statistische Bundesamt eine Befragung über den Einsatz von Protein in der Schweinemast im Zeitraum November 2010 bis Oktober 2011 durch (ca. 11000 Betriebe)[24]. Diese Erhebung hatte das Ziel, die Datengrundlage für das Emissionsinventar zu verbessern.

Für Mastschweine wurden die Futterproteingehalte für die erste und die letzte Fütterungsphase abgefragt; für etwaige dazwischenliegende Phasen wurden keine Daten erhoben. Außerdem wurden auf Bundesländer- und nationaler Ebene die Prozentanteilen der verschiedenen Fütterungsvarianten (einphasig, zweiphasig, drei- und mehrphasig) erhoben.

Mithilfe dieser Daten wurde für das Inventar ein verbessertes Modellkonzept („N-angepasste Fütterung“) für die Mastschweinefütterung entwickelt. Zu diesem Modellkonzept und den zugrunde liegenden Erhebungsergebnissen siehe Kapitel 5.5.3. Dieses Konzept löst das frühere 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.

3.4.5.2 *Air scrubber systems / Abluftreinigungsanlagen*

In the case of pigs (except boars), laying hens and broilers, the inventory takes into account the filter effect of airscrubbing systems in stables with regard to NH_3 and particles, see Chapters 3.3.4.3.3 und 3.3.4.3.5. The number of air scrubbing systems was surveyed by KTBL using manufacturer queries, including an update for the present report. From this data, the trend of the increasing use of such systems was derived.

In the case of air scrubbing in pig houses, a distinction between certified and non-certified air scrubbing systems has been introduced in accordance with the improved data availability for Submission 2020 and subsequent submissions: For certified systems, removal of NH_3 and particulate matter is taken into account, for non-certified systems only removal of particulate matter.

For Submission 2020, data on air scrubbing in laying hen and broiler houses (NH_3 and particulate matter) are available for the first time (as of 2015).

In total, 7.3 % of all pig places were equipped with air scrubbers in 2019. The corresponding figure was 1.5 % for broilers and 0.6 % for laying hens.

For the removal efficiency φ_{as} (see Chapter 3.3.4.3.3) typical values are used: for NH_3 in pig housings 0.8 kg kg^{-1} (i. e. 80 %) and for poultry housings 0.7 kg kg^{-1} (or 70 %); for TSP and PM10, 0.9 kg kg^{-1} (or 90 %) are uniformly adopted, for $PM_{2,5}$ 0,7 kg kg^{-1} (or 70 %).

Das Inventar berücksichtigt bei Schweinen (außer Ebern), Legehennen und Masthähnchen die Filterwirkung von Stallabluftreinigungsanlagen bzgl. NH_3 und Partikel, siehe Kapitel 3.3.4.3.3 und 3.3.4.3.5. Die Anzahl der Abluftreinigungsanlagen wurde durch KTBL mithilfe von Herstellerabfragen erhoben und für den vorliegenden Bericht aktualisiert. Daraus wurde der zeitliche Verlauf der Verbreitung von Abluftreinigungsanlagen abgeleitet.

Bei der Abluftreinigung in Schweineställen wurde entsprechend der verbesserten Datenverfügbarkeit ab Submission 2020 eine Unterscheidung zwischen zertifizierten und nichtzertifizierten Abluftreinigungsanlagen eingeführt: Für die zertifizierten Anlagen wird eine Abscheidung von NH_3 und Staub berücksichtigt, während bei den nicht-zertifizierten Anlagen nur eine Staub-Abscheidung berechnet wird.

Für die Submission 2020 waren erstmals Daten zur Abluftreinigung (NH_3 und Staub) in Legehennen- und Masthähnchenställen verfügbar (ab 2015).

Im Jahr 2019 waren 7,3 % aller Schweineplätze mit NH_3-Abluftreinigung ausgestattet, bei Masthähnchen lag die entsprechende Zahl bei 1,5 %, bei Legehennen bei 0,6 %.

Für die Reinigungseffizienz φ_{as} (s. Kapitel 3.3.4.3.3) werden typische Werte angesetzt: für NH_3 bei Schweinen 0,8 kg kg^{-1} (d. h. 80 %) und bei Geflügel 0,7 kg kg^{-1} (bzw. 70 %); für TSP und PM_{10} werden einheitlich 0,9 kg kg^{-1} (bzw. 90 %) angenommen, für $PM_{2,5}$ 0,7 (bzw. 70 %).

[24] Table/Tabelle 1.24 in https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00009162/2030400117004.pdf

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 (2019), 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 uncrtainties of the German agricultural GHG and NH_3 emission inventories see Chapter 14.

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 (2019), Part A, Kapitel 5, sowie an der „Anleitung zur Durchführung eines Expert Judgement (Expertenschätzung) zur Unsicherheitsbestimmung“ (Umweltbundesamt, Qualitätssicherungs-System Emissionen, unveröffentlichtes Typskript).

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 3.7. For more details see Chapters 3.5.1.1 to 3.5.1.4.

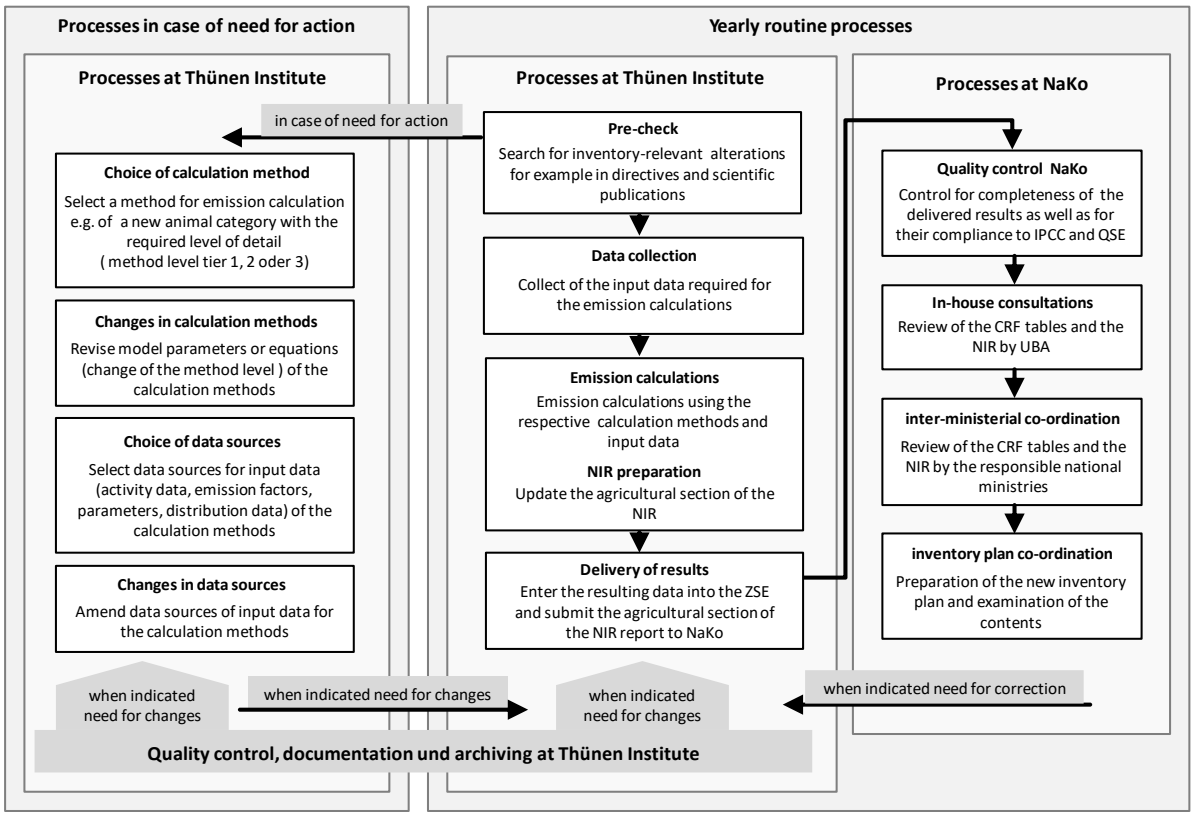
Die UNFCCC Reporting Guidelines fordern bei Emissionsinventar-Erstellung die Implementierung einer Qualitätskontrolle und –sicherung (QK/QS). Die Nationale Koordinierungsstelle (NaKo) des Umweltbundesamtes (UBA) hat das Qualitäts-System Emissionsinventare (QSE) zur Umsetzung der Anforderungen der UNFCCC 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 eine regelkonforme Emissionsinventar-Erstellung.

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 3.7 schematisch dargestellt. Nähere Informationen sind in Kapitel 3.5.1.1 bis 3.5.1.4 zu finden.

Figure 3.7: 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 3.7 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 Py-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 3.7 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 Py-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 parellel 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 2020). The modifications are shortly 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.

A quantitative summary of the changes in emissions due to the aforementioned modifications is provided in Chapter 2.3.

Dieses Kapitel beinhaltet Kurzbeschreibungen zu Änderungen von Methoden und Daten, die zur Verbesserung der deutschen landwirtschaftlichen Emissionsberichterstattung gegenüber der letzten Submission (Submission 2020) 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.

Eine quantitative Darstellung der mit den vorgenannten Modifikationen verbundene Änderungen in der Höhe der Emissionen findet sich in Kapitel 2.3.

Chapter 3.4.4.2 Anaerobic digestion of manure

The activity data was updated in all years of the time series from 1990 onwards.

Kapitel 3.4.4.2 Vergärung von Wirtschaftsdünger

Die Aktivitätsdaten wurden in allen Jahren der Zeitreihe ab 1990 aktualisiert.

Chapters 4.3 to 4.8 All cattle

Regarding the fermentation of cattle manure, the pre-storage NH_3-EF was increased from 0.027 to 0.032 kg NH_3-N per kg TAN due to a change in the normal storage EF during the transition from EMEP (2016) to EMEP (2019). This leads to a correspondingly higher NH_3 emission from the upstream storage facility.

In the case of NH3 from grazing, according to EMEP (2019) (February 2020 update), the NH3-EF for all cattle with grazing was increased to a uniform 0.14 kg NH3-N per kg TAN excretion. This leads to higher NH3 emissions from grazing.

Kapitel 4.3 bis 4.8 Alle Rinder

Bei der Vergärung von Rindermist wurde der Vorlager-NH_3-EF wegen Änderung des normalen Lager-EF beim Übergang von von EMEP (2016) zu EMEP (2019) von 0,027 auf 0,032 kg NH_3-N pro kg TAN angehoben. Dies führt zu einer entsprechend höheren NH_3-Emission aus dem Vorlager.

Bei NH_3 aus Weidegang wurde nach EMEP (2019) (Update Februar 2020) der NH_3-EF für alle Rinder mit Weidegang auf einheitlich 0,14 kg NH_3-N pro kg TAN-Ausscheidung angehoben. Dies führt zu höheren NH_3-Emissionen aus Weidegang.

Chapter 4.3 Dairy cows

The starting weight of the dairy cow, which was too high in the previous model, has been reduced. The 2018 milk yield has been slightly corrected for all federal states in the official statistics. Energy requirements, ration design and feed parameters are now fully adapted to the recommendations of German expert committees, which was associated with a reduction in energy requirements and feed intake. The sum of these changes results in lower CH_4 emissions from digestion and lower excretion of VS and above all of N, with corresponding consequences for the resulting emissions.

An error was corrected in the calculation of the TAN content of the N excretions. This noticeably reduces the TAN content, and with it the level of NH_3 emissions.

The aforementioned changes (including the NH_3-EF modification in the biogas plant pre-storage facility for cattle manure) also have an impact on the input variables of the Tier 2 methodology for calculating the NMVOC emissions from manure management: There is a decrease compared to Submission 2020 NMVOC emissions.

Kapitel 4.3 Milchkühe

Das im bisherigen Modell zu hohe Milchkuh-Anfangsgewicht wurde abgesenkt. Die Milchleistung 2018 wurde für alle Bundesländer in der offiziellen Statistik geringfügig korrigiert. Energiebedarf, Rationsgestaltung und Futterkennwerte sind nun in vollem Umfang an die Empfehlungen deutscher Expertengremien angepasst, was mit einer Verminderung von Energiebedarf und Futteraufnahme verbunden war. Durch die Summe dieser Änderungen ergeben sich niedrigere CH_4-Emissionen aus der Verdauung sowie niedrigere Ausscheidungen von VS und vor allem von N, mit entsprechenden Konsequenzen für die resultierenden Emissionen.

In der Berechnung des TAN-Gehalts der N-Ausscheidungen wurde ein Fehler korrigiert. Dadurch wird der TAN-Gehalt merklich verringert, und damit auch die Höhe der NH_3-Emissionen.

Die vorgenannten Änderungen (einschließlich der NH_3-EF-Modifikation beim Biogasanlagen-Vorlager für Rindermist) wirken sich auch auf die Eingangsgrößen der Tier-2-Methodik zur Berechnung der NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus: Gegenüber Submission 2020 ergibt sich eine Abnahme der NMVOC-Emissionen.

Chapter 4.4 Calves

The birth weight and the data on energy requirements and feeding were updated on the basis of German expert recommendations. Compared to the 2020 submission, the birth weight was increased from 41 kg to 45 kg; For the energy demand, the values for all years were lower than in Submission 2020. These changes lead to significantly lower emissions of NH_3 and other N species. The impact on GHG emissions is small.

The aforementioned changes (including the NH_3-EF modification in the biogas plant pre-storage facility for cattle manure) also have an impact on the input variables of the Tier 2 methodology for calculating NMVOC emissions from manure management: Compared to Submission 2020, there is an increase of NMVOC emissions.

Chapter 4.5 Dairy heifers and female beef cattle

As of the present submission, a distinction is made between dairy heifers and female beef cattle. The lower final weight of the dairy heifers corresponds to the initial weight of the dairy cows, while higher final weights were set for female beef cattle, which were derived from data from the Federal Statistical Office. Energy requirements and feeding were adapted to the recommendations of German expert committees. In comparison with Submission 2020, the mean animal weight and energy requirement were lower across all heifers. As a consequence of these changes, there are significantly lower NH_3 and GHG emissions.

The aforementioned changes (including the NH_3-EF modification in the biogas plant pre-storage facility for cattle manure) also have an impact on the input variables of the tier 2 methodology for calculating the NMVOC emissions from manure management: Compared to Submission 2020, there is a decrease of NMVOC emissions.

Chapter 4.6 Male beef cattle

In a few years slaughter age and slaughter weights were updated using information in the HIT database. The feed parameters were adapted to German standard values.

An error has been corrected in the calculation method for the TAN quantity that goes into storage.

All in all, the aforementioned changes lead to a slight decrease in NH_3 and GHG emissions.

The aforementioned changes (including the NH_3-EF modification in the biogas plant pre-storage facility for cattle manure) also affect the input variables of the Tier 2 methodology for calculating the NMVOC emissions from manure management: Compared to Submission 2020, there is an overall decrease in NMVOC emissions.

Kapitel 4.4 Kälber

Das Geburtsgewicht und die Daten zu Energiebedarf und Fütterung wurden auf Grundlage deutscher Expertenempfehlungen aktualisiert. Dabei wurde im Vergleich zur Submission 2020 das Geburtsgewicht von 41 kg auf 45 kg angehoben; für den Energiebedarf ergaben sich für alle Jahre niedrigere Werte als in Submission 2020. Diese Änderungen führen zu deutlich niedrigeren Emissionen von NH_3 und anderen N-Spezies. Die Auswirkung auf die THG-Emissionen ist gering.

Die vorgenannten Änderungen (einschließlich der NH_3-EF-Modifikation beim Biogasanlagen-Vorlager für Rindermist) wirken sich auch auf die Eingangsgrößen der Tier-2-Methodik zur Berechnung der NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus: Gegenüber Submission 2020 ergibt sich eine Zunahme der NMVOC-Emissionen.

Kapitel 4.5 Milch- und Schlachtfärsen

Ab der vorliegenden Submission wird zwischen Milchfärsen und Schlachtfärsen unterschieden. Das niedrigere Endgewicht der Milchfärsen entspricht dem Anfangsgewicht der Milchkühe, während für die Schlachtfärsen höhere Endgewichte angesetzt wurden, die aus Daten des Statistischen Bundesamtes abgeleitet wurden. Energiebedarf und Fütterung wurden an die Empfehlungen deutscher Expertengremien angepasst. Im Vergleich mit Submission 2020 ergaben sich so im Mittel über alle Färsen ein niedrigeres Tiergewicht und ein niedrigerer Energiebedarf. Als Konsequenz dieser Änderungen ergeben sich deutlich niedrigere NH_3- und THG-Emissionen.

Die vorgenannten Änderungen (einschließlich der NH_3-EF-Modifikation beim Biogasanlagen-Vorlager für Rindermist) wirken sich auch auf die Eingangsgrößen der Tier-2-Methodik zur Berechnung der NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus: Gegenüber Submission 2020 ergibt sich eine Abnahme der NMVOC-Emissionen.

Kapitel 4.6 Männliche Mastrinder

In einigen Jahren wurden Schlachtalter und Schlachtgewichte aus Angaben der HIT-Datenbank aktualisiert. Die Futterkennwerte wurden an deutsche Standardwerte angepasst.

In der Berechnungsmethodik der TAN-Menge, die ins Lager gelangt, wurde ein Fehler korrigiert.

In der Summe führen die vorgenannten Änderungen zu einer leichten Abnahme der NH_3- und THG-Emissionen.

Die vorgenannten Änderungen (einschließlich der NH_3-EF-Modifikation beim Biogasanlagen-Vorlager für Rindermist) wirken sich auch auf die Eingangsgrößen der Tier-2-Methodik zur Berechnung der NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus: Gegenüber Submission 2020 ergibt sich insgesamt eine Abnahme der NMVOC-Emissionen.

Chapter 4.7 Suckler cows

The NH_3-EF modification in the biogas plant pre-storage facility for cattle manure also has a slight effect on the Tier 2 methodology for calculating the NMVOC emissions from manure management: Compared to the 2020 submission, there is a barely noticeable decrease in NMVOC emissions.

Chapter 4.8 Male cattle > 2 years

The amount of litter was updated based on an expert judgment. It was increased from 2.6 to 5.0 kg pl^{-1} d^{-1} for all housing systems included in the German inventory. As a result, there are somewhat higher emissions of N species.

The aforementioned change as well as the NH_3-N-EF modification in the biogas plant pre-storage facility for cattle manure also affect the input variables of the Tier 2 methodology for calculating the NMVOC emissions from manure management: Compared to Submission 2020 there is an increase of NMVOC emissions.

Chapter 5 Pigs(except boars)

The update of the activity data of the airscrubber systems from 2005 onwards leads to slight changes in the NH_3 emissions from housing and thus from manure management. The dust emissions from manure management also change to a small extent. Because of the output of the filtered N as TAN, the emission of N species due to the application also changes.

Chapter 5.3 Sows

For Saxony-Anhalt, there was a slightly lower number of piglets per sow and year in 2018 due to more recent data. At the national level, this led to a slight decrease in energy demand, waste and emissions compared to Submission 2020.

Chapter 5.4 Weaners

For 2018, the initial and final weight in Bavaria have been updated (increased) compared to Submission 2020, combined with a higher growth rate. Overall, this leads to higher emissions, also at federal level. The change in weight data also shifts the division of the officially recorded animal numbers between the categories of weaners and fattening pigs.

Chapter 5.5 Fattening pigs

For 2018, the initial and final weight in Bavaria have been updated (increased) compared to Submission 2020, combined with a higher growth rate. Overall, this leads to higher emissions, also at federal level. The change in weight data also shifts the division of the officially recorded animal numbers between the categories of weaners and fattening pigs.

Kapitel 4.7 Mutterkühe

Die NH_3-EF-Modifikation beim Biogasanlagen-Vorlager für Rindermist wirkt sich geringfügig auch auf die Tier-2-Methodik zur Berechnung der NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus: Gegenüber Submission 2020 ergibt sich eine kaum merkliche Abnahme der NMVOC-Emissionen.

Kapitel 4.8 Männliche Rinder > 2 Jahre

Die Einstreumenge wurde aufgrund eines Expertenurteils aktualisiert. Sie wurde für alle im deutschen Inventar berücksichtigten Haltungssysteme von 2,6 auf 5,0 kg pl^{-1} d^{-1} heraufgesetzt. Als Folge ergeben sich etwas höhere Emissionen von N-Spezies.

Die vorgenannte Änderung sowie die NH_3-N-EF-Modifikation beim Biogasanlagen-Vorlager für Rindermist wirken sich auch auf die Eingangsgrößen der Tier-2-Methodik zur Berechnung der NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management aus: Gegenüber Submission 2020 ergibt sich eine Zunahme der NMVOC-Emissionen.

Kapitel 5 Schweine (außer Ebern)

Die Aktualisierung der Aktivitätsdaten der Abluftreinungsanlagen ab 2005 führt zu leichten Änderungen in den NH_3-Emissionen aus dem Stall und damit aus dem Wirtschaftsdünger-Management. Auch die Staubemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management ändern sich in geringem Umfang. Wegen der Ausbringung des ausgefilterten N als TAN ändern sich auch die ausbringungsbedingten Emission von N-Spezies.

Kapitel 5.3 Sauen

Für Sachsen-Anhalt ergab sich im Jahr 2018 aufgrund neuerer Daten eine etwas niedrigere Anzahl der Ferkel pro Sau und Jahr. Dies führte auf nationaler Ebene gegenüber Submission 2020 zu einer leichten Abnahme von Energiebedarf, Ausscheidungen und Emissionen.

Kapitel 5.4 Aufzuchtferkel

Für 2018 wurden Anfangs- und Endgewicht in Bayern gegenüber Submission 2020 aktualisiert (angehoben), verbunden mit einer höheren Zuwachsrate. Dies führt insgesamt zu höheren Emissionen auch auf Bundesebene. Die Veränderung der Gewichtsdaten verschiebt auch die Aufteilung der offiziell erfassten Tierzahlen zwischen den Kategorien der Aufzuchtferkle und der Mastschweine.

Kapitel 5.5 Mastschweine

Für 2018 wurden Anfangs- und Endgewicht in Bayern gegenüber Submission 2020 aktualisiert (angehoben), verbunden mit einer höheren Zuwachsrate. Dies führt insgesamt zu höheren Emissionen auch auf Bundesebene. Die Veränderung der Gewichtsdaten verschiebt auch die Aufteilung der offiziell erfassten Tierzahlen zwischen den Kategorien der Aufzuchtferkle und der Mastschweine.

Chapters 6.3/6.4 Adult sheep/lambs

The NH_3-N-EF for the storage was increased from 0.28 to 0. 32 kg kg^{-1} through the transition from EMEP (2016) to EMEP (2019). This results in somewhat higher NH_3-N emissions from sheep farming compared to Submission 2020.

Chapter 6.6 Goats

The goats are no longer counted only at federal level, but at federal state level. This has no impact on emissions results at the federal level.

Chapter 8 All poultry

In the digestion of poultry manure, the pre-storage NH_3-EF for the transition from EMEP (2016) to EMEP (2019) was increased from 0.017 to 0.020 kg NH_3-N per kg TAN due to a change in the normal storage emission factors. This leads to a correspondingly higher NH_3 emission from the pre storage facility.

Chapter 8.3 Laying hens

The NH_3-N-EF for the storage was reduced from 0.14 to 0.08 kg NH_3-N per kg TAN during the transition from EMEP (2016) to EMEP (2019). Compared to Submission 2020, this leads to a reduction in the total NH_3 emissions from laying hens.

Chapter 8.4 Broilers

The NH_3-N-EF for the storage was increased from 0.17 to 0.30 kg NH_3-N per kg TAN during the transition from EMEP (2016) to EMEP (2019). Compared to Submission 2020, this leads to an increase in the total NH_3 emissions from broiler farming.

The model quantity "gross broiler meat production" was updated for 2018 (slight increase) as final input data were provided by the Federal Statistical Office in the meantime. This led, in comparison to Submission 2020, to slightly increased excretions and, as a consequence, also to increased emissions in 2018.

The update of the activity data of the airscrubbing systems as of 2013 leads to slight changes in the NH_3 emissions from housing and thus from manure management. The dust emissions from manure management also change to a small extent. Due to the application of the filtered N as TAN, the application-related emissions of N species also change.

Chapter 8.5 Pullets

In analogy to broiler production, the NH_3-N-EF for the storage was increased from 0.17 to 0.30 kg NH_3-N per kg TAN during the transition from EMEP (2016) to EMEP (2019). Compared to Sub-mission 2020, this leads to an increase in the total NH_3 emissions from pullet farming.

Kapitel 6.3/6.4 Erwachsene Schafe/Lämmer

Der NH_3-N-EF für das Lager wurde durch Übergang von EMEP (2016) auf EMEP (2019) von 0,28 auf 0,32 kg kg^{-1} angehoben. Damit ergeben sich im Vergleich mit Submission 2020 etwas höhere NH_3-N-Emissionen aus der Schafhaltung.

Kapitel 6.6 Ziegen

Die Ziegen werden nun nicht mehr nur auf Bundesebene gerechnet, sondern auf Bundeslandebene. Dies hat keine Auswirkung auf die Emissionsergebnisse auf Bundesebene.

Kapitel 8 Geflügel insgesamt

Bei der Vergärung von Geflügelkot wurde der Vorlager-NH_3-EF für das Vorlager wegen Änderung der normalen Lager-Emissionsfaktoren beim Übergang von von EMEP (2016) zu EMEP (2019) von 0,017 auf 0,020 kg NH_3-N pro kg TAN angehoben. Dies führt zu einer entsprechend höheren NH_3-Emission aus dem Vorlager.

Kapitel 8.3 Legehennen

Der NH_3-N-EF für das Lager wurde beim Übergang von EMEP (2016) zu EMEP (2019) von 0,14 auf 0,08 kg NH_3-N pro kg TAN gesenkt. Dies führt gegenüber Submission 2020 zu einer Absenkung der NH_3-Gesamtemissionen aus der Legehennenhaltung.

Kapitel 8.4 Masthähnchen

Der NH_3-N-EF für das Lager wurde beim Übergang von EMEP (2016) zu EMEP (2019) von 0,17 auf 0,30 kg NH_3-N pro kg TAN angehoben. Dies führt gegenüber Submission 2020 zu einer Anhebung der NH_3- Gesamtemissionen aus der Masthähnchenhaltung.

Die Eingangsgröße „Brutto-Hähnchenfleischproduktion" wurde für 2018 aktualisiert (geringfügige Erhöhung), da inzwischen endgültige Daten des Statistischen Bundesamtes zur Berechnung vorliegen. Dies führt gegenüber Submission 2020 zu leicht erhöhten Ausscheidungswerten und damit auch höheren Emissionen für 2018.

Die Aktualisierung der Aktivitätsdaten der Abluftreinungsanlagen ab 2013 führt zu leichten Änderungen in den NH_3-Emissionen aus dem Stall und damit aus dem Wirtschaftsdünger-Management. Auch die Staubemissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management ändern sich in geringem Umfang. Wegen der Ausbringung des ausgefilterten N als TAN ändern sich auch die ausbringungsbedingten Emission von N-Spezies.

Kapitel 8.5 Junghennen

In Analogie zur Masthähnchenhaltung wurde der NH_3-N-EF für das Lager wurde beim Übergang von EMEP (2016) zu EMEP (2019) von 0,17 auf 0,30 kg NH_3-N pro kg TAN angehoben. Dies führt gegenüber Submission 2020 zu einer Anhebung der NH_3-Gesamtemissionen aus der Junghennenhaltung.

Chapter 8.8 Turkeys

The final weights of roosters and hens were recalculated for the years 1990 to 2001 due to a reevaluation and thus increased slightly. The higher final weights lead to correspondingly higher emissions

Chapter 10 Anaerobic digestion of energy crops

The dry matter data for 2018 has been updated compared to Submission 2020. This resulted in a slight decrease.

Chapter 11.1 Application of mineral fertilizers

In order to approximate storage effects that have not yet been taken into account in the inventory, from the present 2021 submission onwards, the mineral fertilizer data will be averaged over the years (moving centered three-year mean for 1990 to 2018; for 2019 a mean from 2018 and 2019). The time averaging leads to a smoothing of the temporal course of the N quantities including a weakening of maxima and minima. This is reflected in a smoothed temporal course of the emissions.

Chapter 11.4 Sewage sludge

The amount of sewage sludge applied was updated for 2018. This led to a significant reduction in the amount of nitrogen used in the emissions calculation in 2018. Accordingly, the emissions for 2018 will decrease compared to Submission 2020.

Chapter 11.6 Managed organic soils

The areas of the cultivated organic soils were recalculated by the LULUCF sector, now including areas with a small depth to the water table. The fact that no N2O is emitted when the depth to the water table is small will be taken into account in the effective emission factors as of submission 2021. These emission factors were also calculated by the LULUCF sector. The calculation is based on newly derived German emission factors which (especially in the case of grassland) are higher than the emission factors used up to submission 2020.

Chapter 11.7 Crop residues

For 1999 and 2010 the yield data have been updated. The cultivation areas were updated for the years 2010 to 2012.

The N quantities were updated in all years to take into account that the increase in the litter quantities for male cattle> 2 years of age (see above: “Chapter 4.8”) is associated with a reduction in the amount of straw remaining in the field.

Chapter 11.8 Mineralization (agricultural soils)

The activity data (N quantities) provided by the LULUCF sector were updated in all years of the time series. They are (differently) lower than in Submission 2020 for all years.

Kapitel 8.8 Puten

Eine Neuauswertung der vorliegenden Daten erforderte die Neuberechnung der Endgewichte von Hähnen und Hennen für die Jahre 1990 bis 2001. Die daraus resultierenden höheren Endgewichte führen zu entsprechend höheren Emissionen.

Kapitel 10 Energiepflanzen-Vergärung

Die Trockenmasse-Daten für 2018 wurden gegenüber Submission 2020 aktualisiert. Dabei ergab sich eine leichte Absenkung.

Kapitel 11.1 Mineraldüngerausbringung

Um im Inventar bislang nicht berücksichtigte Lagereffekte zu approximieren, erfolgt ab der vorliegenden Submission 2021 eine jahresübergreifende Mittelung der Mineraldüngerdaten (gleitendes zentriertes Dreijahresmittel für 1990 bis 2018; für 2019 Mittel aus 2018 und 2019). Die zeitliche Mittelung führt zu einer Glättung des zeitlichen Verlaufs der N-Mengen einschließlich einer Abschwächung von Maxima und Minima. Dies spiegelt sich in einem geglätteten zeitlichen Verlauf der Emissionen wieder.

Kapitel 11.4 Klärschlamm

Für das Jahr 2018 wurde die ausgebrachte Klärschlammmenge aktualisiert. Dies führte zu einer deutlichen Absenkung der im Jahr 2018 in der Emissionsberechnung zugrunde gelegten N-Menge. Dementsprechend verringern sich die Emissionen für 2018 gegenüber Submission 2020.

Kapitel 11.6 Bewirtschaftete organische Böden

Die Flächen der bewirtschafteten organischen Böden wurden durch den LULUCF-Sektor neu berechnet, u. a. ohne Abzug von Flächenanteilen mit geringem Grundwasserflurabstand. Der Umstand, dass bei geringem Grundwasserflurabstand kein N_2O emittiert wird, wird ab Submission 2021 in den effektiven Emissionsfaktoren berücksichtigt. Diese Emissionsfaktoren wurden ebenfalls vom LULUCF-Sektor berechnet. Die Berechnung basiert auf neu abgeleiteten deutschen Emissionsfaktoren, die (insbesondere bei Grünland) höher sind, als die bis Submission 2020 verwendeten Emissionsfaktoren.

Kapitel 11.7 Ernterückstände

Für 1999 und 2010 wurden die Ertragsdaten aktualisiert. Die Anbauflächen wurden für die Jahre 2010 bis 2012 aktualisiert.

In allen Jahren wurden die N-Mengen aktualisiert, um zu berücksichtigen, dass die Anhebung der Einstreumengen bei den männlichen Rindern > 2 Jahren (siehe oben: „Kapitel 4.8“.) mit einer Verringerung der auf dem Feld verbleibenden Strohmenge verbunden ist.

Kapitel 11.8 Mineralisierung (landw. Böden)

Die vom LULUCF-Sektor bereitgestellten Aktivitätsdaten (N-Mengen) wurden in allen Jahren der Zeitreihe aktualisiert. Sie sind in allen Jahren (unterschiedlich) niedriger als in Submission 2020.

Chapter 11.10 CO_2 from liming

As with the mineral fertilizer application (see above: Chapter 11.1), the activity data was averaged over time in order to approximate storage effects (centered overarching three-year mean; two-year mean at the end of the time series). This is reflected in a smoothed temporal course of the emissions.

Chapter 11.11 CO_2 from application of urea

As with the mineral fertilizer application (see above: Chapter 11.1), the activity data were averaged over time in order to approximate storage effects (centered overarching three-year mean; two-year mean at the end of the time series). This is reflected in a smoothed temporal course of the emissions.

Chapter 11.12 NMVOC (agricultural soils)

Slight changes with respect to Submission 2020 occur in the years 1999 and 2010 through 2012 because of updates of yields in 1999 and 2010 and of cultivation areas 2010 through 2012 (see above: „Chapter 11.7“).

Chapter 11.14 TSP and PM (agricultural soils)

Slight changes with respect to Submission 2020 occur in the years 2010 through 2012 because of updates of cultivation areas (see above: „Chapter 11.7“).

Kapitel 11.10 CO_2 aus Kalkung

Wie bei der Mineraldüngerausbringung (siehe weiter oben: „Kapitel 11.1“) wurden die Aktivitätsdaten zeitlich gemittelt, um Lagereffekte zu approximieren (zentriertes übergreifendes Dreijahresmittel; Zweijahresmittel am Ende der Zeitreihe). Dies spiegelt sich in einem geglätteten zeitlichen Verlauf der Emissionen wieder.

Kapitel 11.11 CO_2 aus Harnstoffanwendung

Wie bei der Mineraldüngerausbringung (siehe weiter oben: „Kapitel 11.1“) wurden die Aktivitätsdaten zeitlich gemittelt, um Lagereffekte zu approximieren (zentriertes übergreifendes Dreijahresmittel; Zweijahresmittel am Ende der Zeitreihe). Dies spiegelt sich in einem geglätteten zeitlichen Verlauf der Emissionen wieder.

Kapitel 11.12 NMVOC (landwirtsch. Böden)

In den Jahren 1999 und 2010 bis 2012 sind geringfügige Änderungen gegenüber Submission 2020 zu verzeichnen, da die Erträge in den Jahren 1999 und 2010 sowie die Anbauflächen 2010 bis 2012 aktualisiert wurden (siehe oben: „Kapitel 11.7“).

Kapitel 11.14 TSP und PM (landw. Böden)

In den Jahren 2010 bis 2012 sind geringfügige Änderungen gegenüber Submission 2020 aufgrund von Aktualisierungen der Anbauflächen zu verzeichnen (siehe oben: „Kapitel 11.7“).

4 Cattle and buffalo / Rinder und Büffel

4.1 Animal numbers / Tierzahlen

4.1.1 Formation of subcategories / Untergliederung in Subkategorien

4.1.1.1 *Cattle / Rinder*

According to CRF/NFR, the emissions originating from cattle have to be reported separately for dairy cows and for other cattle. This subdivision is, first of all, necessary because of the magnitude of emissions from dairy cows. However, other cattle have to be further subdivided in order to reflect differences in management and feeding and therefore in emissions: Emissions are calculated separately for the various subcategories of other cattle; the results obtained are aggregated to yield the results of the aggregated animal category "other cattle", see Chapter 4.9.

Table 4.1 shows the cattle subcategories used in the German census as well as their aggregation and disaggregation for the emission inventory. All weight ranges and ages are considered in the inventory.

Emissionen von Rindern sind nach CRF/NFR getrennt für Milchkühe und die Gruppe der übrigen Rinder zu berichten. Diese Unterteilung ist zunächst einmal durch die bedeutenden Emissionsbeiträge der Milchkühe begründet. Aber auch bei den übrigen Rinder ist eine Aufteilung in Unterkategorien erforderlich, um unterschiedliche Haltung und Fütterung und damit unterschiedliches Emissionsverhalten berücksichtigen zu können: Die Emissionsergebnisse werden anschließend zum Gesamtergebnis der Kategorie „übrige Rinder" aggregiert, siehe Kapitel 4.9.

Table 4.1 zeigt die Untergliederung der Rinder in der deutschen Tierzählung sowie ihre Aufteilung und Aggregierung im Emissionsinventar. Alle Gewichtsbereiche und Lebensalter werden im Inventar erfasst.

Table 4.1: Cattle, categorisation and characterization

animal subcategories according to German census			animal subcategories used in this inventory			
type	**descriptor**		**type**	**category**	**weight w_{start} (1)**	**weight w_{fin} (1)**
A[2]	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	45 kg an^{-1}	125 kg an^{-1}
			animal weight > 125 kg an^{-1}: to dh, bf and bm			
B[2]	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	to bm			
C[2]	ab 2009: Jungvieh 8 Monate bis < 1 Jahr alt, weiblich; vor 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	to bf and dh			
D	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt, männlich	young male cattle 1 to 2 years	bm	male beef cattle	125 kg an^{-1}	$w_{fin, bm}$ (variable)
E	Jungvieh 1 bis 2 Jahre alt weiblich zum Schlachten	young female cattle 1 to 2 years, for slaughtering	bf	female beef cattle	125 kg an^{-1}	$w_{fin, bf}$ (variable)
F	Jungvieh 1 bis 2 Jahre weiblich, Nutz- und Zuchttiere	young female cattle 1 to 2 years, for replacement	dh	dairy heifers	125 kg an^{-1}	$w_{fin, dh}$ (variable)
G	Rinder 2 Jahre und älter, männlich	male cattle above 2 years	mm	male cattle > 2 a (mature males)	1000 kg an^{-1}	
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 dh			
J	Milchkühe	dairy cows	dc	dairy cows	$w_{fin, dh}$ (variable)	$w_{fin, dc}$ (variable)
K[3]	Ammen und Mutterkühe	suckler cows	sc	suckler cows	650 kg an^{-1}	
L[3]	Schlacht- und Mastkühe	cows for fattening and slaughtering	to sc			

[1] w_{start}: animal weight at the beginning of the respective period; w_{fin}: animal weight at the end of the respective period.
[2] 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.
[3] From 2008 onwards, the categories K and L are counted as a total. This approach is applied to all years from 1990 onwards.

Cattle numbers at district level are used to calculate emissions. For the years with agricultural structure surveys (see chapter 3.4.2.1), the numbers of animals at district level are available for all of the cattle categories listed in Table 4.1. The data are provided by the Federal Statistical Office specifically for emissions reporting. Missing district data are replaced in such a way that, for each federal state, the resulting total of the district animal numbers equal the statistically surveyed animal number at federal-state level. In the years without agricultural structure surveys, the district animal numbers are interpolated. It is ensured for each year and each federl state that the total of the district animal numbers corresponds to the numbers at federal-state level published annually by the Federal Statistical Office (StatBA F3 R4, StatBA F3 R4.1).

The animal numbers used and their derivation are discussed in the respective subchapters of the subsequent animal category chapters.

Note: There is no separate animal category "buffalo" in the German inventory. For the reason see subsequent Chapter 4.1.1.2.

Zur Berechnung der Emissionen werden Rinderzahlen auf Kreisebene verwendet. Für die Jahre mit Agrarstrukturerhebungen (siehe Kapitel 3.4.2.1) liegen für alle der in Table 4.1 genannten Rinderkategorien die Tierzahlen auf Kreisebene vor. Die Daten werden vom Statistischen Bundesamt speziell für die Emissionsberichterstattung bereitgestellt. Dabei fehlende Kreistierzahlen werden so ersetzt, dass die Summe der Kreistierzahlen eines Landes der statistisch erhobenen Rinderzahl auf Bundeslandebene entspricht. In den Jahren ohne Agrarstrukturerhebungen werden die Kreistierzahlen interpoliert. Es wird dabei für jedes Jahr und jedes Bundesland sicher gestellt, dass die Summe der Kreistierzahlen den vom Statistischen Bundesamt jährlich veröffentlichten Landestierzahlen entspricht (StatBA F3 R4, StatBA F3 R4.1).

Die verwendeten Tierzahlen bzw. ihre Berechnung wird in den entsprechenden Unterkapiteln der einzelnen Tierkategorien erläutert.

Anmerkung: Es gibt im deutschen Inventar keine separate Tierkaregorie „Büffel“. Zur Begründung siehe nachfolgendes Kapitel 4.1.1.2.

4.1.1.2 *Buffalo / Büffel*

As of the time series year 2013, the cattle numbers reported by the Federal Statistical Office according to various categories (calf, heifers, cow, etc.) also include a breakdown of the total number of cattle into breeds. It also mentions the sum of bison and buffalo. However, it is not possible to break down this sum in such a way that it could be divided between the various categories (calf, heifer, cow, etc.) (SPIELMANNS,, Federal Statistical Office, personal communication, 2020). So there is no way to deduct the number of buffalo from the above. For this reason, the buffalo are no longer listed as a separate category in the inventory since the 2015 submission; their emissions are included in the emissions from cattle.

For this it was necessary to find an allocation of the buffalo to a cattle category for the years before 2013. The Federal Statistical Office did not publish any buffalo figures for this period; however, the gap between 2000 and 2012 was closed by information from the German Buffalo Association (M. THIELE, 2010 - 2013, personal communication). Table 4.2 shows the total German buffalo number for these years.

Ab Zeitreihenjahr 2013 umfassen die vom Statistischen Bundesamt nach verschiedenen Kategorien (Kalb, Färse, Kuh, etc.) berichteten Rinderzahlen zusätzlich auch eine Aufteilung der Gesamtrinderzahl in Rassen. Darin wird auch die Summe der Bisons und Büffel genannt. Es ist aber nicht möglich, diese Summe so aufzulösen, dass sie auf die verschiedenen Kategorien (Kalb, Färse, Kuh, etc.) aufgeteilt werden könnte (SPIELMANNS, Statistisches Bundesamt, persönliche Mitteilung, 2020). Somit gibt es keine Möglichkeit, die Büffel aus den o. g. Rinderzahlen herauszurechnen. Aus diesem Grund werden die Büffel im Inventar seit Submission 2015 nicht mehr als eigenständige Kategorie geführt; ihre Emissionen sind in den Emissionen der Rinder enthalten.

Dazu war es erforderlich, auch für die Jahre vor 2013 eine Zuordnung der Büffel zu den Rindern zu finden. Zwar hat das Statistische Bundesamt für diesen Zeitraum keine Büffelzahlen veröffentlicht; die Lücke 2000 bis 2012 konnte aber durch Angaben des Deutschen Büffelverbandes (M. THIELE, 2010 - 2013, persönliche Mitteilung) geschlossen werden. Table 4.2 zeigt die deutsche Büffel-Gesamtzahl dieser Jahre.

Table 4.2: Buffalo, animal numbers between 2000 and 2012 at national level

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
642	625	755	894	1021	1187	1324	1541	1793	2111	2362	2680	2829

Source: German Buffalo Association (THIELE M, 2010 - 2013, personal communication)

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

Für die Zeit vor 2000 wurden die Büffelzahlen der Empfehlung im Abschlussbericht zum „Initial Review under the Kyoto Protocol and Annual 2006 Review un-

with German Statistics, department VII A, the buffalo numbers before 2000 were estimated by linear back extrapolation. The extrapolation produced negative animal numbers for the years before 1996 which were replaced by zero.

A problem with the allocation of the buffaloes to the cattle in the time series years 1990 to 2012 was, among others, the lack of information on the structure of the buffalo population: A division into dams, calves and adult male animals was not possible. Therefore, the buffaloes had to be assigned to a single cattle category. The category of suckler cows was chosen because the categories of dairy cows, calves, dairy heifers, female beef cattle, male beef cattle and male cattle over 2 years did not seem suitable. For example, grazing is widely used for young buffaloes and buffalo suckler cows (SPINDLER, 2008), which is not the case for any of the German cattle categories except suckler cows.

Following a recommendation of the UNFCCC-Review 2018[25], the assigment of the buffaloes to the suckler cows is quantitatively checked in the following by comparing performance data and emissions of buffaloes and the cattle categories of the German inventory.

Since there is no statistical survey on buffalo performance data in Germany, no detailed emission calculation is possible. Hence the buffalo data published by Italy in the GHG emissions reporting are used. In contrast to Germany, Italy has a noteworthy buffalo population: according to the Italian Submission 2020[26], there were just under 349,000 animals in 2012, i.e. around 91% of the buffalo population reported by the EU[27]. Accordingly, the Italian emission calculations consider the buffaloes in detail. Table 4.3 shows the data comparison for 2012, the last year of the period in which the German inventory assigns the buffaloes to the suckler cow category.

The large difference in animal weight between the Italian buffaloes and German suckler cows is of no significance for the comparison since the suckler cow weight does not enter into the German emission calculations.

Conspicuous in the Italian data are the high VS excretion and the low B_0 value. From the Italian NIR 2020[28] it is obvious that these two parameters are not used for the calculation of CH_4 emissions from the buffalo manure management, but are derived after completion of the emission calculations from manure management data and the calculated CH_4 emissions. The low B_0 value is a direct computational consequence of the high VS excretion. However, the product of VS excretion and B_0 value is comparable to the corresponding value of the German suckler cow.

der the Convention“ folgend in Absprache mit dem Statistischen Bundesamt, Referat VII A, linear rückwärts extrapoliert. Vor 1996 ergaben sich dabei rechnerisch negative Tierzahlen, die durch Nullen ersetzt wurden.

Ein Problem bei der Zuordnung der Büffel zu den Rindern in den Zeitreihenjahren 1990 bis 2012 waren u. a. fehlende Informationen über die Struktur der Büffelpopulation: Eine Aufteilung in Muttertiere, Kälber und ausgewachsene männliche Tiere war nicht möglich. Daher mussten die Büffel einer einzigen Rinderkategorie zugeordnet werden. Es wurde dafür die Kategorie der Mutterkühe gewählt, da die Kategorien der Milchkühe, Kälber, Milchfärsen, Schlachtfärsen, Mastbullen und männlichen Rinder über 2 Jahre nicht geeignet erschienen. So ist z. B. für Büffel-Jungtiere und Büffel-Mutterkühe die Weidehaltung weit verbreitet (SPINDLER, 2008), was in diesem Maße für keine der deutschen Rinderkategorien außer den Mutterkühen zutrifft.

Einer Empfehlung des UNFCCC-Reviews 2018[25] folgend werden zur quantitativen Hinterlegung der Zuordnung der Büffel zu den Mutterkühen im Folgenden Leistungsdaten und Emissionen von Büffeln und den Rinderkategorien des deutschen Inventars verglichen.

Da es in Deutschland keine statistische Erhebung zu Büffel-Leistungsdaten gibt und demzufolge auch keine detaillierte Emissionsberechnung möglich ist, werden die von Italien in der THG-Emissionsberichterstattung veröffentlichten Büffeldaten verwendet. Italien besitzt im Gegensatz zu Deutschland eine nennenswerte Büffelpopulation: Laut italienischer Submission 2020[26] waren es 2012 knapp 349.000 Tiere und damit rund 91 % der von der EU berichteten Büffelpopulation[27]. Dementsprechend detailliert werden die Büffel in den italienischen Emissionsberechnungen berücksichtigt. Table 4.3 zeigt den Datenvergleich für 2012, das letzte Jahr des Zeitraums, in dem das deutsche Inventar die Büffel der Mutterkuhkategorie zuordnet.

Die große Differenz im Tiergewicht zwischen den italienischen Büffeln und deutschen Mutterkühen ist ohne Bedeutung für den Vergleich, da das Mutterkuhgewicht in die deutschen Emissionsberechnungen nicht eingeht.

Auffällig sind bei den italienischen Daten die hohe VS-Ausscheidung und der niedrige B_0-Wert. Aus dem italienischen NIR 2020[28] geht hervor, dass diese beiden Größen nicht in die Berechnung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management der Büffel eingehen, sondern nach Abschluss der Emissionsberechnungen aus Wirtschaftsdüngermengen und berechneten CH_4-Emissionen abgeleitet werden. Der niedrige B_0-Wert ist dabei eine unmittelbare rechnerische Folge der hohen VS-Ausscheidung. Das Produkt VS · B_0 ist dagegen vergleichbar mit dem Wert der deutschen Mutterkuh.

[25] Report on the individual review of the annual submission of Germany submitted in 2018, Table 6 (A.9). https://unfccc.int/sites/default/files/resource/arr2018_DEU.pdf

[26] See UNFCCC (2020): https://unfccc.int/documents/223564. The Italian Submission 2020 was the most up-to-date available at the time of making the comparison of Italian buffalo and German cattle categories.

[27] See UNFCCC (2020): https://unfccc.int/documents/227990

[28] See UNFCCC (2020): https://unfccc.int/documents/223571

The comparison of the total direct GHG emissions in Table 4.3 shows that only the two German cattle categories 'suckler cows' and 'male cattle> 2 years' come close to the Italian buffalo. The relatively large difference in N_2O from grazing and spreading is attributed to the fact that the Italian buffalo are kept almost exclusively in the stable. This can be concluded from the fact that the N excretion of buffalo on pasture reported by Italy for 2012 was only 2.9% of the total N excretion in buffalo keeping. In Germany, on the other hand, buffalo keeping is often associated with grazing extensive green areas (KTBL, 2008b), which leads to significantly higher pasture-related N_2O emissions due to the grazing emission factor that is twice as high as that of spreading. Apart from that, Table 4.3shows that the suckler cows correspond to the buffalo in more detailed data than the male cattle> 2 years. Therefore, in the German inventory up to and including 2012, an assignment of the buffalo to the mother cows is preferred.The product VS · B_0, on the other hand, is comparable to the value of the German suckler cow.

Der Vergleich der gesamten direkten THG-Emissionen in Table 4.3 zeigt, dass lediglich die beiden deutschen Rinderkategorien „Mutterkühe" und „männliche Rinder > 2 Jahre" den italienischen Büffeln nahekommen. Der relativ große Unterschied bei N_2O aus Weidegang und Ausbringung wird darauf zurück geführt, dass die italienischen Büffel fast ausschließlich im Stall gehalten werden. Dies lässt sich daraus schließen, dass die von Italien für 2012 berichteten N-Ausscheidungen der Büffel auf der Weide lediglich 2,9 % der Gesamt-N-Ausscheidung in der Büffelhaltung betrugen. In Deutschland dagegen ist die Büffelhaltung oft mit der Beweidung extensiver Grünflächen verbunden (KTBL, 2008b), was wegen des im Vergleich zur Ausbringung doppelt so hohen Weidegang-Emissionsfaktors zu deutlich höheren weidebedingten N_2O-Emissionen führt. Abgesehen davon zeigt sich in Table 4.3, dass die Mutterkühe in mehr Detaildaten den Büffeln entsprechen als die männlichen Rinder > 2 Jahre. Daher wird im deutschen Inventar bis 2012 einschließlich eine Zuordnung der Büffel zu den Mutterkühen vorgezogen.

Table 4.3: Buffalo, comparison of Italian buffalo data (Submission 2020) for 2012 with respective data from all cattle categories of the German inventory (Submission 2021)

	Italy	Germany						
	buffalo [a]	suckler cow	dairy cow	dairy heifer [b]	female beef cattle [b]	calf [b]	male beef cattle [b]	male cattle < 2 years
mean weight (kg an^{-1})	508.1	650.0	589.0	321.5	321.5	85.0	402.2	1000.0
MCF enteric fermentation (%)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	4.3	6.5	6.5
CH_4 from enteric fermentation (kg pl^{-1} a^{-1})	77.6	76.1	132.3	42.5	47.2	10.8	57.6	85.3
VS (kg pl^{-1} a^{-1}) [c]	1858.1	880.4	1383.8	492.8	552.0	140.0	575.0	1456.0
Bo (m^3 kg^{-1}) [c]	0.13	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
VS · Bo (m^3 pl^{-1} a^{-1})	238.6	202.5	318.3	113.3	127.0	32.2	132.3	334.9
overall MCF of manure management including grazing (%) [d]	7.42	7.35	9.28	6.64	6.77	16.33	12.83	4.62
CH_4 from manure management including grazing (kg pl^{-1} a^{-1})	11.9	10.0	19.8	5.0	6.0	3.5	11.4	10.4
N excretion (kg pl^{-1} a^{-1})	91.4	90.7	111.3	40.7	42.7	16.2	44.9	84.0
direct N_2O emissions from manure management, without grazing and spreading (kg pl^{-1} a^{-1})	0.66	0.61	0.56	0.22	0.24	0.32	0.36	0.39
direct N_2O from grazing and spreading (kg pl^{-1} a^{-1}) [e]	1.01	1.97	1.77	0.73	0.69	0.21	0.62	1.67
GHG in CO_2eq (kg pl^{-1} a^{-1}) [f]	2719.9	2922.0	4496.2	1470.2	1710.8	516.6	2013.9	3005.1
GHG in % of buffalo GHG	100.0	107.4	165.3	54.1	62.9	19.0	74.0	110.5

[a] weighted means of the two buffalo categories used in the Italian inventory; all data taken from the Italian CRF tables of the year 2012 in Submission 2020, except for "VS · Bo" and the overall MCF of manure management including grazing which were calculated from other Italian data provided in the table above.
[b] mean weight during growth
[c] The Italian methodology to estimate VS and B_0 is completely different from IPCC (2006) and the German inventory. For further explanations see text.
[d] Overall MCF of manure management is derived from the given values of CH_4 emission, VS excretion and B_0, using the IPCC (2006) Tier 2 equation 10.23 and the IPCC (2006) density of CH_4 (0.67 kg m^{-3}).
[e] Other than for grazing of buffalo no data for spreading of buffalo manure is directly available from the Italian CRF tables. Hence N_2O related to spreading was approximated by using related CRF data, i.e. the ratio of N spreaded / N excreted in housing for the total of all Italian animal categories.
[f] Sum of CH_4 from enteric fermentation and from manure management as well as direct N_2O from manure management including spreading and grazing (with the GWP of CH_4 and N_2O being 25 and 298, respectively)

4.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten

As of 2008, the cattle numbers reported by the Federal Statistical Office are taken from the HIT database (Herkunftssicherungs- und Informationssystems für Tiere - Data base for the origin of animals and other animal-related data) where a l l cattle animals are registered, including buffaloes. However, the HIT data base does not contain information on the animal type. Hence the number of the cattle subcategories cannot be extracted directly from the HIT data base. A model estimate has to be performed to generate these numbers from the HIT data of the total cattle herd. The uncertainty of the results is 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 2008 werden die durch das Statistische Bundesamt berichteten Rinderzahlen der HIT-Datenbank (Herkunftssicherungs- und Informationssystems für Tiere) entnommen, in der a l l e Rinder erfasst werden, einschließlich der Büffel. Allerdings enthält HIT keine Informationen über die 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. Die Unsicherheit des Ergebnisses 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.

4.2 Parameters common to all cattle and buffalo / Gemeinsame Parameter aller 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_o and the storage-specific methane conversion factor *MCF*. *MCF* gives the fraction of B_o that is typically produced in the various storage systems.

For cattle, a national value for B_o is used (DÄMMGEN et al., 2012a), siehe Table 4.4.

Table 4.4 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 ff For "sloped floor" no IPCC default MCF is available. Hence the value for "deep litter" is adopted.

Table 4.4 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_4 emissions from manure management.

Die Entstehung von Methan aus der Wirtschaftsdüngerlagerung wird im Emissionsinventar durch zwei Parameter charakterisiert (siehe Kapitel 3.3.4.1): die tierspezifische maximale Methan-Bildungsrate B_o und den lagerspezifischen Methanumwandlungsfaktor *MCF*, der angibt, welcher Anteil von B_o in den verschiedenen Lagerungssystemen tatsächlich produziert wird.

Für Rinder wird ein nationaler B_o-Wert verwendet (DÄMMGEN et al., 2012a), siehe Table 4.4.

Table 4.4 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.

Die *MCF*-Werte für die Wirtschaftsdünger-Vergärung incl. Gärrestlagerung sind in Table 4.4 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 nachfolgenen Tier-Kapitel verwiesen, in denen die Berechnung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management beschrieben wird.

Table 4.4: Cattle, maximum methane producing capacity (B_o) and methane conversion factors (*MCF*)

Maximum methane producing capacity B_o	**Maximale Methanbildungs-Kapazität B_o**	**0.23**	**m^3 CH_4 (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**	m^3 m^{-3}
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.17	m^3 m^{-3}
natural crust	natürliche Schwimmdecke	**0.10**	m^3 m^{-3}
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.17	m^3 m^{-3}
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.17	m^3 m^{-3}
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	**0.17**	m^3 m^{-3}
solid manure/heap (tied systems, loose housing[a])	Festmist/Misthaufen (Anbindehaltung, Laufstall[a])	**0.02**	m^3 m^{-3}
solid manure/heap (deep bedding, sloped floor)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreu, Tretmist)	0.17	m^3 m^{-3}
pasture	Weide	0.01	m^3 m^{-3}

[a] loose housing other than deep bedding and sloped floor

Sources: see text

4.2.2 Emission factors for nitrogen emissions / Emissionsfaktoren für Stickstoffemissionen

4.2.2.1 *NH_3 emission factors for housing and grazing / NH_3-Emissionsfaktoren für Stall und Weide*

Partial NH_3 emission factors were fixed for all relevant housing systems, cf. Table 4.5. 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_3-Emissionsfaktoren beruhen auf nationalen tierplatzbezogenen Emissionsfaktoren von DÖHLER et al. (2002), die von DÄMMGEN et al. (2010a) auf TAN-Bezug umgerechnet wurden, siehe Table 4.5. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

Table 4.5: Cattle, partial emission factors for NH_3-N from housing (related to TAN)

Housing type		Haltungssystem		Emission factor (kg kg^{-1})
tied systems	slurry based	Anbindehaltung	güllebasiert	0.066 [a]
	straw based		strohbasiert	0.066 [a]
loose housing	slurry based	Laufstall	güllebasiert	0.197 [a]
	straw based		strohbasiert	0.197 [a]
deep bedding	straw based	Tiefstreu	strohbasiert	0.197 [a]
sloped floor	straw based	Tretmist	strohbasiert	0.213 [a]

[a] estimated according to DÖHLER et al. (2002), pg. 49, and DÄMMGEN et al. (2010a), pg. 97
[b] estimated according to DÖHLER et al. (2002), pg. 49, and DÄMMGEN et al. (2010a), pg. 97, UNECE (1999), Table 3

The NH_3 emission factors for grazing can be found in the respective chapters describing the various cattle subcategories.

Die NH_3-Emissionsfaktoren für Weidegang finden sich in den entsprechenden Unterkapiteln der verschiedenen Rinder-Unterkategorien.

4.2.2.2 *NH_3, N_2O and NO emission factors for storage / NH_3-, N_2O- und NO-Emissionsfaktoren der Lagerung*

Except for the anaerobic digestion of manure, the partial NH_3-N emission factors for the storage systems used in Germany are based on data of DÖHLER et. al. (2002, pg. 62 ff). 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.

According to IPCC (2006), the anaerobic digestion of manue 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).

Mit Ausnahme der Vergärung von Wirtschaftsdünger beruhen die partiellen NH_3-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 4.6.

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 4.6: Cattle, partial emission factors for NH_3-N from storage (related to TAN)

Storage type	Lagerungsart	Emission factor (kg kg^{-1})
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)	
slurry tank	Güllelager	
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	0.150 [a]
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.015 [b]
natural crust	natürliche Schwimmdecke	0.045 [b]
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.030 [b]
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.023 [b]
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	0.045 [a]
leachate, storage with solid cover	Jauche, Lagerung mit fester Abdeckung	0.013 [a]
solid manure/heap (deep bedding, sloped floor)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreu, Tretmist)	0.600 [a]
solid manure/heap (tied systems, loose housing [c])	Festmist/Misthaufen (Anbindehaltung, Laufstall)	0.600 [a]

[a] estimated according to DÄMMGEN et al. (2010a)
[b] calculated according to DÖHLER et al. (2002), Table 3.14
[c] loose housing other than deep bedding and sloped floor

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.

The emission factors for direct N_2O 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_2O-N (kg N)$^{-1}$) is used as a worst-case assumption. Because of the low prevalence of floating covers consisting of chaff, the impact of this assumption on total N_2O emissions is very low.

Germany differentiates solid-manure systems according to whether they include solid-manure storage or use deep bedding. For solid manure systems the default emission factor provided in IPCC (2006)-10.62 is used: 0.005 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$. As in Germany deep bedding systems are used without active mixing (see Chapter 3.4.3.2.1), the lower default emission factor of IPCC (2006) is adopted: 0.01 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$.

Like for NH_3, the effective N_2O emission factor of anaerobic digestion of manure has to be calculated, see Chapter 3.3.4.4. It is not a constant.

Table 4.7 shows the emission factors used in the inventory for direct N_2O. They are related to the sum of N excreted and N input with bedding material.

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.

Die Emissionsfaktoren für direktes N_2O aus Stall/Lager wurden, soweit verfügbar, aus IPCC (2006) entnommen. Für eine schwimmende Abdeckung aus Häckseln wird der N_2O-Emissionsfaktor im Sinne einer worst-case-Annahme mit dem Emissionsfaktor für die natürliche Schwimmdecke gleichgesetzt (0,005 N_2O-N (kg N)$^{-1}$). Wegen geringer Verbreitung der Abdeckung aus Häckseln ist die Auswirkung auf die Gesamt-N_2O-Emissionen sehr gering.

Bei Festmistsystemen differenziert Deutschland nach Festmistlagerung und Tiefstreu. Für Festmistsysteme wird der Default-Emissionsfaktor von IPCC (2006)-10.62 verwendet: 0,005 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$. Da Tiefstreusysteme in Deutschland ohne Durchmischung betrieben werden (siehe Kapitel 3.4.3.2.1), verwendet das Inventar den niedrigeren Default-Emissionsfaktor von IPCC (2006): 0,01 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$.

Für die Vergärung von Wirtschaftsdünger wird wie bei NH_3 auch für N_2O der effektive Emissionsfaktor berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.4. Er ist nicht konstant.

Table 4.7 gibt einen Überblick über die im Inventar verwendeten Emissionsfaktoren für direktes N_2O. Sie beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Table 4.7: Cattle, partial emission factors for direct N_2O-N from housing and storage (applied to N_{excr} + N_{straw})

Storage type	Lagerungsart	Emission factor (kg kg^{-1})
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)	
slurry tank	Güllelager	
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	0.000 [a]
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.005 [b]
natural crust	natürliche Schwimmdecke	0.005 [a]
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.005 [c]
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.000 [d]
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	0.002 [a]
leachate, storage with solid cover	Jauche, Lagerung mit fester Abdeckung	0.005 [e]
solid manure/heap (deep bedding, sloped floor)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreu, Tretmist)	0.010 [a]
solid manure/heap (tied systems, loose housing[f])	Festmist/Misthaufen (Anbindehaltung, Laufstall)	0.005 [a]

[a] Source: IPCC(2006)-10.62 ff; for details see text
[b] A natural crust can develop; enough oxygen is available for N_2O formation. Hence the EF of natural crust is adopted.
[c] Assumption (worst case) due to missing data: Floating covers produced by chaff act like natural crusts.
[d] Even though a natural crust may develop there is not enough oxygen for N_2O formation.
[e] Assumption: comparable to solid-covered storage of slurry
[f] loose housing other than deep bedding and sloped floor

According to IPCC (2006) the emission factor for indirect N_2O-N emissions due to deposition of reactive N from housing/storage is 0.01 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 NO-N from housing/storage is assumed to be one tenth of the N_2O-N emissions factor, the emission

Der Emissionsfaktor für indirekte N_2O-N-Emissionen aufgrund der Deposition von reaktivem N aus Stall/Lager ist nach IPCC (2006) 0,01 kg kg^{-1} (anzuwenden auf die Menge an reaktivem N).

Entsprechend Kapitel 3.3.4.3.5 wird der Emissionsfaktor für NO-N aus Stall/Lager mit einem Zehntel, der Emissionsfaktor für N_2 aus Stall/Lager mit dem Dreifa-

factor for N_2 from housing/storage is estimated thrice the factor for N_2O. Again, the emission factors for NO and 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.

chen des N_2O-N-Emissionsfaktors angesetzt. Die Emissionsfaktoren für NO und N_2 beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

4.2.2.3 *NH_3, N_2O and NO emission factors for spreading / NH_3-, N_2O- und NO-Emissionsfaktoren der Ausbringung*

Table 4.8 to Table 4.10 provide the partial NH3-N emission factors used in the inventory for the spreading of cattle manure. These emission factors are generally based on data from DÖHLER et al. (2002), but were converted from the units "per animal place" to the units "per kg TAN". Some emission factors had to be corrected, and missing emission factors were added.

Table 4.8 bis Table 4.10 zeigen die im Inventar für Rinder eingesetzten partiellen NH_3-N-Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung. Sie beruhen grundsätzlich auf Daten von DÖHLER et al. (2002), wurden aber von Tierplatz-Bezug auf TAN-Bezug umgerechnet. In einigen Fällen war es erforderlich die Emissionsfaktor zu korrigieren oder fehlende Werte zu ergänzen.

Table 4.8: Cattle, NH_3-N emission factors for application of slurry and digested manure (related to TAN)

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg^{-1}) [a]
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 [b]
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 [c]
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 [b]
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	0.46 [d]
trailing hose, beneath vegetation	Schleppschlauch, unterhalb der Vegetation	0.35
trailing hose, grassland	Schleppschlauch, Grünland	0.54
trailing shoe, incorporation ≤ 1 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 1 h	0.04 [e]
trailing shoe, incorporation ≤ 4 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 4 h	0.15 [e]
trailing shoe, incorporation ≤ 8 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 8 h	0.24 [e]
trailing shoe, incorporation ≤ 12 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 12 h	0.30 [e]
trailing shoe, grassland	Schleppschuh, Grünland	0.36
injection techniques	Injektionsverfahren/Schlitzverfahren	0.24
slurry cultivator	Güllegrubber	0.04 [f]

[a] Source: The emission factors are calculated from Table 3.19 and pg. 69 in DÖHLER et al. (2002), except for the EFs denoted by [b, c, d, e].
[b] broadcast or trailing hose, incorporation within 8 h: no data available in DÖHLER et al. (2002), hence emission factor estimated in agreement with KTBL.
[c] broadcast, vegetation: worst case assumption of "no reduction" as no emission factor available.
[d] Expert judgment (S. Wulf, KTBL, 2018): EF of "trailing hose, short vegetation" is assumed to be equal to the EF of "trailing hose, without incorporation".
[e] As there is no data available on these trailing shoe emission factors, the respective emission factors of trailing hose were adopted.
[f] 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.

No NH_3-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 4.8).

Für die Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Rindergülle und –mist sind keine NH_3-N-Emissionsfaktoren verfügbar. Nach Kapitel 3.3.4.4.3 wurden daher die Emissionsfaktoren für die Ausbringung von unbehandelter Rindergülle übernommen, siehe Table 4.8.

Table 4.9: Cattle, NH_3-N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN)

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg^{-1})
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.20 [a]
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.02 [a]
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.07 [a]
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.116 [b]
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.144 [b]
broadcast, vegetation	Breitverteiler, Vegetation	0.20 [a]
broadcast, grassland	Breitverteiler, Grünland	0.20 [a]
trailing hose, without incorporation	Schleppschlauch, ohne Einarbeitung	0.18 [b]
trailing hose, incorporation ≤ 1 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h	0.01 [b]
trailing hose, incorporation ≤ 4 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h	0.05 [b]
trailing hose, incorporation ≤ 8 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h	0.09 [b]
trailing hose, incorporation ≤ 12 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h	0.12 [b]
trailing hose, vegetation	Schleppschlauch, Vegetation	0.10 [b]
trailing hose, grassland	Schleppschlauch, Grünland	0.14 [c]
trailing shoe, incorporation ≤ 1 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 1 h	0.01 [d]
trailing shoe, incorporation ≤ 4 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 4 h	0.05 [d]
trailing shoe, incorporation ≤ 8 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 8 h	0.09 [d]
trailing shoe, incorporation ≤ 12 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 12 h	0.12 [d]
trailing shoe, grassland	Schleppschuh, Grünland	0.08 [c]
injection techniques	Injektionsverfahren/Schlitzverfahren	0.04 [c]
slurry cultivator	Güllegrubber	0.01 [e]

[a] DÖHLER et al. (2002), Table 3.20
[b] 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)
[c] estimated with the respective emission reduction factor for pig slurry (DÖHLER et al., 2002, Table 3.19)
[d] As there is no data available on these trailing shoe emission factors, the respective emission factors of trailing hose were adopted.
[e] 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 4.10: Cattle, NH_3-N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN)

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg^{-1})
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.90 [a]
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.09 [a]
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.45 [a]
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.72 [b]
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.81 [b]
broadcast, incorporation ≤ 24 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h	0.90 [a]
broadcast, incorporation ≤ 48 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h	0.90 [a]

[a] calculated according to DÖHLER et al. (2002), Table 3.24
[b] estimated from data in DÖHLER et al. (2002), Table 3.24, in agreement with KTBL

For the uncertainties of the NH_3-N emission factors see Chapter 4.2.2.4.

Emission factors for N_2O and NO emissions due to spreading of manure or digestate of manure are provided in Chapters 11.2 and 12.

Zur Unsicherheit der NH_3-N-Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

Zu Emissionsfaktoren für die Berechnung von N_2O- und NO-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Wirtschaftsdünger-Gärresten siehe Kapitel 11.2 und 12.

4.2.2.4 *Uncertainties of the nitrogen emission factors / Unsicherheiten der Stickstoff-Emissionsfaktoren*

The subsequent specifications apply to a l l animals for which emissions are calculated.

The 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),

Die nachfolgenden Angaben gelten für a l l e Tiere, für die Emissionen berechnet werden.

Die NH_3-Emissionen aus der Tierhaltung werden in drei getrennten Quellkategorien berichtet:

- Emissionen aus Stall und Lager unter „Wirtschaftsdünger-Management" getrennt nach Tierkategorien,

- emissions from manure spreading (as a total for all animals), and
- emissionen from grazing (as a total for all animals which are grazed).

The uncertainties (half the 95 % confidence interval) of the NH_3 emission factors area needed separately for each of these three source categories in order to enable the calculation of the total uncertainty of the NH_3 emissioninventory. 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 (2019)-3B-35 quotes an investigation made in the UK that estimates the uncertainty of the emission factor for spreading of slurry to be ± 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 NH_3 emission factor for spreading. A normal distribution is assumed. This uncertainty applies to the application of each individual animal category. Effective emission factor uncertainty is calculated for the spreading-related total emission of all animal categories, as is ultimately to be reported, using Gaussian error propagation, see Chapter 11.2.

For the uncertainty of NH_3 emissions originating from grazing, the British study mentioned above obtained an uncertainty of ± 136 % for "beef cattle grazing" (see EMEP (2019)-3B-35). Based on this the German inventory assumes an uncertainty of factor 2.5 for the NH_3 emission factors for all grazing animals. Fitting a lognormal distribution leads to a 95 % confidence interval of [-70 %; 150 %], related to the expected value. According to IPCC (2006)-3.29, the total uncertainty of the 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 N_2O emission factor for the combination of animal house and storage see Chapter 14.4.1. (The direct N_2O emissions from agricultural soils resulting from the application of manure are described in Chapter 11.2 See also there for the uncertainty of the corresponding emission factor. For indirect N_2O emissions, including related uncertainties, see Chapter 12.)

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N_2 emission factors, the uncertainty of the N_2O emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

The uncertainties of the implied emission factors (IEF) for NH_3, N_2O, NO, and N_2 from manure management are described in Chapters 14.4 to 0.

- Emissionen aus der Ausbringung für alle Tiere zusammengefasst, und
- Emissionen aus dem Weidegang für alle weidenden Tiere zusammengefasst.

Die Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) der NH_3-Emissionsfaktoren wird getrennt für jede dieser drei Quellkategorien benötigt, um die Gesamtunsicherheit des NH_3-Inventars in Kapitel 14.7 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 (2019)-3B-35 zitiert eine britische Untersuchung, in der die Unsicherheit des Emissionsfaktors für die Ausbringung von Gülle bei ± 14 % liegt. EMEP (2007)-B1090-19 gab für Tier-1-Emissionsfaktoren eine Unsicherheit von 30 % an. In konservativer Weise wird im Inventar für den NH_3-Emissionsfaktor der Ausbringung die EMEP-Unsicherheit von 30 % angenommen (halbes 95 %-Konfidenzintervall, Normalverteilung). Diese Unsicherheit gilt für die Ausbringung jeder einzelnen Tierkategorie. Für die ausbringungsbedingte Gesamtemission aller Tierkategorien, wie sie letztlich zu berichten ist, wird mittels Gaußscher Fehlerfortpflanzung eine effektive Emissionsfaktor-Unsicherheit berechnet, siehe Kapitel 11.2.

Zur Unsicherheit des NH_3-Emissionsfaktors für Weidegang gibt die oben erwähnte britische Studie laut EMEP (2019)-3B-35 eine Unsicherheit von ± 136 % für „beef cattle grazing" an. Davon ausgehend nimmt das deutsche Inventar für alle weidenden Tiere einen NH_3-EF-Unsicherheitsfaktor von 2,5 an. Wird daran eine lognormal-Verteilung angepasst, ergibt sich bezogen auf den Erwartungswert ein 95 %-Konfidenzintervall von [-70 %; 150 %]. Nach IPCC (2006)-3.29, wird für die Gesamtunsicherheitsberechnung des deutschen landwirtschaftlichen 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 N_2O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager" wird auf Kapitel 14.4.1 verwiesen. (Die als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger entstehenden direkten N_2O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden werden in Kapitel 11.2 beschrieben. Siehe dort auch wegen der Unsicherheit des entsprechenden Emissionsfaktors. Zu den indirekten N_2O-Emissionen einschließlich der entsprechenden Unsicherheiten siehe Kapitel 12.)

Mangels Daten zu den Unsicherheiten der NO- und N_2-Emissionsfaktoren wird die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

Zu den Unsicherheiten der aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für NH_3, N_2O, NO und N_2 aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 14.4 bis 0.

4.3 Dairy cows / Milchkühe

The category "dairy cow" used in the inventory corresponds to the category J in Table 4.1.

Until submission 2020 (HAENEL ET AL., 2020) the inventory model for dairy cows was largely based on DÄMMGEN ET AL. (2009b) regarding enery requirements and feeding. As of submission 2021, a new dairy cow model is used in which these sections and the determination of the initial weight have been redesigned based on German standard values and expert recommendations.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.11.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Die im Inventar verwendete Kategorie „Milchkuh“ entspricht der Kategorie J in Table 4.1.

Bis Submission 2020 (HAENEL ET AL., 2020) basierte das Inventarmodell für Milchkühe in den Bereichen Energiebedarf und Fütterung weitestgehend auf DÄMMGEN ET AL. (2009b). Ab Submission 2021 kommt ein Milchkuhmodell zum Einsatz, in dem diese Bereiche sowie die Ermittlung des Anfangsgewichts anhand deutscher Standardwerte und Expertenempfehlungen neu konzipiert wurden.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.11. zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.11: Dairy cows, calculation methods applied

Species	Origin	Tier	Method applied
CH_4	enteric fermentation	3	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	2	EMEP
NH_3	manure management	3	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

4.3.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

4.3.1.1 *Animal numbers / Tierzahlen*

Cattle numbers are collected annually by the Statistical Offices of the federal states (STATLA C III 1 – vj 4) and published by the Federal Statistical Office in federal-state resolution and for Germany (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). The cattle numbers used to calculate the emissions in district resolution are provided by the Federal Statistical Office specifically for emissions reporting, see Chapter 4.1.1. For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1.2.

The dairy cow numbers used in the inventory correspond to the numbers for category J in Table 4.1.

Rinderzahlen werden jährlich von den Statistischen Landesämtern erhoben (STATLA C III 1 – vj 4) und durch das Statistische Bundesamt in Bundeslandauflösung und für Deutschland veröffentlicht (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). Die zur Emissionsberechnung verwendeten Rinderzahlen in Kreisauflösung werden durch das Statistische Bundesamt speziell für die Emissionsberichterstattung bereitgestellt, siehe dazu Kapitel 4.1.1. Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Kapitel 4.1.2.

Die im Inventar verwendeten Milchkuhzahlen entsprechen den Zahlen für die Kategorie J in Table 4.1.

4.3.1.2 *Animal weights, weight gains and lifespans / Tiergewichte, Gewichtszunahmen und Lebensdauern*

For the calculation of emissions from dairy cows, the initial weight, i.e. the weight after the first calving, the live weight and the lifespan from the first calving age to slaughter.

The initial weight is calculated proportionally to the live end weight, for which the temporally variable proportionality factor $f_{w,\,dc}$ was determined representative of the German dairy cow population (KTBL, 2020b): $f_{w,\,dc}$ falls from around 0.83 in the early 1990s to around 0 .79 for 2020.

Für die Emissionsberechnung der Milchkühe werden das Anfangsgewicht, d. h. das Gewicht nach dem ersten Abkalben, das Lebendendgewicht und die Lebensdauer ab dem Erstkalbealter bis zur Schlachtung benötigt.

Das Anfangsgewicht wird proportional zum Lebendendgewicht berechnet, wofür der zeitlich variable Proportionalitätsfaktor $f_{w,\,dc}$ repräsentativ für die deutsche Milchkuhpopulation ermittelt wurde (KTBL, 2020b): $f_{w,\,dc}$ fällt von rund 0,83 für Anfang der 1990er Jahre auf ca. rund 0,79 für 2020.

$$w_{\text{start, dc}} = f_{\text{w, dc}} \cdot w_{\text{fin, dc}} \qquad \textbf{(4.1)}$$

$w_{\text{start, dc}}$ start weight, i. e. the weight immediately after first calving (in kg an^{-1})
$f_{\text{w, dc}}$ factor of proportionality (in kg kg^{-1})
$w_{\text{fin, dc}}$ final live weight of dairy cows (in kg an^{-1}), see below

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):

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):

$$w_{\mathrm{fin,\,dc}} = a + b \cdot w_{\mathrm{cw,\,dc}} \qquad \textbf{(4.2)}$$

$w_{\mathrm{fin,\,dc}}$	final live weight of dairy cows (in kg an^{-1})
a	constant (a = 221 kg an^{-1})
b	coefficient (b = 1.46 kg kg^{-1})
$w_{\mathrm{cw,\,dc}}$	carcass weight of dairy cows (in kg an^{-1})

The carcass weights of dairy cows are compiled in Table 4.12. Due to limited space in the table, every other year is omitted before 2014. The missing data for the new federal states (former GDR) 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 Milchkuh-Schlachtgewichte sind in Table 4.12 zusammengestellt. Aus Platzgründen wurde in dieser Tabelle bis 2014 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 verwendet, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

Table 4.12: Dairy cows, carcass weights (in kg an^{-1})

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW	283	284	290	291	296	298	306	305	309	309	311	308	306	307	304	309	317	322
BY	299	299	310	308	310	315	319	318	320	321	325	321	321	323	322	325	326	328
BB		250	260	265	271	278	282	284	278	270	272	274	274	275	271	272	276	280
HE	278	282	280	275	274	285	285	284	290	278	281	304	302	299	302	299	302	303
MV		250	254	255	256	262	274	272	267	270	272	274	274	275	271	272	276	280
NI	280	285	293	290	290	297	300	296	299	296	298	293	287	291	288	291	290	301
NW	279	280	284	284	285	287	289	289	292	290	295	296	293	295	291	293	292	297
RP	272	279	292	288	281	282	283	280	282	281	285	285	276	279	274	273	279	282
SL	293	290	307	307	305	304	305	301	302	302	308	304	300	300	302	299	302	304
SN		245	254	257	260	266	278	273	272	275	278	276	277	279	277	279	280	287
ST		241	262	259	266	278	290	263	262	276	276	275	276	279	275	279	282	287
SH	283	287	294	290	293	301	305	298	303	302	307	299	294	298	293	297	294	301
TH		249	270	268	270	275	274	269	272	275	277	275	276	277	276	279	282	286

Source: Calculated from data in STATBA FS3 R 4.2.1 (Schlachtungen und Fleischerzeugung); STATISTISCHES BUNDESAMT, GENESIS-Online-Datenbank .

The ages of first calving (τ_{calf}) and of slaughtering ($\tau_{\mathrm{fin,\,dc}}$) are published by ADR and taken from their annual reports (ADR, 1993 ff). 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 4.13, including the resulting lifespan. Data gaps occuring 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 until 2014.

Measurement data from the Friedrich-Loeffler-Institute (FLI) in Braunschweig on the weight history of Frisian dairy cows show an approximately linear increase in lactation mean weight for the period of the first three lactations, while this remains almost constant in the subsequent lactations (U. MEYER, 2019 , FLI, personal communication). The available slaughter age data (see Table 4.13) suggest that German dairy cows generally achieve a maximum of three lactations. The inventory

Erstkalbealter (τ_{calf}) und Schlachtalter ($\tau_{\mathrm{fin,\,dc}}$) 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 4.13 zusammengestellt, einschließlich der resultierenden Lebensdauer. 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 bis 2014 jedes zweite Jahr weggelassen.

Messdaten des Friedrich-Loeffler-Instituts (FLI) in Braunschweig zum Gewichtsverlauf von Schwarzbunten Milchkühen zeigen für den Zeitraum der ersten drei Laktationen einen angenähert linearen Anstieg des laktationsmittleren Gewichts, während dieses in den nachfolgenden Laktationen nahezu konstant bleibt (U. MEYER, 2019, FLI, persönliche Mitteilung). Die verfügbaren Schlachtalterdaten (siehe Table 4.13) legen den Schluss nahe, dass deutsche Milchkühe in der Regel

assumes a linear increase in weight over time for all dairy cows, see Equation (4.3).

maximal drei Laktationen erreichen. Das Inventar geht für alle Milchkühe von einem linearen zeitlichen Anstieg des Gewichts aus, siehe Gleichung (4.3).

Table 4.13: 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	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
$\tau_{fin,\,dc}$	*5.70*	*5.70*	5.60	5.70	5.50	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.30	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40	5.40
τ_{calf}	*2.55*	2.55	2.55	2.50	2.51	2.50	2.48	2.46	2.43	2.39	2.38	2.36	2.33	2.33	2.33	2.31	2.31	2.31
lifespan	*3.15*	*3.15*	3.05	3.20	2.99	2.90	2.93	2.94	2.98	3.01	3.03	2.94	3.07	3.07	3.08	3.09	3.09	3.09

τ_{calf}: age of first calving; $\tau_{fin,\,dc}$: age of slaughtering; Δt: resulting life span.
Data based on gap closure are printed in italics.

Sources: ADR (annual reports, 1993 – 2017), e.g. ADR (2017), Tables 4.9 and 4.15; BRS (annual reports, 2018 – 2020), e.g. BRS (2020), Tables 4.9 and 4.15

$$\frac{\Delta w_{dc}}{\Delta t} = \frac{w_{fin,\,dc} - w_{start,\,dc}}{\tau_{fin,\,dc} - \tau_{calf}} \quad \textbf{(4.3)}$$

$\Delta w_{dc}/\Delta t$	mean annual weight gain of dairy cows (in kg an^{-1} a^{-1})
$w_{fin,\,dc}$	final live weight of dairy cows (in kg an^{-1})
$w_{start,\,dc}$	start weight, i. e. the weight immediately after first calving (in kg an^{-1})
$\tau_{fin,\,dc}$	slaughter age of dairy cows (in a)
τ_{calf}	age at first calving (in a)

The mean dairy cow weight must also be reported in the emissions report. Based on the linear weight increase (see above), this is calculated as the arithmetic mean of the initial and liv-end weight.

In der Emissionsberichterstattung ist auch das mittlere Milchkuhgewicht zu berichten. Dieses wird, ausgehend von der linearen Gewichtszunahme (s. o.), als arithmetisches Mittel von Anfangs- und Lebendendgewicht berechnet.

4.3.1.3 *Milk yield and milk composition / Milchleistung und Milchinhaltsstoffe*

For dairy cows, the most important performance criterion is milk yield. As of Submission 2019, milk yields at district level are used in all years from 1990 onwards.

As of the year 2007, BLE is providing district-specific data on milk production and use (BLE, 2020). However, the district-related data for the last year of the time series is usually not available in time. It is estimated based on the previous year. Missing district data were interpolated in the respective federal states with the aid of milk production (in tons per federal state) in such a way that the average milk yield for each federal state is reproduced. Milk production is known for all federal states in the years as of 2007 (BLE, 2020).

Prior to 2007 district-based milk yield data are availabe for years with agricultural structure surveys, i. e. 1990, 1992, 1994, 1996, 2001 and 2003 (STATLA C III 3). The milk production (in tonnes per federal state) was calculated for these years as the product of the milk yield per federal state (STATBA FS3 R4.2.2) and the number of animals. Data gaps in the district-related milk yield data were then interpolated as described above. In the years 1991, 1993, 1995, 1997, 1998, 2000, 2002 and 2004 - 2006, milk production was interpolated using the number of animals in the respective year and milk production in the neighboring years.

Mean milk yields for the federal states and Germany are compiled in Table 4.14. As the table size does not allow to present the complete time series, every other year is omitted before 2014.

Wesentliches Milchkuh-Leistungskriterium ist die Milchleistung. Seit Submission 2019 wird in allen Jahren ab 1990 mit Milchleistungen auf Kreisebene gerechnet.

Ab dem Jahr 2007 liefert die BLE kreisbezogene Daten zu Milcherzeugung und –verwendung (BLE, 2020). Die kreisbezogenen Daten für das jeweils letzte Zeitreihenjahr liegen allerdings in der Regel nicht rechtzeitig vor. Sie werden mit Hilfe des Vorjahres geschätzt. Fehlende Kreisdaten wurden mit Hilfe der Milcherzeugung (in Tonnen pro Bundesland) in den jeweiligen Ländern so interpoliert, dass sich für jedes Bundesland die mittlere Milchleistung ergibt. Die Milcherzeugung ist bekannt für für alle Bundesländer in den Jahren ab 2007 (BLE, 2020).

Vor 2007 liegen für Jahre mit Agrarstrukturerhebungen (1990, 1992, 1994, 1996, 2001 und 2003) ebenfalls kreisbezogene Milchleistungsdaten vor (STATLA C III 3). Die Milcherzeugung (in Tonnen pro Bundesland) wurde für diese Jahre berechnet als Produkt aus Milchleistung pro Bundesland (STATBA FS3 R4.2.2) und Tierzahl. Datenlücken bei den kreisbezogenen Milchleistungsdaten wurden dann wie oben beschrieben interpoliert. In den Jahren 1991, 1993, 1995, 1997, 1998, 2000, 2002 und 2004 - 2006 wurde die Milcherzeugung mit Hilfe der Tierzahlen des jeweiligen Jahres und der Milcherzeugung der benachbarten Jahre interpoliert.

Die mittleren Milchleistungen der Bundesländer und von Deutschland sind in Table 4.14 zusammengestellt. Aus Platzgründen wurde in den nachfolgenden Tabellen bis 2014 jedes zweite Jahr weggelassen.

Table 4.14: Dairy cows, milk yield (in kg pl^{-1} a^{-1}) (averaged district level data)

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW	4207	4388	4732	4926	5197	5243	5539	5799	5893	6021	6246	6768	6750	7030	6944	6989	7241	7372
BY	4415	4572	4791	4928	5210	5322	5438	5814	6100	5967	6205	6513	6714	6726	6890	6965	7293	7433
BB	4204	4654	5073	5576	6356	6823	7318	7579	7960	8315	8353	8487	8731	8901	9111	8950	9031	9209
HE	5181	5528	5459	5712	6121	6199	6286	6447	6650	6439	6672	6938	7026	7126	7344	7174	7567	7722
MV	4176	4803	5033	5722	6587	6849	7215	7591	8026	8193	8251	8419	8801	8956	8998	8717	8931	9196
NI	5897	6056	6228	6291	6559	6627	6811	6958	7170	6931	7494	7673	7908	7924	8060	8149	8476	8733
NW	5200	5466	5745	6030	6538	6533	6890	7055	7387	7096	7445	7591	7879	7879	7962	8041	8357	8650
RP	4470	4875	5122	5573	5938	5862	5977	6294	6460	6420	6831	6963	7245	7345	7546	7460	7864	8002
SL	4808	5159	5188	5447	5981	5699	6306	6437	6568	6148	6388	6304	6692	6700	6846	6703	7147	7310
SN	4380	5000	5274	5593	6295	6874	7321	7656	8050	8393	8533	8967	8980	9189	9394	9365	9619	9619
ST	4006	5286	5425	5921	7047	7048	7235	7532	7912	8234	8277	8636	8848	9158	9453	9083	9483	9594
SH	4881	5116	5393	5709	5947	6202	6627	6888	7134	6965	7237	6993	7345	7441	7532	7612	7890	8094
TH	4267	4972	5112	5613	6224	6737	7134	7463	7864	8202	8460	8952	8999	9307	9604	9346	9609	9639
StSt	5364	5280	6132	5760	5410	6406	6947	7281	6993	6948	7407	7479	7601	7609	7311	7332	7633	7762
Germany	4700	5034	5269	5514	5917	6058	6296	6591	6858	6794	7083	7323	7541	7628	7746	7763	8068	8250

Source: See text

Milk fat contents are available for single German Federal States. The data available at the time being are listed in Table 4.15 Milk protein contents are shown in Table 4.16. As of 2014, it is the contents of milk fat and milk protein of conventionally produced cow's milk. For the years 1990 – 2013 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 federal states (former GDR) 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 4.15 zusammengestellt, die mittleren Milcheiweiß-Gehalte in Table 4.16. Ab 2014 sind es Milchfett-und Milchprotein-Gehalte von konventionell erzeugter Kuhmilch. Die Werte in Table 4.16 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 4.15: Dairy cows, fat content of milk (in % of mass)

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW	4.04	4.10	4.15	4.17	4.17	4.14	4.17	4.22	4.17	4.17	4.17	4.16	4.14	4.15	4.17	4.12	4.10	4.13
BY	4.06	4.11	4.14	4.19	4.22	4.20	4.24	4.25	4.19	4.19	4.18	4.18	4.18	4.19	4.23	4.20	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	3.91	3.90	3.96	3.93	3.82	3.94
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	4.08	4.09	4.12	4.09	4.06	4.13
MV		4.38	4.43	4.41	4.33	4.26	4.13	4.16	4.10	4.06	4.12	4.11	3.96	3.97	4.00	3.98	3.91	4.02
NI	4.17	4.22	4.28	4.33	4.27	4.27	4.22	4.25	4.20	4.17	4.19	4.16	4.06	4.09	4.10	4.07	4.03	4.11
NW	4.11	4.14	4.15	4.20	4.21	4.19	4.17	4.19	4.14	4.13	4.13	4.07	4.05	4.07	4.10	4.07	4.04	4.14
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	4.08	4.09	4.12	4.09	4.06	4.13
SL																		
SN		4.41	4.49	4.45	4.36	4.29	4.17	4.19	4.07	4.05	4.05	4.01	3.99	3.96	4.03	3.96	3.90	3.99
ST		4.37	4.41	4.36	4.25	4.18	4.07	4.10	4.00	3.99	4.04	3.95	3.92	3.89	3.93	3.93	3.85	3.96
SH	4.16	4.27	4.27	4.33	4.28	4.30	4.37	4.22	4.25	4.23	4.27	4.24	4.15	4.20	4.21	4.16	4.13	4.21
TH		4.35	4.38	4.33	4.32	4.19	4.09	4.10	4.00	4.00	4.03	3.96	3.95	3.93	3.99	3.97	3.90	4.01
Germany	4.09	4.20	4.24	4.27	4.25	4.22	4.20	4.22	4.16	4.14	4.16	4.13	4.08	4.09	4.12	4.09	4.06	4.13

Source: ZMP, various years; MLUR-BB (2007); ZMB (2009); AMI, Markt Bilanz Milch (2011 - 2020)

Table 4.16: Dairy cows, protein content of milk (in % of mass)

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW	3.33	3.37	3.43	3.46	3.39	3.39	3.40	3.44	3.40	3.40	3.41	3.41	3.41	3.41	3.43	3.44	3.46	3.47
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	3.50	3.49	3.52	3.52	3.52	3.53
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	3.38	3.41	3.42	3.39	3.43
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	3.37	3.38	3.41	3.42	3.43	3.46
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	3.39	3.41	3.43	3.42	3.46
NI	3.29	3.29	3.30	3.37	3.35	3.37	3.38	3.39	3.38	3.40	3.41	3.40	3.38	3.39	3.40	3.41	3.42	3.46
NW	3.34	3.32	3.32	3.35	3.33	3.35	3.36	3.38	3.37	3.39	3.42	3.37	3.39	3.40	3.42	3.44	3.44	3.46
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	3.37	3.38	3.41	3.42	3.43	3.46
SL																		
SN		3.38	3.46	3.48	3.47	3.47	3.45	3.44	3.40	3.41	3.40	3.39	3.38	3.38	3.41	3.41	3.40	3.44
ST		3.42	3.46	3.50	3.47	3.45	3.43	3.42	3.38	3.40	3.42	3.38	3.38	3.38	3.40	3.42	3.39	3.44
SH	3.32	3.36	3.43	3.40	3.39	3.41	3.42	3.39	3.39	3.40	3.41	3.40	3.40	3.41	3.40	3.41	3.42	3.45
TH		3.38	3.43	3.45	3.46	3.42	3.41	3.42	3.39	3.39	3.39	3.41	3.40	3.40	3.44	3.43	3.41	3.46
Germany	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	3.42	3.43	3.45	3.45	3.47

Source: ZMP Milch, various years; MLUR-BB (2007); ZMB (2009); AMI, Markt Bilanz Milch (2011 - 2020)

4.3.1.4 *Pregnancy / Trächtigkeit*

The share of pregnant dairy cows is provided in ADR (1993 - 2017) and BRS (as of 2018). Complete timeseries are available for all Federal States. However, this data ist not explicitly used for the emission calculations. It is reported only for informative reasons.

Der Anteil trächtiger Milchkühe wird ADR (1993 - 2016) und BRS (ab 2018) entnommen. Es ergeben sich vollständige Zeitreihen für alle Bundesländer. Diese Daten gehen aber nicht in die Emissionsberechnungen ein, sondern werden lediglich informationshalber berichtet.

4.3.2 Energy requirements / Energiebedarf

In Germany, the energy requirement of dairy cows is determined according to the NEL system (net energy lactation). The calculation of the NEL requirement in the inventory is based on the recommendations of the Society for Nutritional Physiology (GfE, 2001, Chapter 1.4). In addition, a 5% surcharge on maintenance and performance requirements, which German experts consider necessary in practice, is taken into account (SPIEKERS UND RÖSEMANN, 2018; personal communication by H. SPIEKERS, 2019, LfL Grub-Poing). In addition to energy for milk production, the performance requirement also includes energy for body growth. According to GfE (2001), p. 20, additional energy requirements for grazing are taken into account by adding a surcharge to the maintenance requirement.

The mean annual total NEL requirement per animal place of dairy cows with grazing is given by Equation (4.4).

In Deutschland wird der Energiebedarf von Milchkühen nach dem NEL-System (Netto-Energie-Laktation) ermittelt. Die Berechnungs des NEL-Bedarfs im Inventar basiert auf den Empfehlungen des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE, 2001, Kapitel 1.4). Zusätzlich wird ein von deutschen Experten in der Praxis als notwendig erachteter 5 %-Zuschlag auf Erhaltungs- und Leistungsbedarf berücksichtigt (SPIEKERS UND RÖSEMANN, 2018; persönliche Mitteilung H. SPIEKERS, 2019, LfL Grub-Poing). Dabei umfasst der Leistungsbedarf neben der Energie für die Milchproduktion auch die Energie für das Körperwachstum. Zusätzlicher Energiebedarf bei Weidegang wird gemäß GfE (2001), S. 20, durch einen Zuschlag zum Erhaltungsbedarf berücksichtigt.

Der mittlere jährliche Gesamt-NEL-Bedarf pro Tierplatz von Milchkühen mit Weidegang ist durch Gleichung (4.4) gegeben.

$$NEL_{\mathrm{tot}} = \left[NEL_{\mathrm{m}} \cdot \left(1 + f_{\mathrm{E,\,graz}} \cdot f_{\mathrm{time,\,graz}}\right) + NEL_{\mathrm{lc}} + NEL_{\mathrm{g}}\right] \cdot \left(1 + f_{\mathrm{NEL,\,add}}\right) + NEL_{\mathrm{p}} \quad \textbf{(4.4)}$$

NEL_{tot}	mean total annual NEL requirements (in MJ pl^{-1} a^{-1})
NEL_{m}	mean annual NEL requirements for maintenance (in MJ pl^{-1} a^{-1})
$f_{\mathrm{E,\,graz}}$	factor accounting for additional energy requirements during grazing ($f_{\mathrm{E,\,graz}}$ = 0.15 or 15 %, see text)
$f_{\mathrm{time,\,graz}}$	fraction of the year spent on pasture, average over the animals with grazing (in a a^{-1}), see Eq. (4.6)
NEL_{lc}	mean annual NEL requirements for milk production (lactation) (in MJ pl^{-1} a^{-1})
NEL_{g}	mean annual NEL requirements for growth (in MJ pl^{-1} a^{-1})
$f_{\mathrm{NEL,\,add}}$	parameter describing additional energy requiremens needed in practice ($f_{\mathrm{NEL,\,add}}$ = 0.05 MJ MJ^{-1} or 5 %, see text)
NEL_{p}	mean annual NEL requirements for pregnancy (in MJ pl^{-1} a^{-1})

The terms and quantities of Equation (4.4).are described below. For cows without grazing, Equation (4.4) with $f_{time, graz}$= 0 must be used. Use is made of the equivalence of the units "per animal and year" (an^{-1} a^{-1}) and "per place and year" (pl^{-1} a^{-1}) applicable to dairy cows.

Die in Gleichung (4.4) eingehenden Terme und Größen werden im Folgenden beschrieben. Für Kühe ohne Weidegang ist Gleichung (4.4) mit $f_{time, graz}$ = 0 anzuwenden. Es wird von der bei Milchkühen geltenden Äquivalenz der Einheiten „pro Tier und Jahr" (an^{-1} a^{-1}) und „pro Platz und Jahr" (pl^{-1} a^{-1}) Gebrauch gemacht.

The calculation of the maintenance requirement NEL_m is based on equation (1.4.1) in GfE (2001) for the daily maintenance requirement as a function of body weight. This varies in the course of a lactation through decrease and increase; net, however, the weight increases over the entire service life from $w_{start, dc}$ to $w_{fin, dc}$. According to chapter 4.3.1.2 it is assumed in the inventory that the lactation average weight is increasing linearly up to the third and last lactation reached. The averaging of GfE equation (1.4.1) thus leads to the mean annual maintenance requirement:

Die Berechnung des Erhaltungsbedarfs NEL_m basiert auf Gleichung (1.4.1) in GfE (2001) für den täglichen Erhaltungsbedarf als Funktion des Körpergewichts. Dieses variiert im Laufe einer Laktation durch Abnahme und Wiederanstieg; netto aber steigt das Gewicht über die gesamte Nutzungsdauer von $w_{start, dc}$ bis $w_{fin, dc}$. Nach Kapitel 4.3.1.2 wird im Inventar davon ausgegangen, dass das laktationsmittlere Gewicht bis zu der in Deutschland i. d. R. maximal erreichten dritten Laktation linear ansteigt. Damit führt die Mittelung von GfE-Gleichung (1.4.1) zum mittleren jährlichen Erhaltungsbedarf:

$$NEL_{\mathrm{m}} = \alpha \cdot \eta_{\mathrm{NEL,\,m}} \cdot \frac{w_{\mathrm{unit}}^2}{1.75 \cdot (w_{\mathrm{fin,\,dc}} - w_{\mathrm{start,\,dc}})} \cdot \left[\left(\frac{w_{\mathrm{fin,\,dc}}}{w_{\mathrm{unit}}}\right)^{1.75} - \left(\frac{w_{\mathrm{start,\,dc}}}{w_{\mathrm{unit}}}\right)^{1.75}\right] \quad \textbf{(4.5)}$$

NEL_m	mean annual NEL required for maintenance (in MJ pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$\eta_{NEL, m}$	constant ($\eta_{NEL, m}$ = 0.293 MJ kg^{-1} d^{-1}), see GfE (2001), pg. 20, eq. (1.4.1)
w_{unit}	unit value of animal weight (w_{unit} = 1 kg an^{-1})
$w_{fin, dc}$	final live weight of dairy cows (in kg an^{-1})
$w_{start, dc}$	start weight, i. e. the weight immediately after first calving (in kg an^{-1})

Grazing causes additional energy requirements. According to GfE (2001), p. 20, this is formulated as an addition to the maintenance energy requirement, see equation (4.4). The parameter $f_{E, graz}$ indicates the relative proportion by which the maintenance energy requirement would increase with all-day grazing all year round. According to GfE (2001), $f_{E, graz}$ can be up to 15%; According to KTBL (2020c), this value is recommended for use in the German emissions inventory. The parameter $f_{time, graz}$ represents, on average over those dairy cows that are grazing, the relative proportion of the year that is spent on pasture (for the origin and availability of the grazing data, see Sections 3.4.3.1, 3.4.3.2.7 and 3.4.3.3). For cows without grazing $f_{time, graz}$ = 0 applies.

Weidegang verursacht zusätzlichen Energiebedarf. Dieser wird nach GfE (2001), S. 20, als Zuschlag zum Erhaltungsenergiebedarf formuliert, siehe Gleichung (4.4). Der Parameter $f_{E, graz}$ gibt dabei an, um welchen relativen Anteil der Erhaltungsenergiebedarf bei ganzjährig ganztägiger Weidehaltung ansteigen würde. Laut GfE (2001) kann $f_{E, graz}$ bis zu 15 % betragen; nach KTBL (2020c) empfiehlt sich dieser Wert zur Verwendung im deutschen Emissionsinventar. Der Parameter $f_{time, graz}$ stellt im Mittel über diejenigen Milchkühe, die Weidegang haben, den relativen Anteil des Jahres dar, der insgesamt auf der Weide verbracht wird (zur Herkunft und Verfügbarkeit der Weidegangdaten siehe Kapitel 3.4.3.1, 3.4.3.2.7 und 3.4.3.3). Für Kühe ohne Weidegang gilt $f_{time, graz}$ = 0.

$$f_{\mathrm{time,\,graz}} = \frac{\tau_{\mathrm{graz,\,a}}}{\alpha} \cdot \frac{x_{\mathrm{graz,\,d}} + x_{\mathrm{graz,\,h}} \cdot \tau_{\mathrm{graz,\,h}}/\delta}{x_{\mathrm{graz,\,d}} + x_{\mathrm{graz,\,h}}} \quad \textbf{(4.6)}$$

$f_{time, graz}$	fraction of the year spent on pasture, average over the animals with grazing (in a a^{-1})
$\tau_{graz, a}$	annual duration of the grazing period (in d a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$x_{graz, d}$	fraction of the total dairy cow population kept outdoors all day (an an^{-1})
$x_{graz, h}$	fraction of the total dairy cow population kept outdoors part of day (an an^{-1})
$\tau_{graz, h}$	daily duration of grazing (in h d^{-1})
δ	time units conversion factor (δ = 24 h d^{-1})

The energy required for milk production (NEL_{lc}) is calculated from annual milk yield and - using equation (1.4.3) in GfE (2001) - from milk fat and protein content.

Die für die Milchbildung erforderliche Energie (NEL_{lc}) wird aus der jährlichen Milchleistung sowie - unter Verwendung von Gleichung (1.4.3) in GfE (2001) – aus den

For the input data see chapter 4.3.1.3. The parameter d_{lc} results from a correction recommendation (GfE, 2001, p. 22).

Milchfett- und -proteingehalten berechnet. Zu den Eingangsdaten siehe Kapitel 4.3.1.3. Der Parameter d_{lc} ergibt sich aus einer Korrekturempfehlung (GfE, 2001, S. 22).

$$NEL_{\mathrm{lc}} = Y_{\mathrm{M}} \cdot \left(c_{\mathrm{lc,\,1}} + c_{\mathrm{lc,\,2}} \cdot x_{\mathrm{fat,\,milk}} + c_{\mathrm{lc,\,3}} \cdot x_{\mathrm{XP,\,milk}} + d_{\mathrm{lc}}\right) \quad \textbf{(4.7)}$$

NEL_{lc}	annual NEL requirements for milk production (lactation) (in MJ pl^{-1} a^{-1})
Y_M	annual milk yield (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 4.3.1.3
$c_{lc,\,1}$	constant ($c_{lc,\,1}$ = 0.95 MJ kg^{-1}; GFE, 2001, pg. 21)
$c_{lc,\,2}$	coefficient ($c_{lc,\,2}$ = 38 MJ kg^{-1}; GFE, 2001, pg. 21)
$x_{fat,\,milk}$	mass fraction of milk fat (in kg kg^{-1}), see Chapter 4.3.1.3
$c_{lc,\,3}$	coefficient ($c_{lc,\,3}$ = 21 MJ kg^{-1}; GFE, 2001, pg. 21)
$x_{XP,\,milk}$	mass fraction of milk protein (in kg kg^{-1}), see Chapter 4.3.1.3
d_{lc}	constant (d_{lc} = 0.1 MJ kg^{-1}; GFE, 2001, pg. 22)

The mean annual energy requirements for growth are calculated as follows:

Der mittlere jährliche Energiebedarf für Wachstum wird wie folgt berechnet:

$$NEL_{\mathrm{g}} = \eta_{\mathrm{NEL,\,g}} \cdot \frac{\Delta w_{\mathrm{dc}}}{\Delta t} \quad \textbf{(4.8)}$$

NEL_g	mean annual NEL required for growth (in MJ pl^{-1} a^{-1})
$\eta_{NEL,\,g}$	constant ($\eta_{NEL,\,g}$ = 25.5 MJ kg^{-1} according to GFE, 2001, pg. 22)
$\Delta w_{dc}/\Delta t$	mean annual weight gain of dairy cows (in kg an^{-1} a^{-1}), see Chapter 4.3.1.2

The parameter $f_{NEL,\,add}$ in equation (4.4) makes it possible to add a supplement to the sum of maintenance and power requirements. In practice, German experts consider a surcharge of 5% necessary (SPIEKERS UND RÖSEMANN, 2018; personal communication by H. SPIEKERS, 2019, LfL Grub-Poing).

Der Parameter $f_{NEL,\,add}$ in Gleichung (4.4) ermöglicht es, die Summe aus Erhaltungs- und Leistungsbedarf mit einem Zuschlag zu versehen. Deutsche Experten erachten in der Praxis einen Zuschlag von 5 % für notwendig (SPIEKERS UND RÖSEMANN, 2018; persönliche Mitteilung H. SPIEKERS, 2019, LfL Grub-Poing).

NEL_p in equation (4.4) stands for the mean annual energy requirement for pregnancy. According to GfE (2001), Table 1.4.2, the energy requirement that has to be explicitly taken into account occurs in the last six weeks before calving. In NEL units it is 13 MJ per day in weeks 6 to 4 before calving and 18 MJ per day in the remaining three weeks. This results in a total requirement per pregnancy of $NEL_{p,\,tot}$ = 651 MJ. The calculation of the share that falls within one year takes into account that the number of births per cow and year ($f_{p,\,year}$) is less than 1. DLG (2005, 2014) assume 0.9 births per cow and year. A time series can be derived from statistical data from German cattle breeders and producers on the period between calving (ADR, 1994, p. 155, to ADR, 2017, p. 51, and BRS, 2018, p. 54): From 0.95 births per Cow and year in 1990 decreasing linearly to 0.9 in 2007; constant 0.9 for all years thereafter. This time series is used uniformly nationwide in the inventory calculations.

NEL_p in Gleichung (4.4) steht für den mittleren jährlichen Energiebedarf für Trächtigkeit. Nach GfE (2001), Tabelle 1.4.2, fällt der dafür explizit zu berücksichtigende Energiebedarf in den letzten sechs Wochen vor dem Kalben an. Er beträgt in NEL-Einheiten 13 MJ pro Tag in den Wochen 6 bis 4 vor dem Kalben und 18 MJ pro Tag in den restlichen drei Wochen. Daraus folgt pro Trächtigkeit insgesamt ein Bedarf von $NEL_{p,\,tot}$ = 651 MJ. Die Berechnung des Anteils, der davon auf ein Jahr entfällt, berücksichtigt, dass die Zahl der Geburten pro Kuh und Jahr ($f_{p,\,year}$) unter 1 liegt. DLG (2005, 2014) gehen von 0,9 Geburten pro Kuh und Jahr aus. Aus statistischen Daten der deutschen Rinderzüchter und -produzenten zur Zwischenkalbezeit (ADR, 1994, S. 155, bis ADR, 2017, S. 51, sowie BRS, 2018, S.54) lässt sich eine Zeitreihe ableiten: Von 0,95 Geburten pro Kuh und Jahr im Jahr 1990 linear abnehmend auf 0,9 im Jahr 2007; für alle Jahre danach konstant 0,9. Diese Zeitreihe wird in den Inventarberechnungen bundesweit einheitlich angewendet.

$$NEL_{\mathrm{p}} = n_{\mathrm{p,\,year}} \cdot NEL_{\mathrm{p,tot}} \quad \textbf{(4.9)}$$

NEL_p	mean annual NEL requirements for pregnancy (in MJ pl^{-1} a^{-1})
$n_{p,\,year}$	number of pregnancies per place and year (in calf pl^{-1} a^{-1}), see text
$NEL_{p,\,tot}$	total NEL requirements per pregnancy (in MJ calf^{-1}), see text

4.3.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

4.3.3.1 German standard feeding recommendations / Deutsche Standard-Fütterungsempfehlungen

The modeling of the dairy cow's feed intake in the inventory model (see chapters 4.3.3.2 to 4.3.3.5) is based on the recommendations of German experts published by DLG (2005, 2014) on annual feed quantities depending on selected milk yields. These recommendations, which are structured according to feed components, take into account that the roughage in grassland farms is grass-dominated and in arable forage farms it is corn-dominated. In addition, it is taken into account whether the animals go to pasture. Table 4.17 shows an overview of the DLG feeding recommendations. The milk yield is given in ECM units. "ECM" stands for energy corrected annual milk yield, which - on the basis of GfE (2001), equation (1.4.3) - is defined by equation (4.10).

The DLG feed quantities are the sums of the lactation and dry period, converted to one year (personal communication by H. SPIEKERS, 2019, LfL Grub-Poing).

Die Modellierung der Futteraufnahme der Milchkuh im Inventarmodell (siehe Kapitel 4.3.3.2 bis 4.3.3.5) stützt sich auf die von DLG (2005, 2014) veröffentlichten Empfehlungen deutscher Experten zu jährlichen Futtermengen in Abhängigkeit von ausgewählten Milchleistungen. Diese nach Futterkomponenten gegliederten Empfehlungen berücksichtigen, dass das Raufutter in Grünlandbetrieben gras-dominiert und in Ackerfutterbaubetrieben mais-dominiert ist. Überdies fließt ein, ob die Tiere auf die Weide gehen. Table 4.17 zeigt eine Übersicht der DLG-Fütterungsempfehlungen. Die Milchleistung wird in ECM-Einheiten angegeben. „ECM" steht dabei für energiekorrigierte jährliche Milchleistung (energy corrected milk yield), die - auf Grundlage von GfE (2001), Gleichung (1.4.3) - durch Gleichung (4.10) definiert wird.

Die DLG-Futtermengen verstehen sich als Summen aus Laktations- und Trockenstehphase, umgerechnet auf ein Jahr (persönliche Mitteilung H. SPIEKERS, 2019, LfL Grub-Poing).

Table 4.17: Dairy cows, farming systems and milk yields for which DLG (2005, 2014) provide recommendations on annual feeding amounts

Source	feeding category	farming system	Art des Betriebs	annual milk yield (kg ECM per place and year)[a]
DLG (2005) , pg. 28 ff [b]	$GW_{05,\,dc}$	**g**rassland farm, **w**ith grazing	Grünlandbetrieb mit Weidegang	6000, 8000, 10000
	$GN_{05,\,dc}$ [b]	**g**rassland farm, **n**o grazing[b]	Grünlandbetrieb ohne Weidegang[b]	
	$FW_{05,\,dc}$	**f**orage producing farm, **w**ith grazing	Ackerfutterbaubetrieb mit Weide	
	$FN_{05,\,dc}$	**f**orage producing farm, **n**o grazing	Ackerfutterbaubetrieb ohne Weide	
DLG (2014), pg. 34 ff	$GW_{14,\,dc}$	**g**rassland farm, **w**ith grazing	Grünlandbetrieb mit Weidegang	6000, 8000, 10000
	$GN_{14,\,dc}$	**g**rassland farm, **n**o grazing[b]	Grünlandbetrieb ohne Weidegang	
	$FW_{14,\,dc}$	**f**orage producing farm, **w**ith grazing	Ackerfutterbaubetrieb mit Weide	6000, 8000, 10000, 12000
	$FN_{14,\,dc}$	**f**orage producing farm, **n**o grazing	Ackerfutterbaubetrieb ohne Weide	

[a] ECM: energy corrected milk yield, see Equation (4.10)
[b] The data for "grassland farm, without grazing" is missing in DLG (2005); it was obtained from DLG upon request.

$$Y_{\mathrm{ECM}} = Y_{\mathrm{M}} \cdot \frac{c_{\mathrm{lc},\,1} + c_{\mathrm{lc},\,2} \cdot x_{\mathrm{fat,\,milk}} + c_{\mathrm{lc},\,3} \cdot x_{\mathrm{XP,\,milk}}}{c_{\mathrm{lc},\,1} + c_{\mathrm{lc},\,2} \cdot x_{\mathrm{fat,\,stand}} + c_{\mathrm{lc},\,3} \cdot x_{\mathrm{XP,\,stand}}} \qquad \textbf{(4.10)}$$

Y_{ECM}	annual milk yield in units of energy corrected milk (ECM) (in kg pl^{-1} a^{-1})
Y_{M}	annual milk yield (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 4.3.1.3
$c_{\mathrm{lc},\,1}$	constant ($c_{\mathrm{lc},\,1}$ = 0.95 MJ kg^{-1}; GFE, 2001, pg. 21)
$c_{\mathrm{lc},\,2}$	coefficient ($c_{\mathrm{lc},\,2}$ = 38 MJ kg^{-1}; GFE, 2001, pg. 21)
$x_{\mathrm{fat,\,milk}}$	mass fraction of milk fat (in kg kg^{-1}), see Chapter 4.3.1.3
$c_{\mathrm{lc},\,3}$	coefficient ($c_{\mathrm{lc},\,3}$ = 21 MJ kg^{-1}; GFE, 2001, pg. 21)
$x_{\mathrm{XP,\,milk}}$	mass fraction of milk protein (in kg kg^{-1}), see Chapter 4.3.1.3
$x_{\mathrm{fat,\,stand}}$	mass fraction of milk fat in standard milk ($x_{\mathrm{fat,\,stand}}$ = 0.04 kg kg^{-1}), see DLG (2005), pg. 28, and DLG (2014), pg. 34
$x_{\mathrm{XP,\,stand}}$	mass fraction of milk protein in standard milk ($x_{\mathrm{XP,\,stand}}$ = 0.034 kg kg^{-1}), see DLG (2005), pg. 28, and DLG (2014), pg. 34

For the example of an annual milk yield of 8000 kg ECM per place (roughly the average in Germany in 2018), Table 4.18 shows the dry matter composition of

Table 4.18 zeigt für das Beispiel einer jährlichen Milchleistung von 8000 kg ECM pro Platz (ungefähr der Durchschnitt in Deutschland im Jahr 2018) die trocken-

the four feeding options from DLG (2014). For this purpose, the concentrate feed quantities given by DLG in fresh mass were converted into dry mass, which was done with the aid of the dry mass content from DLG (2014), p. 15.

The total dry matter intake depends on the total energy requirement, which is calculated in the emissions inventory as a function of performance and weight data and thus varies regionally and from year to year.

massebezogene Zusammensetzung der vier Fütterungsvarianten aus DLG (2014). Dazu wurden die Kraftfuttermengen, die von DLG in Frischmasse angegeben werden, in Trockenmasse umgerechnet, was mithilfe der Trockenmassegehalte aus DLG (2014), S. 15, erfolgte.

Die Trockenmasse-Gesamtaufnahme hängt vom Gesamt-Energiebedarf ab, der im Emissionsinventar als Funktion von Leistungs- und Gewichtsdaten berechnet wird und damit regional und von Jahr zu Jahr variiert.

Table 4.18: Dairy cows, feed composition recommende by DLG (2014) for a milk yield of 8000 kg ECM per place and year

		shares of feed components in % of total dry matter			
feeding category [a]		$GW_{14, dc}$	$GN_{14, dc}$	$FW_{14, dc}$	$FN_{14, dc}$
roughage	pasture grass	21.3	0	15.4	0
	grass silage	35.0	47.0	21.6	28.9
	maize silage	12.2	12.1	32.4	33.4
	Hay	0	7.6	0	6.8
	Straw	3.8	3.0	3.1	3.0
concentrates	soya/rapeseed expeller	2.0	2.7	4.8	6.8
	wheat/barley	4.0	3.3	2.0	2.0
	MLF 18/3 [b]	21.4	18.7	20.3	18.7
	MLF 20/7 [b]	0	5.3	0	0
	minerals	0.2	0.2	0.4	0.4

[a] see Table 4.17
[b] MLF (**M**ilch**l**eistungs**f**utter): dairy concentrate feed

The feeding recommendations by DLG (2014) for milk yields of 6000, 10000 and 12000 kg ECM basically agree with the structure shown in Table 4.18 for 8000 kg ECM, but the ratio of concentrated feed to roughage dry matter increases noticeably with increasing milk yield. The feeding recommendations in DLG (2005) also correspond to the structure shown in Table 4.18, but without oilseed rape and MLF 20/7, instead with MLF 16/3; the percentage composition also differs somewhat from DLG (2014) in some cases.

Die Fütterungsempfehlungen von DLG (2014) für die Milchleistungen 6000, 10000 und 12000 kg ECM stimmen mit der in Table 4.18 für 8000 kg ECM gezeigten Struktur prinzipiell überein, wobei aber das Verhältnis von Kraftfutter- zu Raufutter-Trockenmasse mit zunehmender Milchleistung merklich ansteigt. Die Fütterungsempfehlungen in DLG (2005) entsprechen ebenfalls der in Table 4.18 gezeigten Struktur, allerdings ohne Raps und MLF 20/7, stattdessen mit MLF 16/3; auch die prozentuale Zusammensetzung unterscheidet sich teilweise etwas von DLG (2014).

To model feed intake and emissions, the contents of energy, crude protein, ash, crude fiber, N-free extracts and crude fat as well as the digestibility of organic matter are initially required for each individual feed component. For each individual feed component, the NEL and crude protein content can be found in DLG (2005), p. 13, and DLG (2014), p. 15. The other parameters were made available by SPIEKERS (2019, personal communication, LfL Grub-Poing). On this basis, the averaged characteristic values that are ultimately relevant for the model calculations are obtained, see Table 4.19 and Table 4.20.

Für die Modellierung der Futteraufnahme und der Emissionen werden zunächst für jede einzelne Futterkomponente die Gehalte an Energie, Rohprotein, Asche, Rohfaser, N-freien Extraktstoffen und Rohfett sowie die Verdaulichkeit organischer Substanz benötigt. Für jede einzelne Futterkomponente finden sich NEL- und Rohprotein-Gehalt in DLG (2005), S. 13, und DLG (2014), S. 15. Die übrigen Kennwerte wurden von SPIEKERS (2019, persönliche Mitteilung, LfL Grub-Poing) zugänglich gemacht. Auf dieser Grundlage ergeben sich die für die Modellrechnungen letztlich relevanten gemittelten Kennwerte, siehe Table 4.19 und Table 4.20.

Table 4.19: Dairy cows, mean properties of the DLG (2005) feeding recommendations (dry matter-related)

(η_{NEL}: NEL content; η_{GE}: content of gross energy; x_{XP}: crude protein content; x_{ash}: ash content; x_{Fi}: content of crude fibre; x_{NFE}: content of digestible N free residues; x_{XF}: content of crude fat; X_{DOM}: digestibility of organic matter)

feeding category [a]	milk yield (ECM) [b] (kg pl^{-1} a^{-1})	η_{NEL} MJ kg^{-1}	η_{GE} MJ kg^{-1}	x_{XP} kg kg^{-1}	x_{ash} kg kg^{-1}	x_{Fi} kg kg^{-1}	x_{NFE} kg kg^{-1}	x_{XF} kg kg^{-1}	X_{DOM} kg kg^{-1}
$GW_{05, dc}$	6000	6.51	18.24	0.166	0.093	0.206	0.499	0.035	0.762
	8000	6.59	18.29	0.169	0.091	0.202	0.504	0.035	0.764
	10000	6.69	18.33	0.172	0.088	0.195	0.510	0.035	0.768
$GN_{05, dc}$	6000	6.41	18.20	0.155	0.094	0.227	0.491	0.034	0.741
	8000	6.50	18.25	0.158	0.091	0.217	0.499	0.034	0.748
	10000	6.62	18.31	0.164	0.088	0.206	0.508	0.034	0.756
$FW_{05, dc}$	6000	6.56	18.34	0.149	0.077	0.197	0.544	0.033	0.754
	8000	6.69	18.37	0.155	0.077	0.188	0.547	0.033	0.764
	10000	6.76	18.40	0.162	0.077	0.184	0.544	0.033	0.769
$FN_{05, dc}$	6000	6.55	18.34	0.146	0.075	0.199	0.548	0.032	0.751
	8000	6.68	18.37	0.153	0.075	0.189	0.550	0.033	0.761
	10000	6.75	18.40	0.159	0.076	0.185	0.548	0.033	0.766

Sources: see text
[a] see Table 4.17
[b] ECM: energy corrected milk yield, see Equation (4.10)

Table 4.20: Dairy cows, mean properties of the DLG (2014) feeding recommendations (dry matter-related)

(η_{NEL}: NEL content; η_{GE}: content of gross energy; x_{XP}: crude protein content; x_{ash}: ash content; x_{Fi}: content of crude fibre; x_{NFE}: content of digestible N free residues; x_{XF}: content of crude fat; X_{DOM}: digestibility of organic matter)

feeding category [a]	milk yield (ECM) [b] (kg pl^{-1} a^{-1})	η_{NEL} MJ kg^{-1}	η_{GE} MJ kg^{-1}	x_{XP} kg kg^{-1}	x_{ash} kg kg^{-1}	x_{Fi} kg kg^{-1}	x_{NFE} kg kg^{-1}	x_{XF} kg kg^{-1}	X_{DOM} kg kg^{-1}
$GW_{14, dc}$	6000	6.56	18.28	0.162	0.087	0.198	0.519	0.034	0.759
	8000	6.64	18.34	0.164	0.083	0.192	0.527	0.034	0.762
	10000	6.73	18.39	0.168	0.081	0.186	0.531	0.034	0.767
$GN_{14, dc}$	6000	6.41	18.24	0.152	0.087	0.212	0.515	0.033	0.744
	8000	6.57	18.33	0.159	0.083	0.199	0.526	0.034	0.753
	10000	6.68	18.39	0.165	0.081	0.191	0.530	0.034	0.760
$FW_{14, dc}$	6000	6.64	18.41	0.150	0.074	0.191	0.551	0.033	0.754
	8000	6.73	18.43	0.155	0.073	0.183	0.556	0.034	0.761
	10000	6.81	18.47	0.161	0.073	0.178	0.554	0.034	0.767
	12000	6.92	18.51	0.167	0.072	0.170	0.558	0.034	0.776
$FN_{14, dc}$	6000	6.56	18.40	0.145	0.072	0.198	0.551	0.033	0.745
	8000	6.64	18.43	0.150	0.072	0.191	0.554	0.033	0.750
	10000	6.75	18.48	0.158	0.071	0.184	0.554	0.033	0.759
	12000	6.85	18.51	0.164	0.070	0.176	0.557	0.033	0.767

Sources: see text
[a] see Table 4.17
[b] ECM: energy corrected milk yield, see Equation (4.10)

4.3.3.2 *Modelling dry matter intake / Modellierung der Trockenmasseaufnahme*

The modeling of the dry matter intake for the years 1990 to 2005 is based on the feeding recommendations of DLG (2005) described in chapter 4.3.3.1. For the years from 2014 onwards, the recommendations of DLG (2014) are used. For the years between 2005 and 2014, linear interpolation is made between DLG (2005) and DLG (2014). A more differentiated time series of dairy cow feeding at national level is not possible due to a lack of suitable data.

First of all, the mean feeding parameters for milk yields of 6000, 8000 and 10000 kg ECM per place and year are determined for each time series year (for the feeding categories $FW_{14, dc}$ and $FN_{14, dc}$ also for 12000 kg ECM per place and year). The actual milk production is then determined in ECM units (Y_{ECM}, see equation

Die Modellierung der Trockenmasseaufnahme basiert für die Jahre 1990 bis 2005 incl. auf den in Kapitel 4.3.3.1 beschriebenen Fütterungsempfehlungen von DLG (2005). Für die Jahre ab 2014 incl. werden die Empfehlungen von DLG (2014) zugrunde gelegt. Für die Jahre zwischen 2005 und 2014 wird linear zwischen DLG (2005) und DLG (2014) interpoliert. Eine differenziertere Zeitreihe der Milchkuh-Fütterung auf nationaler Ebene ist mangels geeigneter Daten nicht möglich.

Zunächst werden also für jedes Zeitreihenjahr die mittleren Kennwerte der Fütterung für die Milchleistungen von 6000, 8000 und 10000 kg ECM pro Platz und Jahr ermittelt (bei den Fütterungskategorien $FW_{14, dc}$ und $FN_{14, dc}$ auch für 12000 kg ECM pro Platz und Jahr). Anschließend wird die tatsächliche Milchleistung in ECM-

(4.10)), which as a rule does not correspond to one of the support points 6000, 8000, 10000 or (in some cases) 12000 kg ECM. For Y_{ECM} between 6000 and 10000 (or 12000 kg ECM) the mean feed properties between the closest ECM support points are linearly interpolated. If Y_{ECM} is below or above the range marked by the ECM interpolation points, linear extrapolation is made using the closest two interpolation points in coordination with SPIEKERS (2020, personal communication, LfL Grub-Poing).

In a further step, the total NEL requirement is calculated according to equation (4.4)). This takes place in two different variants: On the one hand, for the feeding categories GW and FW associated with grazing (see Table 4.17) with the relative pasture share of the year ($f_{time, graz}$) calculated according to equation (4.6). For the categories GN and FN, where there is no grazing, $f_{time, graz}$ is set to 0 in the calculation of the total NEL requirement. This means that for each of the four categories GW, GN, FW and FN, a potential annual dry matter intake per place can be calculated, which would result if the entire dairy cow population were assigned to the respective category:

Einheiten bestimmt (Y_{ECM}, siehe Gleichung (4.10)), die in aller Regel nicht einer der Stützstellen 6000, 8000, 10000 oder (teilweise) 12000 kg ECM entspricht. Für Y_{ECM} zwischen 6000 und 10000 (bzw. 12000 kg ECM) werden die mittleren Futtereigenschaften zwischen den nächstgelegenen ECM-Stützstellen linear interpoliert. Liegt Y_{ECM} unter- oder oberhalb des Bereichs, der durch die ECM-Stützstellen markiert ist, wird in Abstimmung mit SPIEKERS (2020, persönliche Mitteilung, LfL Grub-Poing) mithilfe der nächstgelegenen beiden Stützstellen linear extrapoliert.

In einem weiteren Schritt wird der NEL-Gesamtbedarf nach Gleichung (4.4) berechnet. Dies erfolgt in zwei verschiedenen Varianten: Zum einen für die mit Weidegang verbundenen Fütterungskategorien GW und FW (siehe Tabelle Table 4.17) mit dem nach Gleichung (4.6) berechneten relativen Weideanteil des Jahres ($f_{time, graz}$). Für die Kategorien GN und FN, bei denen es keinen Weidegang gibt, wird $f_{time, graz}$ in der Berechnung des NEL-Gesamtbedarfs auf 0 gesetzt. Damit lässt sich für jede einzelne der vier Kategorien GW, GN, FW und FN eine potentielle jährliche Trockenmasseaufnahme pro Platz berechnen, die sich ergäbe, wenn die gesamte Milchkuhpopulation der jeweiligen Kategorie zugeordnet würde:

$$DM_{\text{int, GW}} = NEL_{\text{tot}}(f_{\text{time, graz}} > 0) \,/\, \eta_{\text{NEL, GW}}(year, Y_{\text{ECM}}) \quad \textbf{(4.11)}$$

$$DM_{\text{int, GN}} = NEL_{\text{tot}}(f_{\text{time, graz}} = 0) \,/\, \eta_{\text{NEL, GN}}(year, Y_{\text{ECM}}) \quad \textbf{(4.12)}$$

$$DM_{\text{int, FW}} = NEL_{\text{tot}}(f_{\text{time, graz}} > 0) \,/\, \eta_{\text{NEL, FW}}(year, Y_{\text{ECM}}) \quad \textbf{(4.13)}$$

$$DM_{\text{int, FN}} = NEL_{\text{tot}}(f_{\text{time, graz}} = 0) \,/\, \eta_{\text{NEL, FN}}(year, Y_{\text{ECM}}) \quad \textbf{(4.14)}$$

$DM_{int, GW}$	potential annual dry matter intake in feeding category GW (kg pl^{-1} a^{-1})
$DM_{int, GN}$	potential annual dry matter intake in feeding category GN (kg pl^{-1} a^{-1})
$DM_{int, FW}$	potential annual dry matter intake in feeding category FW (kg pl^{-1} a^{-1})
$DM_{int, FN}$	potential annual dry matter intake in feeding category FN (kg pl^{-1} a^{-1})
NEL_{tot} ($f_{time, graz}$ > 1)	mean total annual NEL requirements, based on $f_{time, graz}$ > 0 a a^{-1} (in MJ pl^{-1} a^{-1}), see Eq. (4.4)
NEL_{tot} ($f_{time, graz}$ = 0)	mean total annual NEL requirements, based on $f_{time, graz}$ = 0 a a^{-1} (in MJ pl^{-1} a^{-1}), see Eq. (4.4)
$f_{time, graz}$	fraction of the year the cow is on pasture (in a a^{-1}), see Eq. (4.6)
$\eta_{NEL, GW}$ (year, Y_{ECM})	mean NEL content of dry matter in feeding category GW (in MJ kg^{-1}), depending on year and Y_{ECM}
$\eta_{NEL, GN}$ (year, Y_{ECM})	mean NEL content of dry matter in feeding category GN (in MJ kg^{-1}), depending on year and Y_{ECM}
$\eta_{NEL, FW}$ (year, Y_{ECM})	mean NEL content of dry matter in feeding category FW (in MJ kg^{-1}), depending on year and Y_{ECM}
$\eta_{NEL, FN}$ (year, Y_{ECM})	mean NEL content of dry matter in feeding category FN (in MJ kg^{-1}), depending on year and Y_{ECM}
Y_{ECM}	annual milk yield in units of energy corrected milk (ECM) (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Eq. (4.10)

The actual, i.e. dry matter intake averaged over the population is calculated from the potential dry matter intake. For this purpose, the relative division of the dairy cow population into the four categories GW, GN, FW and FN is estimated: The only data available for this are the relative proportion of the population f_F that is in forage farms and the relative proportion of the population f_N that is only in the stable. This results in the population mean dry matter intake:

Die tatsächliche, d. h. über die Population gemittelte Trockenmasseaufnahme wird aus den potentiellen Trockenmasseaufnahmen berechnet. Dazu wird die relative Aufteilung der Milchkuhpopulation auf die vier Kategorien GW, GN, FW und FN geschätzt: Die einzigen dafür verfügbaren Daten sind der relative Populationsanteil f_F, der in Ackerfutterbaubetrieben steht, sowie der relative Populationsanteil f_N, der nur im Stall steht. Damit ergibt sich für die populationsmittlere Trockenmasseaufnahme:

$$DM_{\text{int}} = (1 - f_{\text{F}}) \cdot \left[(1 - f_{\text{N}}) \cdot DM_{\text{int, GW}} + f_{\text{N}} \cdot DM_{\text{int, GN}}\right] + f_{\text{F}} \cdot \left[(1 - f_{\text{N}}) \cdot DM_{\text{int, FW}} + f_{\text{N}} \cdot DM_{\text{int, FN}}\right] \quad \textbf{(4.15)}$$

DM_{int}	mean annual dry matter intake of the entire population (kg pl^{-1} a^{-1})
f_{F}	fraction of the population that is kept on forage producing farms (pl pl^{-1})
f_{N}	fraction of the population that is kept indoors throughout the year (pl pl^{-1})
$DM_{\text{int, GW}}$	potential annual dry matter intake in feeding categorie GW (kg pl^{-1} a^{-1})
$DM_{\text{int, GN}}$	potential annual dry matter intake in feeding categorie GN (kg pl^{-1} a^{-1})
$DM_{\text{int, FW}}$	potential annual dry matter intake in feeding categorie FW (kg pl^{-1} a^{-1})
$DM_{\text{int, FN}}$	potential annual dry matter intake in feeding categorie FN (kg pl^{-1} a^{-1})

The parameters f_F and f_N represent mean values of the entire population. A differentiation of f_N according to grassland and arable forage farms is just as impossible with the given data as a differentiation of f_F according to "with grazing" and "without grazing". With equation (4.15) it is assumed that the proportion of grazing on grassland and arable farms is identical and that the proportion of cows kept on arable farms is identical in the groups with and without grazing.

Die Parameter f_F und f_N stellen Mittelwerte der gesamten Population dar. Eine Differenzierung von f_N nach Grünland- und Ackerfutterbaubetrieben ist bei der gegebenen Datenlage genausowenig möglich, wie eine Differenzierung von f_F nach „mit Weidegang“ und „ohne Weidegang“. Es wird mit Gleichung (4.15) also angenommen, dass der Anteil von Weidegang in Grünland- und Ackerbaubetrieben identisch ist und dass der Anteil von Kühen, die in Ackerbaubetrieben gehalten werden, in den Gruppen mit und ohne Weidegang identisch ist.

4.3.3.3 *Modelling GE intake / Modellierung der GE-Aufnahme*

The modeling of the gross energy intake (gross energy, GE) uses the GE content of the four feeding categories GW, GN, FW and FN calculated for the given time series year and the given ECM milk yield. (For the calculation of the annual and ECM-dependent feeding parameters see Chapter 4.3.3.2). Analogous to the dry matter intake (see also Chapter 4.3.3.2) four different potential GE intake values are calculated ($GE_{\text{-int, GW}}$, $GE_{\text{int, GN}}$, etc., see Equation (4.16)), which are then combined by weighted averaging to give the population-average GE intake GE_{int} (Equation (4.17)):

Die Modellierung der Bruttoenergieaufnahme (gross energy, GE) verwendet den für das gegebene Zeitreihenjahr und die gegebene ECM Milchleistung berechneten GE-Gehalt der vier Fütterungskategorien GW, GN, FW und FN. (Zur Berechnung der jahres- und ECM-abhängigen Fütterungskennwerte siehe Kapitel 4.3.3.2). Analog zur Trockenmasseaufnahme (siehe ebenfalls Kapitel 4.3.3.2) werden mit Gleichung (4.16) zunächst vier verschiedene potentielle GE-Aufnahmen berechnet ($GE_{\text{int, GW}}$, $GE_{\text{int, GN}}$, usw.), die dann gewichtet gemittelt die populationsmittlere GE-Aufnahme GE_{int} ergeben (Gleichung (4.17)):

$$GE_{\text{int, fc}} = DM_{\text{int, fc}} \cdot \eta_{\text{GE, fc}}(year, Y_{\text{ECM}}) \quad \textbf{(4.16)}$$

$GE_{\text{int, fc}}$	potential annual GE intake in feeding category fc (with fc = GW, GN, FW, FN) (MJ pl^{-1} a^{-1})
$DM_{\text{int, fc}}$	potential annual DM intake in feeding category fc (with fc = GW, GN, FW, FN) (kg pl^{-1} a^{-1}), see Equations (4.11) through (4.14)
$\eta_{\text{GE, fc}}$ (year, Y_{ECM})	mean GE content of dry matter in feeding category fc (with fc = GW, GN, FW, FN) (in MJ kg^{-1}), depending on year and Y_{ECM}
Y_{ECM}	annual milk yield in units of energy corrected milk (ECM) (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Eq. (4.10)

$$GE_{\text{int}} = (1 - f_{\text{F}}) \cdot \left[(1 - f_{\text{N}}) \cdot GE_{\text{int, GW}} + f_{\text{N}} \cdot GE_{\text{int, GN}}\right] + f_{\text{F}} \cdot \left[(1 - f_{\text{N}}) \cdot GE_{\text{int, FW}} + f_{\text{N}} \cdot GE_{\text{int, FN}}\right] \quad \textbf{(4.17)}$$

GE_{int}	mean annual GE intake of the entire population (MJ pl^{-1} a^{-1})
f_{F}	fraction of the population that is kept on forage producing farms (pl pl^{-1})
f_{N}	fraction of the population that is kept indoors throughout the year (pl pl^{-1})
$GE_{\text{int, GW}}$	potential annual GE intake in feeding categorie GW (MJ pl^{-1} a^{-1})
$GE_{\text{int, GN}}$	potential annual GE intake in feeding categorie GN (MJ pl^{-1} a^{-1})
$GE_{\text{int, FW}}$	potential annual GE intake in feeding categorie FW (MJ pl^{-1} a^{-1})
$GE_{\text{int, FN}}$	potential annual GE intake in feeding categorie FN (MJ pl^{-1} a^{-1})

4.3.3.4 *Modelling the intake of XP and other nutrients / Modellierung der Aufnahme von XP und anderer Nährstoffe*

The calculation of emissions from dairy farming requires not only the calculation of energy intake but also the intake of crude protein (and thus N), crude ash, crude fiber, crude fat and N-free extracts. The calculation is analogous to the GE intake described in Chapter 4.3.3.3, whereby the average content of crude protein, crude ash, etc. of the four feeding categories is required instead of the GE content. The calculation of these category-average variables is described at the beginning in Chapter 4.3.3.2.

Die Berechnung der Emissionen aus der Milchviehhaltung erfordert neben der Berechnung der Energieaufnahme auch die der Aufnahme von Rohprotein (und damit N), Rohasche, Rohfaser, Rohfett sowie N-freien Extraktstoffen. Die Berechnung erfolgt analog zu der in Kapitel 4.3.3.3 beschriebenen GE-Aufnahme, wobei anstelle des GE-Gehalts der mittlere Gehalt an Rohprotein, Rohasche usw. der vier Fütterungskategorien benötigt wird. Die Berechnung dieser kategoriemittleren Größen wird eingangs in Kapitel 4.3.3.2 beschrieben.

4.3.3.5 *Modelling of digestibilities / Modellierung der Verdaulichkeiten*

The digestibility of organic matter is required for the calculation of VS excretions. It is determined as follows for the population mean ration:

Die Verdaulichkeit organischer Substanz wird für die Berechnung der VS-Ausscheidungen benötigt. Sie wird wie folgt für die populationsmittlere Ration ermittelt:

$$X_{\mathrm{DOM}} = \frac{\sum_{j=1}^{k} X_{\mathrm{DOM,\,j}} \cdot DM_{\mathrm{int,\,j}} \cdot (1 - x_{\mathrm{ash,\,j}})}{\sum_{j=1}^{k} DM_{\mathrm{int,\,j}} \cdot (1 - x_{\mathrm{ash,\,j}})} \qquad \textbf{(4.18)}$$

X_{DOM}	mean digestibility of organic matter of the population-averaged diet (in kg kg^{-1})
k	number of feed components of the population-averaged diet
$X_{DOM,\,j}$	digestibility of organic matter of the j-th feed component (in kg kg^{-1})
$DM_{int,\,j}$	dry matter intake associated with the j-th feed component (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{ash,\,j}$	ash content of the j-th feed component (in kg kg^{-1})

In the context of emissions reporting, the digestibility of energy (X_{DE}) must be reported, even if this variable is not used in the dairy cow emissions calculation. No data are available for X_{DE}. Therefore, X_{DE} for emissions reporting is approximated by the digestibility of organic matter (X_{DOM}).

The digestibility of crude protein is not required in the dairy cow emissions calculations, nor does it need to be reported.

Im Rahmen der Emissionsberichterstattung ist die Verdaulichkeit von Energie (X_{DE}) zu berichten, auch wenn diese Größe in den Milchkuh-Emissionsberechnungen nicht verwendet wird. Für X_{DE} liegen keine Daten vor. Daher wird X_{DE} für die Emissionsberichterstattung durch die Verdaulichkeit von organischer Substanz (X_{DOM}) approximiert.

Die Verdaulichkeit von Rohprotein wird weder in den Milchkuh-Emissionsberechnungen benötigt, noch muss sie berichtet werden.

4.3.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

The CH_4 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 crude fat:

Die CH_4–Emissionen aus der Verdauung der Milchkühe werden mit einem nationalen Verfahren (Tier-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 Rohfett) berechnet:

$$EF_{\mathrm{CH4,ent}} = a \cdot M_{\mathrm{XFi}} + b \cdot M_{\mathrm{NFE}} + c \cdot M_{\mathrm{XP}} + d \cdot M_{\mathrm{XF}} + e \qquad \textbf{(4.19)}$$

$EF_{CH4,\,ent}$	emission factor for CH_4 from enteric fermentation (in kg CH4 (pl · a)$^{-1}$)
a	coefficient (a = 0.079 kg kg^{-1})
M_{XFi}	annual intake of crude fibre (in kg pl^{-1} a^{-1})
b	coefficient (b = 0.010 kg kg^{-1})
M_{NFE}	annual intake of N free extracts (in kg pl^{-1} a^{-1})
c	coefficient (c = 0.026 kg kg^{-1})
M_{XP}	annual intake of crude protein (in kg pl^{-1} a^{-1})
d	coefficient (d = - 0.212 kg kg^{-1})
M_{XF}	annual intake of crude fat (in kg pl^{-1} a^{-1})
e	constant (e = 365 d a^{-1} · 0.063 kg pl^{-1} d^{-1})

The intake rates of crude fibre, N free extracts, crude protein and crude fat are obtained from the properties of the feed constituents and the amount of feed taken in (see Chapter 4.3.3.1, 4.3.3.2 und 4.3.3.4).

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:

Die Aufnahme von Rohfaser, N-freien Extraktstoffen, Rohprotein und Rohfett ergibt sich aus den Kennwerten der Futterzusammensetzung und der Menge des aufgenommenen Futters (siehe Kapitel 4.3.3.1, 4.3.3.2 und 4.3.3.4).

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 Tier-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:

$$x_{\mathrm{CH4,GE}} = \frac{\eta_{\mathrm{CH4}} \cdot EF_{\mathrm{CH4,ent}}}{GE} \qquad \textbf{(4.20)}$$

$x_{\mathrm{CH4,GE}}$	methane conversion factor for dairy cows (in MJ MJ^{-1})
η_{CH4}	energy content of methane (η_{CH4} = 55.65 MJ (kg $CH_4)^{-1}$)
$EF_{\mathrm{CH4,ent}}$	emission factor for CH_4 from enteric fermentation (in kg CH4 (pl · a)$^{-1}$)
GE	gross energy intake rate (in MJ pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 4.3.3.1

Neither the emission factor nor the methane conversion factor are constants. On a national average, the conversion factor in 1990 was 0.071 MJ MJ^{-1} and fell to 0.063 MJ MJ^{-1} over the course of 30 years until 2019. This change was mainly due to increased milk yields since 1990 and the necessary changes in the composition of the diets.

Weder Emissionsfaktor noch Methanumwandlungsfaktor sind Konstanten. Im nationalen Durchschnitt liegt der Umwandlungsfaktor 1990 bei 0,071 MJ MJ^{-1} und fällt im Verlaufe von 30 Jahren bis 2019 auf 0,063 MJ MJ^{-1}. Diese Veränderung wird im Wesentlichen durch den Anstieg der Milchleistung seit 1990 und die damit verbundenen Änderungen in der Futterzusammensetzung verursacht.

4.3.5 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.

For the input data (digestibility of organic matter, ash content of the feed) see Sections 4.3.3.1, 4.3.3.2 and 4.3.3.4

Maximum methane producing capacity B_o and conversion factors (*MCF*) for the respective manure storage system are provided in Table 4.4 (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 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.

CH_4 aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit einem Tier-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.

Zu den Eingangsdaten (Verdaulichkeit von organischer Substanz, Aschegehalt des Futters) siehe Kapitel 4.3.3.1, 4.3.3.2 und 4.3.3.4.

Zu maximaler Methan-Freisetzungskapazität B_o und Methanumwandlungsfaktor (*MCF*) für die einzelnen Lagerungssysteme siehe Table 4.4 in Kapitel 4.2.1.

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 Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

4.3.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of cattle are calculated with a Tier 2 methodology, see Chapters 3.3.4.2.2 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von Rindern werden mit einer Tier-2-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.2 und 3.3.4.2.3.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

4.3.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

As described in chapters 3.3.4.3.1 and 3.3.4.3.5, the calculation of the emissions of N_2O, NO, N_2 and NH_3 from housing, storage, application and grazing requires knowledge of the total N excretions and their relative TAN- Proportion (TAN = total ammonical nitrogen), see Sections 4.3.7.1.1 and 4.3.7.1.2). The emission factors of different husbandry systems and and grazing differ in some cases considerably, see Chapter 4.2.2. The N and TAN excretions are therefore divided up according to the relative occurrence of housing systems and grazing, see Chapter 4.3.7.1.3. In housing systems with bedding, the N input from the bedding material is taken into account, see Chapter 4.3.7.2.

Wie in den Kapiteln 3.3.4.3.1 und 3.3.4.3.5 beschrieben erfordert die Berechnung der Emissionen von N_2O, NO, N_2 und NH_3 aus Stall, Lager, Ausbringung und Weidegang die Kenntnis der Gesamt-N-Ausscheidungen und ihres relativen TAN-Anteiles (TAN = total ammonical nitrogen), siehe Kapitel 4.3.7.1.1 und 4.3.7.1.2). Die Emissionsfaktoren verschiedener Haltungssysteme und von Weidegang unterscheiden sich zum Teil beträchtlich, siehe Kapitel 4.2.2. Daher werden die N- und TAN-Ausscheidungen entsprechend dem relativen Vorkommen von Haltungssystemen und Weidegang aufgeteilt, siehe Kapitel 4.3.7.1.3. Bei Haltungssystemen mit Einstreu wird zusätzlich der N-Input durch das Einstreumaterial berücksichtigt, siehe Kapitel 4.3.7.2.

4.3.7.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung

4.3.7.1.1 Total N excretion / Gesamt-N-Ausscheidung

The total N excretion relevant for N_2O, NO and N_2 emissions is calculated, as shown in equation (4.21), with the help of the N balance (see DLG, 2005/2014, p. 7). The balance elements are described in equations (4.21) to (4.25).

Die für N_2O-, NO- und N_2-Emissionen relevante Gesamt-N-Ausscheidung wird, wie in Gleichung (4.21) dargestellt, mit Hilfe der N-Bilanz berechnet (vgl. DLG, 2005/2014, S. 7). Die Bilanzglieder werden in den Gleichungen (4.21) bis (4.25) beschrieben.

$$m_{\mathrm{excr}} = m_{\mathrm{feed}} - m_{\mathrm{g}} - m_{\mathrm{lc}} - m_{\mathrm{p}} \quad \textbf{(4.21)}$$

m_{excr}	annual amount of N excreted with faeces and urine (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{feed}	annual amount of N taken in with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_g	annual amount of N retained in weight gained (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{lc}	annual N requirements for milk production (lactation) (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_p	annual N requirements for conception products (in kg pl^{-1} a^{-1})

The annual N intake m_{feed} is directly proportional to the intake of crude protein XP_{int}, which is calculated analogously to the GE intake (GE_{int}) described in Chapter 4.3.3.3.

Die jährliche N-Aufnahme m_{feed} ist direkt proportional zur Aufnahme von Rohprotein XP_{int}, welche analog zu der in Kapitel 4.3.3.3 beschriebenen GE-Aufnahme (GE_{int}) berechnet wird.

$$m_{\mathrm{feed}} = x_{\mathrm{N,XP}} \cdot XP_{\mathrm{int}} \quad \textbf{(4.22)}$$

m_{feed}	annual amount of N taken in with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{N,XP}$	nitrogen content of crude protein ($x_{N,XP}$ = 1/6.25 kg kg^{-1}), see DLG (2005), pg. 7, and DLG (2014), pg. 7
XP_{int}	annual intake of crude protein with feed (in kg pl^{-1} a^{-1}), see text

The amount of N determined in the mean increase in weight per year is calculated as follows:

Die im Gewichtszuwachs im Mittel pro Jahr festgelegte N-Menge wird wie folgt berechnet:

$$m_{\mathrm{g}} = x_{\mathrm{N,\,g}} \cdot \frac{\Delta w_{\mathrm{dc}}}{\Delta t} \quad \textbf{(4.23)}$$

m_{g}	annual amount of N retained in weight gained (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{\mathrm{N,\,g}}$	specific N content of growth of dairy cows ($x_{\mathrm{N,\,g}}$ = 0.025 kg kg^{-1}), see DLG (2005), pg. 12, and DLG (2014), pg. 14
$\Delta w_{\mathrm{dc}}/\Delta t$	mean annual weight gain of dairy cows (in kg an-1 a-1), see Chapter 4.3.1.2

The amount of N used for milk production is proportional to the milk yield and milk protein content. Data on these input variables are described in Section 4.3.1.3.

Die zur Milchproduktion eingesetzte N-Menge ist proportional zu Milchleistung und Milchproteingehalt. Daten zu diesen Eingangsgrößen werden in Kapitel 4.3.1.3 beschrieben.

$$m_{\mathrm{lc}} = Y_{\mathrm{M}} \cdot x_{\mathrm{MP,\,milk}} \cdot x_{\mathrm{N,\,MP}} \quad \textbf{(4.24)}$$

m_{lc}	annual N requirements for milk production (lactation) (in kg pl^{-1} a^{-1})
Y_{M}	annual milk yield (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 4.3.1.3
$x_{\mathrm{MP,\,milk}}$	protein content of milk (in kg kg^{-1}), see Chapter 4.3.1.3
$x_{\mathrm{N,\,MP}}$	N content of milk protein ($x_{\mathrm{N,\,MP}}$ = 1/6.38 kg kg^{-1}), see DLG (2005, 2014), pg. 7

The N requirement for pregnancy is calculated proportionally to the number of births per year (see context for equation (4.9)) and to the birth weight of the calf. DLG (2005, 2014) use the value 0.025 kg kg^{-1} as the proportionality factor $x_{\mathrm{N,\,p}}$. This is identical to $x_{\mathrm{N,\,g}}$ in equation (4.23) and therefore only represents the N requirement for the fetus. In the emission calculation model, however, with reference to GfE (2001), p. 47, equation (2.2.1), the N requirement for the development of the pregnant uterus is also taken into account. This results in a combined nitrogen requirement of $x_{\mathrm{N,\,p}}$ = 0.0302 kg per kg of calf birth weight. As in DLG (2014), p. 34, the birth weight is set at 45 kg. (For DLG, 2005, it can be derived from the N-balance calculations described there that the birth weight was assumed to be 45 kg.)

Der N-Bedarf für die Trächtigkeit wird proportional zur Anzahl der Geburten pro Jahr (siehe Kontext zu Gleichung (4.9)) und zum Geburtsgewicht des Kalbs berechnet. Als Proportionalitätsfaktor $x_{\mathrm{N,p}}$ verwenden DLG (2005, 2014) den Wert 0,025 kg kg^{-1}. Dieser ist identisch mit $x_{\mathrm{N,g}}$ in Gleichung (4.23) und bildet demzufolge nur den N-Bedarf für den Foetus ab. Im Emissionsberechnungsmodell wird dagegen unter Rückgriff auf GfE (2001), S. 47, Gleichung (2.2.1), zusätzlich auch der N-Bedarf für die Entwicklung des graviden Uterus berücksichtigt. Damit ergibt sich für Foetus und graviden Uterus zusammen ein Stickstoffbedarf von $x_{\mathrm{N,p}}$ = 0,0302 kg pro kg Kalbgeburtsgewicht. Das Geburtsgewicht wird wie bei DLG (2014), S. 34, mit 45 kg angesetzt. (Für DLG, 2005, lässt sich aus den dort beschriebenen N-Bilanzrechnungen ableiten, dass das Geburtsgewicht mit 45 kg angenommen wurde.)

$$m_{\mathrm{p}} = n_{\mathrm{p,\,year}} \cdot w_{\mathrm{start,\,calf}} \cdot x_{\mathrm{N,\,p}} \quad \textbf{(4.25)}$$

m_{p}	annual N requirements for conception products (in kg pl^{-1} a^{-1})
$n_{\mathrm{p,\,year}}$	number of pregnancies per place and year (in calf pl^{-1} a^{-1}), see context of Eq. (4.9)
$w_{\mathrm{start,\,calf}}$	birth weight of a calf ($w_{\mathrm{start,\,calf}}$ = 45 kg calf^{-1}), see text
$x_{\mathrm{N,\,p}}$	N coefficient for uterus and foetus ($x_{\mathrm{N,\,p}}$ = 0,0302 kg kg^{-1}), see text

4.3.7.1.2 *TAN excretion / TAN- Ausscheidung*

For the calculation of NH_3 emissions, the proportion of N excretion known as TAN (total ammonia nitrogen) is required, which is equated with the amount of N excreted in urine (chapter 3.3.3.2).

Urine N 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 feed intake rate increases. Hence, in order to obtain urine, the inventory model Py-GAS-EM first calculates faecal N excretion which is then subtracted from total N excretion to obtain TAN excretion.

Für die Berechnung von NH_3-Emissionen wird der als TAN (total ammonia nitrogen) bezeichnete Anteil der N-Ausscheidungen benötigt, der mit der im Harn ausgeschiedenen N-Menge gleichgesetzt wird (Kapitel 3.3.3.2).

Harn-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 Futteraufnahmerate abnimmt. Daher wird im Inventarmodell Py-GAS-EM zunächst die N-Ausscheidung im Kot berechnet. Die Differenz zur Gesamt-N-Ausscheidung ergibt die TAN-Ausscheidung.

$$m_{\mathrm{TAN}} = m_{\mathrm{urine}} = m_{\mathrm{excr}} - m_{\mathrm{faeces}} \quad \textbf{(4.26)}$$

m_{TAN}	annual excretion of TAN (total ammonia nitrogen) (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{urine}	annual excretion N with urine (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{excr}	annual amount of N excretioned with faeces and urine (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{faeces}	annual excretion of faecal N (in kg pl^{-1} a^{-1})

The method for calculating fecal N excretion was derived in Denmark on the basis of experimental data and is in good agreement with similar methods reported in the literature (KRISTENSEN et al., 1998, p. 117). A review of the procedure using German data showed that it can be transferred to German conditions (KTBL, 2021). After adapting to the notation in this report, the fecal-N formula from KRISTENSEN et al. (1998), p. 117 is:

Das Verfahren zur Berechnung der Kot-N-Ausscheidung wurde in Dänemark auf der Grundlage von experimentellen Daten abgeleitet und steht in gutem Einklang mit ähnlichen Verfahren, die in der Literatur berichtet wurden (KRISTENSEN et al., 1998, S. 117). Eine Überprüfung des Verfahrens anhand deutscher Daten erbrachte, dass es auf deutsche Verhältnisse übertragen werden kann (KTBL, 2021). Nach Anpassung an die Schreibweise im vorliegenden Bericht lautet die Kot-N-Formel von KRISTENSEN et al. (1998), S. 117:

$$m_{\mathrm{faeces}} = \beta \cdot \left[c_{\mathrm{faec,\,1}} \cdot m_{\mathrm{feed}} + x_{\mathrm{N,\,XP}} \cdot \left(c_{\mathrm{faec,\,2}} \cdot DM_{\mathrm{int}} + \frac{c_{\mathrm{faec,\,3}} \cdot DM_{\mathrm{int}}^2}{\alpha} \right) \right] \quad \textbf{(4.27)}$$

m_{faeces}	annual excretion of faecal N (in kg pl^{-1} a^{-1})
β	mass units conversion factor (β = 0.001 kg g^{-1})
$c_{\mathrm{faec,\,1}}$	constant ($c_{\mathrm{faec,\,1}}$ = 40 g kg^{-1})
m_{feed}	annual amount of N taken in with feed (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Eq. (4.21)
$x_{\mathrm{N,\,XP}}$	nitrogen content of crude protein ($x_{\mathrm{N,\,XP}}$ = 1/6.25 kg kg^{-1})
$c_{\mathrm{faec,\,2}}$	constant ($c_{\mathrm{faec,\,2}}$ = 20 g kg^{-1})
DM_{int}	annual DM intake (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Eq. (4.15)
$c_{\mathrm{faec,\,3}}$	constant ($c_{\mathrm{faec,\,3}}$ = 1.8 g d pl kg^{-2})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})

For the relative TAN content of the total N-excretions:

Für den relativen TAN-Anteil an den Gesamt-N-Ausscheidungen ergibt sich:

$$x_{\mathrm{TAN}} = \frac{m_{\mathrm{TAN}}}{m_{\mathrm{excr}}} = \frac{m_{\mathrm{TAN}}}{m_{\mathrm{faeces}} + m_{\mathrm{TAN}}} \quad \textbf{(4.28)}$$

x_{TAN}	relative content of TAN excreted (in kg kg^{-1})
m_{TAN}	annual excretion of TAN (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{excr}	annual amount of N excretioned with faeces and urine (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{faeces}	annual excretion of faecal N (in kg pl^{-1} a^{-1})

4.3.7.1.3 *Partitioning of N excretions between different housing systems and grazing / Aufteilung der N-Ausscheidungen zwischen verschiedenen Haltungssystemen und Weidegang*

The emission factors of different housing systems and of grazing differ in some cases considerably, see Chapter 4.2.2. The N and TAN excretions must therefore be divided up according to the relative occurrence of husbandry systems and grazing. The data required for this are provided by RAUMIS or taken from the agricultural statistics (see Chapter 3.4.3).

In the first step, the N and TAN quantities that are deposited on the pasture are defined. In the absence of differentiated and representative data on the temporal distribution of excretions, it is assumed that the ratio of annual excretion on pasture to total annual excretion corresponds to the relative proportion of time $f_{\mathrm{time,\,graz}}$ that is spent annually on pasture (see equation (4.6)).

Die Emissionsfaktoren verschiedener Haltungssysteme und von Weidegang unterscheiden sich zum Teil beträchtlich, siehe Kapitel 4.2.2. Die N- und TAN-Ausscheidungen sind daher entsprechend dem relativen Vorkommen von Haltungssystemen und Weidegang aufzuteilen. Die dazu erforderlichen Daten werden durch RAUMIS bereitgestellt bzw. aus der Agrarstatistik entnommen (siehe Kapitel 3.4.3).

Im ersten Schritt werden die N- und TAN-Mengen abgegrenzt, die auf der Weide abgesetzt werden. Mangels differenzierter und repräsentativer Daten über die zeitliche Verteilung der Ausscheidungen wird angenommen, dass das Verhältnis von jährlicher Ausscheidung auf der Weide zur jährlichen Gesamtausscheidung dem relativen Zeitanteil $f_{\mathrm{time,\,graz}}$ entspricht, der jährlich auf der Weide verbracht wird (siehe Gleichung (4.6)).

In the second step, the remaining N excretions are divided up according to the statistical frequencies of the various housing systems.

Milking stalls and any open spaces in the yard area used by dairy cows are sub-units of housing systems. In principle, the N mass flows would also have to be arithmetically branched into these subunits. For milking stalls and open spaces, however, there are neither representative data on distribution and use nor differentiated emission factors. The emission rates from milking stalls and open spaces are therefore implicitly equated in the inventory with the emission rates of the housing systems of which they are part.

Im zweiten Schritt werden die verbleibenden N-Ausscheidungen entsprechend den statistischen Häufigkeiten der verschiedenen Haltungssysteme aufgeteilt.

Melkställe und etwaige durch Milchkühe genutzte Freiflächen im Hofbereich sind Untereinheiten von Haltungssystemen. Grundsätzlich müssten die N-Massenflüsse rechnerisch auch in diese Untereinheiten verzweigt wrden. Für Melkställe und Freiflächen gibt es aber weder repräsentative Daten zur Verbreitung und Nutzung noch differenzierte Emissionsfaktoren. Die Emissionsraten aus Melkställen und Freiflächen werden daher im Inventar implizit mit den Emissionsraten der Haltungssysteme gleichgesetzt, deren Teil sie sind.

4.3.7.2 *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 4.21. For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

No bedding is taken into account during the grazing period; hence 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 4.21 angegeben. Zu den Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Für Weidezeiten wird keine Einstreu berücksichtigt; daher hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Table 4.21: Dairy cows, N inputs with straw in solid-manure systems

Housing type	Haltungssystem	Straw input kg pl^{-1} d^{-1}	Dry matter (DM) [d] kg pl^{-1} d^{-1}	N input (in DM) [d] kg pl^{-1} d^{-1}	TAN [d] kg pl^{-1} d^{-1}
tied systems	Anbindehaltung	5.0 [a]	4.3	$24.9 \cdot 10^{-3}$	$12.5 \cdot 10^{-3}$
loose housing	Laufstall	5.0 [b]	4.3	$24.9 \cdot 10^{-3}$	$12.5 \cdot 10^{-3}$
deep bedding	Tiefstreu	8.0 [c]	6.88	$39.9 \cdot 10^{-3}$	$20.0 \cdot 10^{-3}$

[a] Source: KTBL (2006a), pg. 221
[b] Assumption: same value as for "loose housing, sloped floor" (KTBL (2006a), pg. 269); KTBL expert judgement, Brigitte Eurich-Menden
[c] Source: KTBL (2006a), pg.261
[d] Calculation of DM, N input und TAN according to Chapter 3.3.4.3.2

4.3.7.3 *Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und Weide*

For details of the calculation method see Chapter 3.3.4.3.5.

Partial NH_3–N emission factors were fixed for all relevant housing systems, cf. Table 4.5. They are based on absolute data provided by DÖHLER et al. (2002) and converted into TAN related data by DÄMMGEN et al. (2010a).

For the implicit consideration of milking stalls and any open spaces in the yard area used by dairy cows, see Chapter 4.3.7.1.3.

The NH_3-N emission factor for grazing is 0.14 kg kg^{-1} N, related to TAN excreted (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

N_2O and NO emissions resulting from animal excreta dropped during grazing are calculated according to Chapter 11.5.

Zu Details der Berechnungsmethodik siehe Kapitel 3.3.4.3.5.

Die für die relevanten Stallsysteme angesetzten partiellen NH_3-N-Emissionsfaktoren beruhen auf absoluten Daten von DÖHLER et al. (2002), die von DÄMMGEN et al. (2010a) auf TAN-Bezug umgerechnet wurden, siehe Table 4.5.

Zur impliziten Berücksichtigung von Melkställen und etwaigen durch Milchkühe genutzten Freiflächen im Hofbereich siehe Kapitel 4.3.7.1.3.

Für Weidegang beträgt der auf die ausgeschiedene TAN-Menge bezogene NH_3-N-Emissionsfaktor 0,14 kg kg^{-1} N (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N_2O und NO werden nach Kapitel 11.5 berechnet.

4.3.7.4 *Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung*

For details of the calculation method see Chapter 3.3.4.3.5.

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 NH_3, N_2O, NO and N_2 from storage are given in Chapter 4.2.2.1 (Table 4.6 and Table 4.7).

NO emissions from manure management are reported (as NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The emission factors of NH_3 for the different spreading techniques and times before incorporation are given in Chapter Kapitel 4.2.2.3.

The frequency distributionen of of spreading techniques and times before incorporation is supplied by RAUMIS or derived from official census data (see Chapter 3.4.3).

Zu Details der Berechnungsmethodik siehe Kapitel 3.3.4.3.5.

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 NH_3, N_2O, NO und N_2 aus dem Lager wird auf Kapitel 4.2.2.1 (Table 4.6 und Table 4.7) verwiesen.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren von 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.

4.3.7.5 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

4.3.7.6 *Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

4.3.8 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 4.22. 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 4.22 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Table 4.22: Dairy cows, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.94	0.43	0.28
slurry based	güllebasiert	1.81	0.83	0.54

Source: EMEP(2019)-3B-55, Table A1.7 (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).

4.3.9 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, 2019) and respective data of neighbouring countries and the United Kingdom. From the latter, the median is determined and also shown in the comparison tables.

At the time the German emissions reporting 2021 was being prepared, the results of the other countries' emissions reporting 2021 were not yet available. Consequently, the other countries' data have been taken from their 2020 submissions, and the international comparison is performed for 2018.

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 eine Gegenüberstellung von deutschen Eingangsgrößen und Emissionsergebnissen mit IPCC (2006)- und EMEP (2019)-Standardwerten (Defaults) sowie entsprechenden Daten von Nachbarstaaten und des Vereinigten Königreichs. Aus letzteren wird der Median ermittelt und ebenfalls in den Vergleichstabellen angegeben.

Bei Erstellung der deutschen Emissionsberichterstattung 2021 waren die Ergebnisse der Emissionsberichterstattung 2021 der anderen Länder noch nicht bekannt. Daher wurde für diese Länder auf Daten der Berichterstattung 2020 zurückgegriffen. Der internationale Vergleich wird daher für 2018 durchgeführt.

4.3.9.1 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

Table 4.23 allows for a comparison of emissions from enteric fermentation and important governing parameters, supported by the medians of the respective distributions. Mean daily milk yield of German dairy cows is calculated by dividing the annual milk yield by 365.

Of the ten countries compared, Denmark has the highest IEF and the United Kingdom the lowest. Germany is in the middle with its IEF. This also applies to GE intake and milk yield. With regard to the methane conversion factors, it can be stated that three countries (Austria, the Czech Republic, Poland) used the IPCC default value of 6.5%. The Swiss value is significantly higher than the IPCC default value. In Belgium, Denmark, France, Germany, the Netherlands and the United Kingdom, the methane conversion factor is below the IPCC default value, with the British value coming closest to the IPCC default value.

Table 4.23 zeigt die Vergleichsdaten für die Emissionen aus der Verdauung mit wichtigen Einflussgrößen, einschließlich des Medians der jeweiligen Verteilungen. Die durchschnittliche deutsche Tagesmilchleistung entspricht der Jahresleistung dividiert durch 365.

Von den zehn Vergleichsländern hat Dänemark den höchsten und das Vereinigte Königreich 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 drei Länder (Österreich, Tschechien, Polen) den IPCC-Defaultwert von 6,5 % verwendet haben. Der Schweizer Wert ist deutlich höher als der IPCC-Defaultwert. Bei Belgien, Dänemark, Frankreich, Deutschland, den Niederlanden und dem Vereinigtem Königreich liegt der Methanumwandlungsfaktor unter dem IPCC-Defaultwert, wobei der britische Wert dem IPCC-Defaultwert am nächsten kommt.

Table 4.23: Dairy cows, 2018, international comparison of implied emission factors of CH_4 from enteric fermentation and of emission explaining variables

	IEF_{CH4} enteric ferment.	GE intake	milk yield	animal weight	digestibility of energy	methane conversion rate
	kg pl^{-1} a^{-1}	MJ pl^{-1} d^{-1}	kg pl^{-1} d^{-1}	kg an^{-1}	%	MJ MJ^{-1}
Austria	135.74	318.39	19.46	665	71.37	0.0650
Belgium	148.50	371.17	23.09	600	75.16	0.0610
Czech Republic	153.11	359.15	23.36	650	67.00	0.0650
Denmark	160.59	408.08	27.57	580	71.00	0.0600
France	123.05	305.98	19.33	677	NE	0.0613
Germany	**136.42**	**329.35**	**22.10**	**588**	**75.99**	**0.0632**
Netherlands	134.63	296.97	NA	589	NA	0.0573
Poland	126.61	296.97	16.22	500	63.30	0.0650
Switzerland	137.56	303.96	23.18	650	72.20	0.0690
United Kingdom	122.71	288.95	21.61	538	72.24	0.0647
Median	**136.08**	**312.19**	**22.10**	**595**	**71.78**	**0.0640**
IPCC(2006)-10.15 to 10.21, 10.29, 10.72	117	Equations 10.3-10.16	16.44 [a]	600	70	0.065

Source: Germany: Submission 2021; all other countries: UNFCCC (2020), CRF Tables
NE, NA: No data available for different reasons
[a] IPCC daily milk yield: calculated from IPCC default of annual milk yield (6000 kg pl^{-1} a^{-1})

4.3.9.2 *Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management*

Table 4.24 allows for a comparison of CH_4 emissions from manure management and important governing parameters, , supported by the medians of the respective distributions. 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 4.24 zeigt zeigt die Vergleichsdaten für CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management sowie wichtige Einflussgrößen, einschließlich des Medians der jeweiligen Verteilungen. 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.

Table 4.24: Dairy cows, 2018, international comparison of implied emission factors of CH_4 from manure management and of emission explaining variables

	IEF_{CH4} manure management	VS excreted	Liquid systems (without anaerobic digestion)	
			frequency	MCF
	kg pl^{-1} d^{-1}	kg pl^{-1} d^{-1}	%	%
Austria	17.16	5.02	54.41	8.77
Belgium	30.31	5.32	47.45	19.00
Czech Republic	14.23	6.63	16.00	17.00
Denmark [a]	26.49	7.03	71.08	4.98
France	10.64	4.18	17.19	17.50
Germany	**20.21**	**3.97**	**52.37**	**15.33**
Netherlands	38.80	4.85	82.70	17.00
Poland	11.13	6.03	10.53	17.00
Switzerland	27.75	4.82	69.03	13.51
United Kingdom	37.26	5.51	61.00	17.00
Median	**23.35**	**5.17**	**53.39**	**17.00**
IPCC(2006)-10.38, 10.77, Western Europe, cool region, 10°C/11°C	21 to 23	5.1	35.7	17 to 19

Source: Germany: Submission 2021; all other countries: UNFCCC (2020), CRF Tables
[a] Denmark without Greenland and Faroe Island

The IEF values of the compared countries show a relatively large scatter. The median (23.35 kg $place^{-1}$ a^{-1}) is slightly above the IPCC default value range for the IEF, while the German IEF is slightly below. The daily excretion of VS calculated for Germany marks the lower end of the scale (roughly on a par with France). The German

Die IEF-Werte der verglichenen Länder weisen eine relativ große Streuung auf. Der Median (23,35 kg $Platz^{-1}$ a^{-1}) liegt etwas oberhalb der IPCC-Defaultwertspanne für den IEF, während der deutsche IEF etwas darunter liegt. Die für Deutschland berechnete tägliche VS-Ausscheidung markiert (ungefähr gleichauf mit Frank-

MCF of liquid systems is 90% of the median of the countries compared, while the spread of liquid manure systems in Germany is practically at the level of the median.

reich) das untere Ende der Skala. Der deutsche MCF von Flüssigsystemen liegt bei 90 % des Medians der verglichenen Länder, während die Verbreitung von Flüssigmistsystemen in Deutschland praktisch auf dem Niveau des Medians liegt.

4.3.9.3 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

The German N excretion as provided in Table 4.25 (i.e total N excretion including N excreted on pasture) is 8% above the median. The IPCC default value of N excretion and thus the corresponding EMEP default value are too low compared to most countries in Central Europe.

Note: The Austrian data on the number of animals, NH_3 emissions and NH_3-IEF were taken from submission 2019, as no more up-to-date data were available at the time Table 4.25 was drawn up.

Since the NH3 IEF is not reported directly, it had to be calculated for all countries except Germany from reported NH3 emissions and animal numbers. The German NH3-IEF is approximately 3% above the median. The German IEF for direct N2O from manure management is ca. 2% below the median.

Die in Table 4.25 angegebene deutsche N-Ausscheidung (ohne Abzug für Weidegang) liegt 8% über dem Median. Der IPCC-Standardwert für N-Ausscheidung und damit auch der entsprechende EMEP-Standardwert sind im Vergleich zu den meisten mitteleuropäischen Ländern zu niedrig.

Anmerkung: Die österreichischen Daten zu Tierzahl, NH3-Emission und NH3-IEF wurden aus Submission 2019 entnommen, da zum Zeitpunkt der Erstellung von Table 4.25 keine aktuelleren Daten verfügbar waren.

Da der NH_3-IEF nicht berichtet wird, musste er für alle Länder außer Deutschland aus den NH_3-Emissionen und Tierzahlen berechnet werden. Der deutsche NH_3-IEF liegt rund 3% über dem Median. Der deutsche IEF für direktes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegt rund 2% unter dem Median.

Table 4.25: Dairy cows, 2018, international comparison of total N excretions and implied emission factors of NH3 from manure management (housing and storage, without spreading)

	N excreted (incl. grazing)	number of animals	NH_3 emission	IEF_{NH3}	$IEF_{N2O, direct}$
			(manure management without spreading)		
	kg pl^{-1} a^{-1}	1000 pl	Gg a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria [a]	106.44	543.4	8.18	15.06	0.664
Belgium	120.76	493.0	6.53	13.24	0.706
Czech Republic	141.20	587.3	7.92	13.48	0.699
Denmark [b]	154.67	575.4	7.81	13.57	1.038
France	114.86	3548.2	58.38	16.45	0.415
Germany	**116.80**	**4100.9**	**50.74**	**12.37**	**0.569**
Netherlands	84.10	1591.3	21.64	13.60	0.412
Poland	90.00	2429.2	35.24	14.51	0.593
Switzerland	111.65	564.2	11.06	19.60	0.334
United Kingdom [c]	109.88	1892.2	35.74	18.89	0.507
Median	**113.25**			**14.05**	**0.581**
IPCC(2006)-10.59 [d]	105.1				
EMEP(2019)-3B-31 & 16	105			16.1 to 22.0	

Sources: Germany: Submission 2021; all other countries: UNFCCC (2020), CRF Tables; CEIP (2020) NFR Table, except for Austria (CEIP, 2019)

[a] Austria: number of animals, NH_3 emissions and IEF_{NH3} taken from Submission 2019 as more recent data were not available at the time of the preparation of Table 4.25

[b] Denmark without Greenland and Faroe Island

[c] 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)

[d] IPCC N excretion: calculated using the IPCC default animal weight (600 kg)

4.3.9.4 *Emissions of particulate matter and NMVOC / Partikel- und NMVOC-Emissionen*

Table 4.26 shows IEF values of TSP, PM_{10} and $PM_{2.5}$ of the different countries scattering over a power of ten and more. (The Austrian data originate from the 2019 submission, as more recent data were not available at the time Table 4.26 was drawn up.)

It is not clear whether these large differences can be justified solely by the fact that there are different pro-

Table 4.26 zeigt IEF-Werte von TSP, PM_{10} und $PM_{2.5}$ der verschiedenen Länder, die über eine Zehnerpotenz und mehr streuen. (Die österreichischen Daten stammen aus Submission 2019, da aktuellere Daten zum Zeitpunkt der Erstellung von Table 4.26 nicht verfügbar waren.)

Ob die großen Unterschiede allein dadurch zu begründen sind, dass von Land zu Land unterschiedliche

portions of straw- and manure-based systems from country to country. Differences in grazing times contribute as well, because no TSP and PM emissions are calculated for grazing times.

Anteile stroh- und güllebasierter Systeme vorliegen, kann nicht geklärt werden. Auch Unterschiede in der Weidegangdauer wirken sich aus, da für Weidegang keine TSP-und PM-Emissionen berechnet werden.

Table 4.26: Dairy cows, 2018, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC

	IEF_{TSP}	IEF_{PM10}	$IEF_{PM2.5}$	IEF_{NMVOC}
	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria [a]	0.24	0.02	0.11	19.15
Belgium	1.03	0.47	0.31	19.81
Czech Republic	0.68	0.31	0.20	11.16
Denmark [b]	1.64	0.75	0.49	47.35
France	0.72	0.33	0.22	IE
Germany	**1.48**	**0.68**	**0.44**	**39.21**
Netherlands	0.13	0.13	0.03	27.46
Poland	1.38	0.63	0.41	13.73
Switzerland	0.61	0.18	0.04	13.59
United Kingdom [c]	1.07	0.49	0.32	14.13
Median	**0.88**	**0.40**	**0.26**	**19.15**
EMEP(2019)-3B-19, 18 (Tier 1)	1.38	0.63	0.41	17.94 [d]

Source: Germany: Submission 2021; all other countries: CEIP (2020), NFR Table (except for Austria: CEIP, 2019); IEFs calculated from original data
IE: results included elsewhere
[a] Austria: all data taken from Submission 2019 as more recent data were not available at the time of the preparation of Table 4.26
[b] Denmark without Greenland and Faroe Island
[c] United Kingdom: Data for dairy *cattle*, which is dairy cows plus all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)
[d] for feeding with silage

NMVOC-IEF values are also scattered strongly. The Danish value and the German value are striking, as they are far above EMEP Tier 1 default and median. Until Submission 2019, Germany calculated NMVOC emissions from manure management of cattle using the Tier 1 method (EMEP (2016)-3B-17). Based on the TERT recommendation from the German IIR 2019 review, Germany calculates, as of Submission 2020, NMVOC emissions for cattle using the Tier 2 methodology (EMEP (2019)-3B-28. What is striking is the big difference between the resulting Tier 2 emission factors and the Tier 1 emission factors: With 39.2 kg pl^{-1} a^{-1}, the Tier 2 EF for dairy cows is more than twice as high as the Tier-1-EF with (rounded) 17.9 kg pl^{-1} a^{-1}. This big difference is explained by the fact that Tier 1 and Tier 2 methodology are not consistent.

Auch die NMVOC-IEF-Werte streuen stark. Auffällig sind der dänische und der deutsche Wert, die weit über EMEP-Tier 1-Default und Median liegen. Bis Submission 2019 berechnete Deutschland die NMVOC-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-management von Rindern mit der Tier-1-Methode (EMEP (2016)-3B-17). Aufgrund der TERT-Empfehlung aus dem deutschen IIR-2019-Review berechnet Deutschland seit Submission 2020 die NMVOC-Emissionen für Rinder mit der Tier-2-Methodik (EMEP (2019)-3B-28). Auffällig ist der große Unterschied zwischen den sich so ergebenden Tier-2-Emissionsfaktoren und den Tier-1-Emissionsfaktoren: Der Tier-2-EF für Milchkühe ist mit 39,2 kg pl^{-1} a^{-1} mehr als doppelt so hoch wie der Tier-1-EF mit rund 17,9 kg pl^{-1} a^{-1}. Dieser große Unterschied erklärt sich dadurch, dass Tier-1- und Tier-2-Methodik nicht konsistent sind.

4.3.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

The subsequent table list the references to information provided in the data collection (see Chapter 2.4).

Die nachfolgenden Tabelle enthält Verweise auf die Informationen in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

Table 4.27: Dairy cows, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.001	
		CH_4 manure management	EM1005.001	
		NMVOC	EM1007.001	
		NH_3	EM1009.001	EM1009.003
		N_2O	EM1009.094	
		NO	EM1009.125	
		TSP	EM1010.001	
		PM_{10}	EM1010.032	
		$PM_{2.5}$	EM1010.063	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.001	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.001	
		CH_4 manure management	IEF1005.001	
		NMVOC	IEF1007.001	
		NH_3	IEF1009.001	IEF1009.003
		N_2O	IEF1009.088	
		NO	IEF1009.117	
		TSP	IEF1010.001	
		PM_{10}	IEF1010.030	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.059	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.001	AI1005CAT.035
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.001	EXCR.005

4.4 Calves / Kälber

The category "calves" used in the inventory corresponds to category A in Table 4.1. The annual statistical survey of the number of calves does not differentiate either by gender or by destination (female calves primarily for milk production, male calves for fattening). In the absence of more detailed data, such a differentiation is not possible in the inventory either.

Until submission 2020 (HAENEL ET AL., 2020) the inventory model for calves in the areas of energy demand, feeding and excretions was based on DÄMMGEN ET AL. (2013). From the 2021 submission onwards, a calf model will be used in which these areas have been largely redesigned based on German standard values and expert recommendations.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.28.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Die im Inventar verwendete Kategorie „Kälber" entspricht der Kategorie A in Table 4.1. Die jährliche statistische Kälberzahlen- Erhebung unterscheidet weder nach Geschlecht noch nach Bestimmung (weibliche Kälber vorrangig für die Milchproduktion, männliche Kälber für die Mast). Mangels detaillierterer Daten ist eine solche Differenzierung auch im Inventar nicht möglich.

Bis Submission 2020 (HAENEL ET AL., 2020) gründete sich das Inventarmodell für Kälber in den Bereichen Energiebedarf, Fütterung und Ausscheidungen auf DÄMMGEN ET AL. (2013). Ab Submission 2021 kommt ein Kälbermodell zum Einsatz, in dem diese Bereiche anhand deutscher Standardwerte und Expertenempfehlungen weitgehend neu konzipiert wurden.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.28 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.28: Calves, calculation methods applied

Species	Origin	Tier	Method applied
CH_4	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	2	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

4.4.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

4.4.1.1 *Animal numbers / Tierzahlen*

Cattle numbers are collected annually by the Statistical Offices of the federal states (STATLA C III 1 – vj 4) and published by the Federal Statistical Office in federal-state resolution and for Germany (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). The cattle numbers used to calculate the emissions in district resolution are provided by the Federal Statistical Office specifically for emissions reporting, see Chapter 4.1.1. For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1.2.

The German statistics do not differentiate between the calves by gender. Since 2009 calves up to an age of 8 months have been recorded, before this limit was 6 months. In spite of that the inventory has a categorie "calves" comprising young cattle up to an age of only 4 months. The numbers of calves in the inventory categorie "calves" is derived from the official counts using the forementioned thresholds of age, see below. The older calves that do not fall into the inventory category "calves" are assigned to the inventory categories "dairy heifers", "female beef cattle" and "male beef cattle", see Sections 4.5 and 4.6.

Rinderzahlen werden jährlich von den Statistischen Landesämtern erhoben (STATLA C III 1 – vj 4) und durch das Statistische Bundesamt in Bundeslandauflösung und für Deutschland veröffentlicht (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). Die zur Emissionsberechnung verwendeten Rinderzahlen in Kreisauflösung werden durch das Statistische Bundesamt speziell für die Emissionsberichterstattung bereitgestellt, siehe dazu Kapitel 4.1.1. Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Kapitel 4.1.2.

Die deutsche Statistik unterscheidet bei den Kälbern nicht nach Geschlecht. Seit 2009 werden Kälber bis zu einem Alter von 8 Monaten erfasst, davor lag diese Grenze bei 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 Statistik abgeleitet, siehe unten. Die damit nicht in die Inventarkategorie „Kälber" fallenden älteren Kälber werden den Inventarkategorien „Milchfärsen", „Schlachtfärsen" und „männliche Mastrindern" zugeschlagen, siehe Kapitel 4.5 und 4.6.

$$n_{\mathrm{ca}} = x_{\mathrm{ca}} \cdot n_{\mathrm{A}} \qquad \textbf{(4.29)}$$

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)

4.4.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

The initial weight of the inventory category “calves”, i. e. the birth weight, consistent with the assumptions for calculating the energy requirement of the dairy cow, is set at 45 kg calf^{-1}, see Chapter 4.3.7.1.1.

According to KTBL (2018), p. 543 ("Ausstallungsgewicht"), the final weight is between 80 and 200 kg calf^{-1} for female calves and between 100 and 250 kg calf-1 for male calves. DLG (2014), p. 29, bases its feeding recommendation on a stall weight of 135 kg calf^{-1} (calculated from the birth weight of 45 kg calf^{-1} and an increase of 90 kg calf^{-1}). The inventory assumes 125 kg calf^{-1} to represent the race and gender-dependent range of 115 kg to 135 kg given in KTBL (2018), p. 543. Heavier animals are considered in the categories “dairy heifers”, “female beef cattle” and “male beef cattle”.

The mean calf weight is estimated by arithmetic averaging of the initial and final weight: 85 kg calf^{-1}. It is not included in the emissions calculation, but must be reported as part of the emissions reporting.

DLG (2014), p. 29, assumes a calf rearing phase of 16 weeks, i.e. around 3.7 months. KTBL (2018), p. 543, specifies an age of 125 days, i.e. approx. 4.1 months. The inventory is based on 4 months in the sense of 1/3 year. The weight increase in the inventory is 80 kg calf^{-1} over 4 months, which corresponds to a mean daily increase of 0.658 kg calf^{-1} d^{-1}.

Das Anfangsgewicht der Inventarkategorie „Kälber“, d. h. das Geburtsgewicht, wird konsistent mit den Annahmen für die Energiebedarfsberechnung der Milchkuh mit 45 kg calf^{-1} angesetzt, siehe Kapitel 4.3.7.1.1.

Das Endgewicht liegt nach KTBL (2018), S. 543 („Ausstallungsgewicht“), für weibliche Kälber zwischen 80 und 200 kg calf^{-1} und für männliche Kälber zwischen 100 und 250 kg calf^{-1}. DLG (2014), S. 29, gründet seine Fütterungsempfehlung, auf ein Ausstallungsgewicht von 135 kg calf^{-1} (berechnet aus Geburtsgewicht von 45 kg calf^{-1} und Zuwachs von 90 kg calf^{-1}). Das Inventar geht von 125 kg calf^{-1} aus, um die in KTBL (2018), S. 543, angegebene rasse- und geschlechtsabhängige Spanne von 115 kg bis 135 kg zu repräsentieren. Schwerere Tiere werden in den Kategorien „Milchfärsen“, „Schlachtfärsen“ und „männliche Mastrinder“ berücksichtigt.

Das mittlere Kalbgewicht wird durch arithmetische Mittelung von Anfangs- und Endgewicht geschätzt: 85 kg calf^{-1}. Es geht nicht in die Emissionsberechnung ein, ist aber im Rahmen der Emissionsberichterstattung zu berichten.

DLG (2014), S. 29, geht von einer Dauer der Kälberaufzucht von 16 Wochen aus, also rund 3,7 Monaten. KTBL (2018), S. 543, gibt ein Ausstallungsalter von 125 Tagen an, also ca. 4,1 Monate. Das Inventar geht von 4 Monaten im Sinne von 1/3 Jahr aus. Die Gewichtszunahme beträgt demnach im Inventar 80 kg calf^{-1} über 4 Monate, was einer mittleren täglichen Zunahme von 0,658 kg calf^{-1} d^{-1} entspricht.

4.4.2 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

4.4.2.1 *German standard feeding recommendations / Deutsche Standard-Fütterungsempfehlungen*

The inventory model of feed intake in calf rearing (see Chapter 4.4.2.2) is based on the feed quantities recommended by German experts in DLG (2014), p. 29. These recommendations are based on the assumption that within 16 weeks after birth, a weight gain of 90 kg per calf will be achieved. For this, a metabolisable energy (ME) requirement of 3400 MJ per calf is assumed. It is assumed that three calves are reared per animal place and year. Table 4.29 shows, in dry matter units, the feeding recommendations per calf as well as per place and year. For this, it was taken into account that DLG (2014) generally specifies the concentrate quantities in fresh mass units in feeding recommendations, which are converted into dry mass units for Table 4.29 using the dry mass content from DLG (2014), p. 15 (whole milk, milk replacer, calf concentrated feed.)

Das Inventarmodell der Futteraufnahme in der Kälberaufzucht (siehe Kapitel 4.4.2.2) basiert auf den von deutscher Experten in DLG (2014), S. 29, empfohlenen Futtermengen. Diese Empfehlungen gehen davon aus, dass nach der Geburt innerhalb von 16 Wochen ein Zuwachs von 90 kg pro Kalb erreicht wird. Dafür wird ein Bedarf an metabolisierbarer Energie (ME) von 3400 MJ pro Kalb unterstellt. Es wird davon ausgegangen, dass je Tierplatz und Jahr drei Kälber aufgezogen werden. Table 4.29 zeigt, in Trockenmasse-Einheiten, die Fütterungsempfehlungen pro Kalb sowie pro Platz und Jahr. Dafür wurde berücksichtigt, dass DLG (2014) in Fütterungsempfehlungen die Kraftfuttermengen generell in Frischmasse-Einheiten angibt, die für Table 4.29 mithilfe der Trockenmassegehalte aus DLG (2014), S. 15, in Trockenmasse-Einheiten umgerechnet wurden (Vollmilch, Milchaustauscher, Kälber-Kraftfutter.)

Table 4.29: Calves, feeding per calf and per place and year as recommended by DLG (2014), in units of dry matter

	amounts per calf (in kg DM per calf) [a]	amounts per place and year (3 calves) (in kg DM per place and year) [a]
whole milk	6.5	19.5
milk replacer	41.0	122.9
concentrates for calves	123.2	369.6
maize silage	20.0	60.0
hay	90.0	270.0

[a] DM: dry matter; the amounts of whole milk, milk replacer and concentrates were derived from the fresh matter amounts given by DLG (2014), pg. 29, using the DM contents given in DLG (2014), pg. 15.

In preparation for the feeding modeling in the inventory, the ME requirement of 3400 MJ calf^{-1} assumed by DLG (2014) was checked using the data and formulas on the energy requirements of rearing cattle described in GfE (2001), Chapter 1.5. A birth weight of 45 kg calf^{-1} was assumed for this. This value is not mentioned in DLG (2014), p. 29; however, DLG (2014), p. 34, assumes a calf birth weight of 45 kg calf^{-1} for dairy cows. In the case of the increase of 90 kg calf^{-1} assumed by DLG (2014), p. 29, this in turn means an end weight of 135 kg an^{-1}. According to GfE (2001), Chapter 1.5, these data result in a cumulative ME requirement per calf of 1720.4 MJ calf^{-1} for maintenance and 1461.0 MJ an^{-1} for growth, a total of 3181.5 MJ calf^{-1} . In comparison with the ME requirement of 3400 MJ calf^{-1} assumed by DLG (2014), this result implies a safety margin by DLG.

Zur Vorbereitung der Fütterungsmodellierung im Inventar wurde der von DLG (2014) unterstellte ME-Bedarf von 3400 MJ calf^{-1} anhand der in GfE (2001), Kapitel 1.5, beschriebenen Daten und Formeln zum Energiebedarf von Aufzuchtrindern überprüft. Hierfür wurde ein Geburtsgewicht von 45 kg calf^{-1} angesetzt. Dieser Wert wird in DLG (2014), S. 29, zwar nicht genannt; allerdings geht DLG (2014), S. 34, bei den Milchkühen von einem Kalbgeburtsgewicht von 45 kg calf^{-1} aus. Dies wiederum bedeutet bei dem von DLG (2014), S. 29, unterstellten Zuwachs von 90 kg calf^{-1} ein Ausstallungsgewicht von 135 kg an^{-1}. Mit diesen Daten ergibt sich nach GfE (2001), Kapitel 1.5, pro Kalb ein kumulativer ME-Bedarf von 1720,4 MJ calf^{-1} für Erhaltung und 1461,0 MJ an^{-1} für Zuwachs, zusammen 3181,5 MJ calf^{-1}. Dieses Ergebnis impliziert im Vergleich mit dem von DLG (2014) unterstellten ME-Bedarf von 3400 MJ calf^{-1} einen Sicherheitszuschlag durch DLG.

4.4.2.2 *Feed and energy intake in the inventory model / Futter- und Energieaufnahme im Inventarmodell*

The modeling of the feed and energy intake of calves in the inventory is based on the feeding recommendation of DLG (2014) described in Chapter 4.4.2.1, which is based on an ME requirement of 3400 MJ per calf. The ME surcharge contained therein of 7% compared to GfE (2001) (see Chapter 4.4.2.1) is retained for the inventory.

Apart from the metabolisable energy, DLG (2014), p. 29, does not provide any information on the overall properties of the feeding recommendation. Therefore, the total dry mass as well as the total content of gross energy (GE) and raw protein were calculated for the inventory. Table 4.30 shows the results, together with the calculated mean ash content and the mean digestibility of crude protein and organic matter. The properties of the individual feed components on which the calculations are based are also shown.

Die Modellierung der Futter- und Energieaufnahme von Kälbern im Inventar basiert auf der in Kapitel 4.4.2.1 beschriebenen Fütterungsempfehlung von DLG (2014), die sich auf einen ME-Bedarf von 3400 MJ pro Kalb gründet. Der darin enthaltene ME-Zuschlag von 7 % gegenüber GfE (2001) (siehe Kapitel 4.4.2.1) wird für das Inventar beibehalten.

Außer zur metabolisierbaren Energie macht DLG (2014), S. 29, keine Angaben zu den Gesamteigenschaften der Fütterungsempfehlung. Daher wurden für das Inventar die Gesamttrockenmasse sowie der Gesamtinhalt an Bruttoenergie (gross energy, GE) und Rohprotein berechnet. Table 4.30 zeigt die Ergebnisse, zusammen mit dem ebenfalls berechneten mittleren Aschegehalt sowie den mittleren Verdaulichkeiten von Rohprotein und oranischer Substanz. Zusätzliche werden die den Berechnungen zugrunde gelegten Eigenschaften der einzelnen Futterkomponenten gezeigt.

Table 4.30: Calves, feeding details based on the the DLG (2014) feeding recommendations (dry matter-related)

(η_{ME}: content of metabolizable energy (ME); η_{GE}: content of gross energy (GE); x_{XP}: crude protein content (XP); x_{ash}: ash content; X_{DXP}: digestibility of crude protein; X_{DOM}: digestibility of organic matter)

components, per calf [a]		dry matter	η_{ME}	η_{GE}	x_{XP}	x_{ash}	X_{DXP}	X_{DOM}
		kg	MJ kg^{-1}	MJ kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}
	milk	6.5	23.1	24.6 [b]	0.262	0.073 [b]	0.95 [b]	0.98 [b]
	milk replacer	41.0	16.2 [c]	17.3 [c]	0.242	0.073 [c]	0.95 [c]	0.98 [c]
	concentrates	123.2	12.3	16.5	0.205	0.070	0.74 [b]	0.82 [b]
	maize silage	20.0	11.0	18.4	0.077	0.037	0.45 [b]	0.74 [b]
	hay	90.0	9.5	18.1	0.115	0.079	0.70 [b]	0.73 [b]
totals / means		dry matter	ME	GE	XP	x_{ash}	X_{DXP}	X_{DOM}
		kg	MJ	MJ	kg	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}
	per calf	280.7	3400	4896.1	48.7	0.071	0.74	0.81
	per place and year (3 calves)	842.0	10200	14688.3	146.1			

[a] Source (if not indicated otherwise): DLG (2014), pg. 15 and 29, and DLG consistent data provided by SPIEKERS (2019), pers. communication

[b] Data adopted from DÄMMGEN ET AL. (2013), because not available from DLG (2014)/SPIEKERS (2019)

[c] Milk replacer: ash content and digestibilities like milk; ME chosen to meet the given overall ME content of 3400 MJ calf^{-1}; GE estimated from ME by using the ratio ME/GE of milk

In the inventory, the "calves" category covers an increase in weight of 80 kg per calf after birth. Heavier animals are assigned to the categories "dairy heifers", "female beef cattle" and "male beef cattle". The calf definition in DLG (2014), p. 29, on the other hand, assumes an increase of 90 kg per calf.

Larger growth implies a higher energy requirement and thus also a higher feed requirement. Therefore, the DLG feed quantities have to be converted to the lower increase set in the inventory. The derivation of the conversion factor is based on a comparison of the ME requirement values calculated according to GfE (2001), Chapter 1.5. For the DLG calf, the total ME requirement according to GfE is 3181.5 MJ calf^{-1}, see Chapter 4.4.2.1. A similar calculation for the inventory calf results in 3029.9 MJ calf^{-1}. This is - taking into account the non-displayed decimal places of the ME requirement values and conservative rounding to four decimal places - 0.9524 times the GfE value.

In the inventory model, the percentage ME surcharge should be taken into account, which is based on the feeding recommendations of DLG (2014), p. 29 (see Chapter 4.4.2.1). Therefore the factor 0.9524 is applied to the absolute values in Table 4.30 (intake of ME, GE and XP). The results are shown in Table 4.31. Relative values such as ash content and digestibility remain unchanged in this conversion.

Im Inventar erstreckt sich die Kategorie „Kälber" über einen Gewichtszuwachs von 80 kg pro Kalb nach der Geburt. Schwerere Tiere werden den Kategorien „Milchfärsen", „Schlachtfärsen" und „männliche Mastrinder" zugeordnet. Die Kälber-Definition in DLG (2014), S. 29, unterstellt dagegen einen Zuwachs von 90 kg pro Kalb.

Größerer Zuwachs impliziert einen höheren Energie-Bedarf und damit auch einen höheren Futterbedarf. Daher müssen die DLG-Futtermengen auf den im Inventar angesetzten niedrigeren Zuwachs umgerechnet werden. Die Ableitung des Umrechnungsfaktors basiert auf einem Vergleich der nach GfE (2001), Kapitel 1.5, berechneten ME-Bedarfswerte. Für das DLG-Kalb beträgt der Gesamt-ME-Bedarf nach GfE 3181,5 MJ calf^{-1}, siehe Kapitel 4.4.2.1. Eine analoge Berechnung für das Inventar-Kalb ergibt 3029,9 MJ calf^{-1}. Dies ist - unter Berücksichtigung der nicht angezeigten Dezimalstellen der ME-Bedarfswerte und konservativer Rundung auf vier Dezimalstellen - das 0,9524-Fache des GfE-Wertes.

Im Inventarmodell soll der prozentuale ME-Zuschlag berücksichtigt werden, der den Fütterungsempfehlungen von DLG (2014), S. 29, zugrunde liegt (siehe Kapitel 4.4.2.1). Daher wird der Faktor 0,9524 auf die absoluten Größen in Table 4.30 angewendet (Aufnahme von ME, GE und XP). Die Ergebnisse gehen aus Table 4.31 hervor. Relative Größen wie Aschegehalt und Verdaulichkeiten bleiben bei dieser Umrechnung unverändert.

Table 4.31: Calves, feeding details used in the inventory

(ME: metabolizable energy; GE: gross energy; XP: crude protein; x_{ash}: ash content; X_{DXP}: digestibility of crude protein; X_{DOM}: digestibility of organic matter)

totals / means		dry matter	ME	GE	XP	x_{ash}	X_{DXP}	X_{DOM}
		kg	MJ	MJ	kg	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}
	per calf	267.3	3238.2	4663.1	46.4	0.071	0.74	0.81
	per place and year (3 calves)	801.9	9714.5	13989.2	139.1			

No data are available for calculating the digestibility of energy in feed (X_{DE}), which is to be reported in the context of emissions reporting. Since X_{DE} is not required for the emission calculations, this quantity is approximated by the digestibility of organic matter (X_{DOM}). This procedure is based on the estimate made by SPIEKERS (2019, personal communication) of digestible energy (DE) as the product of gross energy (GE) and X_{DOM}.

Zur Berechnung der Verdaulichkeit von Energie im Futter (X_{DE}), die im Rahmen der Emissionsberichterstattung zu berichten ist, sind keine Daten verfügbar. Da X_{DE} für die Emissionsberechnungen nicht benötigt wird, wird diese Größe durch die Verdaulichkeit organischer Substanz (X_{DOM}) approximiert. Dieses Vorgehen lehnt sich an die von SPIEKERS (2019, persönliche Kommunikation) vorgenommene Schätzung der verdaulichen Energie (DE) als Produkt aus Bruttoenergie (GE) und X_{DOM} an.

4.4.3 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

The calculation of CH_4 emissions from enteric fermentation is based on the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2, using gross energy intake (see Chapter 4.4.2) and the CH_4 conversion factor $x_{CH4, GE}$.

IPCC (2006) -10.30, Table 10.12, gives a methane conversion factor of 0.065 MJ MJ^{-1} for "other cattle". This value is only useful if the rumen is fully developed. In calves, on the other hand, the rumen has to develop first (see e.g. Baldwin et al., 2003). This development is shown in Table 4.32 based on DÄMMGEN ET AL. (2013) approximated. This approach corresponds to the derivation of a German CH_4 emission factor for the digestion of lambs (see Rösemann et al., 2017, chapter 6.4.2), which was accepted by the ERT in the IPCC review 2016. The mean methane conversion factor for calves is finally $x_{CH4, GE}$ = 0.043 MJ MJ^{-1}.

Die CH_4-Emission aus der Verdauung wird nach dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Tier-2-Verfahren mithilfe des Methanumwandlungsfaktors $x_{CH4, GE}$ aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.4.2) berechnet.

IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12, gibt für „übrige Rinder" einen Methanumwandlungsfaktor von 0,065 MJ MJ^{-1} an. Dieser Wert ist aber nur bei voll entwickeltem Pansen sinnvoll. Bei Kälbern muss sich der Pansen dagegen erst entwickeln (siehe z. B. Baldwin et al., 2003). Diese Entwicklung wird in Table 4.32 in Anlehnung an DÄMMGEN ET AL. (2013) approximiert. Dieser Ansatz entspricht sinngemäß auch der Ableitung eines deutschen CH_4-Emissionsfaktors für die Verdauung von Lämmern (siehe Rösemann et al., 2017, Kapitel 6.4.2), die beim IPCC- Review 2016 durch das ERT akzeptiert wurde. Der mittlere Methanumwandlungsfaktor für Kälber ergibt sich schließlich zu $x_{CH4, GE}$ = 0,043 MJ MJ^{-1}.

Table 4.32: Calves, derivation of a mean CH_4 conversion factor for enteric fermentation

time (in weeks)	development of ruminating	CH_4 conversion factor (in MJ MJ^{-1})
1 - 3	no ruminating	0
4 - 9	transition from no ruminating to full ruminating	linear increase from 0 to 0.065 (assumption)
≥ 10	full ruminating	0.065 according to IPCC (2006)-10.30, Table 10.12
1 – 17.4 [a]	overall mean	0.043

[a] 17.4 weeks: time spent in the inventory category „calves", corresponding to 4 months = 1/3 year, see Chapter 4.4.1.2.

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.

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 Tier-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 Wirtschaftdüngermanagement

CH_4 emissions from manure management are quantified using a Tier 2 procedure, cf. Chapter 3.3.4.1.

The VS excretion is calculated according to Equation (3.16), see Chapter 3.3.3.1, using the data given in Table 4.31 on dry matter absorption, ash content and digestibility of organic matter. This results in a VS excretion of 139.7 kg per place and year.

Die CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Tier-2-Verfahren bestimmt, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die Berechnung der VS-Ausscheidung erfolgt nach Gleichung (3.16), siehe Kapitel 3.3.3.1, unter Verwendung der in Table 4.31 angegebenen Daten zu Trockenmasseaufnahme, Aschegehalt und Verdaulichkeit organischer Substanz. Es ergibt sich eine VS-Ausscheidung von 139,7 kg pro Platz und Jahr.

Maximum methane producing capacity B_o and conversion factors (*MCF*) for the manure storage systems are provided in Table 4.4 (see Chapter 4.2.1). In earlier years calves were kept in straw based tied systems or in deep bedding systems. Since 2003 (ban of tied systems) calves are kept solely in deep bedding systems. The frequencies of these systems have been estimated by expert 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_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 maximale Methan-Freisetzungskapazität B_o sowie die Methanumwandlungsfaktoren (*MCF*) der Lagersysteme sind Table 4.4 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 Häufigkeitsverteilung 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_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

4.4.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of cattle are calculated with a Tier 2 methodology, see Chapters 3.3.4.2.2 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von Rindern werden mit einer Tier-2-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.2 und 3.3.4.2.3.

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

For the methodology of the emission calculation see chapter 3.3.4.3. The relevant sub-aspects are discussed below.

Zur Methodik der Emissionsberechnung siehe Kapitel 3.3.4.3. Auf die relevanten Teilaspekte wird nachfolgend eingegangen.

4.4.6.1 *N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung*

The total N excretion relevant for N_2O, NO and N_2 emissions results from the N balance, i.e. as the difference between feed N intake and N intake in weight gain. For the basic procedure, see the dairy cows (Chapter 4.3.7.1.1).

The feed N intake corresponds to the raw protein intake (see Table 4.31) multiplied by the N content of the feed raw protein (1 / 6.25 kg kg^{-1}). The result is an N intake of 22.2 kg pl^{-1} a^{-1}.

The N-rate in the increase is calculated as the product of the annual total increase per place (3 · 80 kg pl^{-1} a^{-1}) and the N-content of the increase (0.025 kg kg-1): 6.0 kg pl^{-1} a^{-1}.

This results in the total annual N excretion per place of 16.2 kg pl^{-1} a^{-1}.

The portion excreted in the form of TAN is calculated with the help of the crude protein digestibility (see Table 4.31) according to equation (3.26) in Chapter 3.3.3.2. The resulting annual TAN excretion per place is 10.5 kg pl^{-1} a^{-1} (64.7% of the total N excretion).

Die für N_2O-, NO- und N_2-Emissionen relevante Gesamt-N-Ausscheidung ergibt sich aus der N-Bilanz, d. h. als Differenz aus Futter-N-Aufnahme und N-Ansatz im Körperzuwachs. Zur prinzipiellen Vorgehensweise siehe bei den Milchkühen (Kapitel 4.3.7.1.1).

Die Futter-N-Aufnahme entspricht der Rohprotein-Aufnahme (siehe Table 4.31) multipliziert mit dem N-Gehalt des Futter-Rohproteins (1/6,25 kg kg^{-1}). Es ergibt sich eine N-Aufnahme von 22,2 kg pl^{-1} a^{-1}.

Der N-Ansatz im Zuwachs berechnet sich als Produkt aus dem jährlichen Gesamtzuwachs pro Platz (3 · 80 kg pl^{-1} a^{-1}) und dem N-Gehalt des Zuwachses (0,025 kg kg^{-1}): 6,0 kg pl^{-1} a^{-1}.

Damit ergibt sich die jährliche Gesamt-N-Ausscheidung pro Platz zu 16,2 kg pl^{-1} a^{-1}.

Der davon in Form von TAN ausgeschiedene Anteil wird mit Hilfe der Rohprotein-Verdaulichkeit (siehe Table 4.31) sinngemäß nach Gleichung (3.26) in Kapitel 3.3.3.2 berechnet. Die resultierende jährliche TAN-Ausscheidung pro Platz beträgt 10,5 kg pl^{-1} a^{-1} (64,7 % der Gesamt-N-Ausscheidung).

4.4.6.2 *N inputs with straw / N-Einträge mit Stroh*

For calves, straw-based tied systems (only up to the year 2002) and deep bedding systems have to be considered, see Chapter 4.4.4.

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^{-1} d^{-1} fresh matter is (KTBL, 2006b, pg. 425, mean of the two data sets for "Tiefstreustall" [deep beeding]) or $12.5 \cdot 10^{-3}$ kg N $(pl \cdot d)^{-1}$ or $6.2 \cdot 10^{-3}$ kg TAN $(pl \cdot d)^{-1}$.

Für Kälber ist die strohbasierte Anbindehaltung (nur bis zum Jahr 2002) und die Haltung auf Tiefstreu zu berücksichtigen, siehe Kapitel 4.4.4.

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^{-1} d^{-1} (KTBL, 2006b, S. 425, Mittelwert aus „Tiefstreustall, Zweiflächenbucht" und „Tiefstreustall, Einflächenbucht") bzw. $12{,}5 \cdot 10^{-3}$ kg N $(pl \cdot d)^{-1}$, entsprechend $6{,}2 \cdot 10^{-3}$ kg TAN $(pl \cdot d)^{-1}$.

4.4.6.3 *Emissions during housing and grazing / Emissionen aus dem Stall und auf der Weide*

The NH3 emission factors for the housing (straw-based tied systems; deep litter) are provided in Table 4.3. Grazing is not considered for calves.

Die NH_3-Emissionsfaktoren für den Stall (strohbasierte Anbindehaltung; Tiefstreu) werden in Table 4.5 bereitgestellt. Weidegang ist für Kälber nicht vorgesehen.

4.4.6.4 *Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung*

For the emission factors for NH_3, N_2O, NO and N_2 from storage see Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

The emission factors of 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 NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren von NH_3 für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NOx), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

4.4.6.5 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-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 see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

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 4.33. 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 4.33 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Table 4.33: Calves, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.35	0.16	0.10
Source: EMEP(2019)-3B-55, Table A1.7 (with TSP = ID [inhalable dust])				

4.4.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 4.34: Calves, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.002	
		CH_4 manure management	EM1005.002	
		NMVOC	EM1007.002	
		NH_3	EM1009.004	EM1009.006
		N_2O	EM1009.092	
		NO	EM1009.122	
		TSP	EM1010.002	
		PM_{10}	EM1010.032	
		$PM_{2.5}$	EM1010.062	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.002	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.002	
		CH_4 manure management	IEF1005.002	
		NMVOC	IEF1007.002	
		NH_3	IEF1009.004	IEF1009.006
		N_2O	IEF1009.089	
		NO	IEF1009.118	
		TSP	IEF1010.002	
		PM_{10}	IEF1010.031	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.060	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.036	AI1005CAT.066
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.006	EXCR.010

4.5 Heifers (dairy heifers and female beef cattle)/ Färsen (Milchfärsen und weibliche Schlachtrinder)

In the inventory, heifers are female cows that are heavier than 125 kg an^{-1} and have not yet calved. As of the 2021 submission, a distinction will be made between two categories of heifers: dairy heifers, which will later become dairy cattle, and female beef cattle. The latter also include animals that were originally dairy heifers but were found to be unsuitable for milk production.

Until submission 2020 (HAENEL ET AL., 2020), the heifer model did not explicitly consider the energy requirement for grazing. The simplified feeding modeling overestimated the intake of the protein-rich grass silage. An improved heifer model will be used from the 2021 submission. In addition, dairy heifers and female beef cattle are calculated separately in order to better reflect the differences between these two subcategories.

In the inventory, the two categories "dairy heifers" and "female beef cattle" are sub-categories of the "other cattle", see Chapter 4.9.

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.35.

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^{-1} sind und noch nicht gekalbt haben. Ab Submission 2021 werden zwei Färsenkategorien voneinander unterschieden: Milchfärsen, die später zu Milchkühen werden und weibliche Schlachtrinder. Letztere umfassen auch Tiere, die ursprünglich Milchfärsen waren, sich aber als ungeeignet für die Milchproduktion erwiesen.

Bis Submission 2020 (HAENEL ET AL., 2020) wurde im Färsenmodell der Energiebedarf für Weidegang nicht explizit berücksichtigt. Die vereinfachte Fütterungsmodellierung überschätzte die Aufnahme der proteinreichen Grassilage. Ab Submission 2021 kommt ein verbessertes Färsenmodell zum Einsatz. Zusätzlich werden Milchfärsen und Schlachtfärsen getrennt berechnet, um den Unterschieden zwischen diesen beiden Unterkategorien besser gerecht werden zu können.

Im Inventar sind die beiden Kategorien „Milchfärsen" und „weibliche Schlachtrinder" Unterkategorien der „übrigen Rinder", siehe Kapitel 4.9.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.35 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.35: Heifers (dairy heifers and female beef cattle), calculation methods applied

Species	Origin	Tier	Method applied
CH_4	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	2	EMEP
NH_3	manure management	3	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

4.5.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

4.5.1.1 *Animal numbers / Tierzahlen*

Cattle numbers are collected annually by the Statistical Offices of the federal states (STATLA C III 1 – vj 4) and published by the Federal Statistical Office in federal-state resolution and for Germany (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). The cattle numbers used to calculate the emissions in district resolution are provided by the Federal Statistical Office specifically for emissions reporting, see Chapter 4.1.1. For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1.2.

In the inventory the total of the animal numbers of "dairy heifers" and "female beef cattle" 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

Rinderzahlen werden jährlich von den Statistischen Landesämtern erhoben (STATLA C III 1 – vj 4) und durch das Statistische Bundesamt in Bundeslandauflösung und für Deutschland veröffentlicht (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). Die zur Emissionsberechnung verwendeten Rinderzahlen in Kreisauflösung werden durch das Statistische Bundesamt speziell für die Emissionsberichterstattung bereitgestellt, siehe dazu Kapitel 4.1.1. Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Kapitel 4.1.2.

Im Inventar umfasst die Summe der beiden Tierkategorien „Milchfärsen" und „weibliche Schlachtrinder" 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 angenom-

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.

men wird, dass die Geschlechtsverteilung gleich der des Jungviehs ist, siehe eckige Klammer in nachfolgender Gleichung.

$$n_{\mathrm{h,\,tot}} = n_{\mathrm{A}} \cdot \left[(1 - x_{\mathrm{ca}}) \cdot \frac{n_{\mathrm{C}}}{n_{\mathrm{B}} + n_{\mathrm{C}}}\right] + n_{\mathrm{C}} + n_{\mathrm{E}} + n_{\mathrm{F}} + n_{\mathrm{H}} + n_{\mathrm{I}} \quad \textbf{(4.30)}$$

$n_{\mathrm{h,\,tot}}$	total number of heifers considered in the inventory
n_{A}	numbers of calves, i. e. type A 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
n_{B}	numbers of young male cattle < 1 year, i. e. type B in the German census (see Table 4.1)
n_{C}	numbers of young female cattle < 1 year, i. e. type C in the German census (see Table 4.1)
n_{E}	numbers of young female cattle between 1 and 2 years for slaughtering, i. e. type E in the German census (see Table 4.1)
n_{F}	numbers of young female cattle between 1 and 2 years for replacement, i. e. type F in the German census (see Table 4.1)
n_{H}	female cattle > 2 years for slaughtering, i. e. type H in the German census (see Table 4.1)
n_{I}	female cattle > 2 years for replacement, i. e. type I in the German census (see Table 4.1)

The numbers of dairy heifers (n_{dh}) and female beef cattle (n_{bf}) are derived from the total number of heifers $n_{h,\ tot}$ determined in this way, see the following equations. These calculations are necessary because the number of animals in the subcategories n_C and n_A of the official statistics is not known to what extent they can be assigned to one of the two heifer subcategories.

Aus der so ermittelten Gesamtfärsenzahl $n_{h,\ tot}$ werden die Zahlen der Milchfärsen (n_{dh}) und Schlachtfärsen (n_{bf}) abgeleitet, siehe nachstehende Gleichungen. Diese Berechnungen sind erforderlich, weil für die Tierzahlen der Unterkategorien n_C und n_A der Offizialstatistik nicht bekannt ist, zu welchem Anteil sie einer der beiden Färsenunterkategorien zuzuzuordnen sind.

$$n_{\mathrm{dh}} = (1 - f_{\mathrm{bf}}) \cdot n_{\mathrm{h,\,tot}} \quad \textbf{(4.31)}$$

$$n_{\mathrm{bf}} = f_{\mathrm{bf}} \cdot n_{\mathrm{h,\,tot}} \quad \textbf{(4.32)}$$

with

$$f_{\mathrm{bf}} = \frac{n_{\mathrm{E}} + n_{\mathrm{H}}}{n_{\mathrm{E}} + n_{\mathrm{F}} + n_{\mathrm{H}} + n_{\mathrm{I}}} \quad \textbf{(4.33)}$$

n_{dh}	number of dairy heifers
n_{bf}	number of female beef cattle (heifers for slaughtering)
f_{bf}	fraction of heifer population that is considered female beef cattle (heifers for slaughtering)
$n_{\mathrm{h,\,tot}}$	total number of heifers considered in the inventory
n_{E}	numbers of young female cattle between 1 and 2 years for slaughtering, i. e. type E in the German census (see Table 4.1)
n_{F}	numbers of young female cattle between 1 and 2 years for replacement, i. e. type F in the German census (see Table 4.1)
n_{H}	female cattle > 2 years for slaughtering, i. e. type H in the German census (see Table 4.1)
n_{I}	female cattle > 2 years for replacement, i. e. type I in the German census (see Table 4.1)

The parameter f_{bf} indicates the proportion of heifers that is arithmetically assigned to the sub-category "female beef cattle". The German average was 17.2% in 1990 and fell to 10.1% in 1994. After a gradual further decrease to 5.5% by 2008/2009, it rose again to 9.2% by 2019.

Die Größe f_{bf} gibt den Anteil der Färsen an, der rechnerisch der Unterkategorie „Schlachtfärsen" zugeordnet wird. Im deutschen Durchschnitt lag dieser Anteil 1990 bei 17,2 % und fiel bis 1994 auf 10,1 %. Nach einer allmählichen weiteren Abnahme bis 2008/2009 auf 5,5 % erfolgte bis 2019 ein Wiederanstieg auf 9,2 %.

4.5.1.2 *Animal weights, weight gains and lifespans / Tiergewichte, Gewichtszunahmen und Lebensdauern*

To calculate the emissions of the heifers, the live weight at the beginning and end of the life span as heifers as well as this life span itself are required.

Für die Emissionsberechnung der Färsen werden das Lebendgewicht zu Beginn und Ende der Lebensdauer als Färse sowie diese Lebensdauer selbst benötigt.

The initial weight of all heifers is assumed to be 125 kg kg an^{-1}, which is the final weight of the category "calves" (see Chapter 4.4.1.2).

The starting weight of the category "dairy cows" (see Chapter 4.3.1.2)) is used as the final weight of the dairy heifers ($w_{fin, dh}$). This is the weight after the first calving.

The live weight of the female beef cattle ($w_{fin, bf}$) corresponds to the slaughter weight divided by the coefficient of slaughter yield (for definition of slaughter weight, see Chapter 3.1.2.4). KTBL (2018), p. 580, gives a coefficient of slaughter yield of 55% for Friesian and 56% for Simmental cattle. In the inventory, since no distinction is made between breeds, a conservative degree of slaughtering of 55% is assumed for all female beef cattle.

Das Anfangsgewicht aller Färsen wird mit 125 kg an^{-1} angesetzt, d. h. dem Endgewicht der Kategorie „Kälber" (siehe Kapitel 4.4.1.2).

Als Endgewicht der Milchfärsen ($w_{fin, dh}$) wird das Anfangsgewicht der Kategorie „Milchkühe" (siehe Kapitel 4.3.1.2) übernommen. Dieses ist das Gewicht nach dem ersten Abkalben.

Das Lebendendgewicht der Schlachtfärsen ($w_{fin, bf}$) entspricht dem Schlachtgewicht, dividiert durch den Ausschlachtungsgrad (zur Schlachtgewicht-Definition s. Kapitel 3.1.2.4). KTBL (2018), S. 580, gibt für Schwarzbunte einen Ausschlachtungsgrad von 55 % an, für Fleckvieh 56 %. Im Inventar wird, da nicht nach Rassen unterschieden wird, konservativ ein Ausschlachtungsgrad von 55 % für alle Schlachtfärsen angenommen.

$$w_{\text{fin, bf}} = \frac{w_{\text{cw, bf}}}{c_{\text{cw,bf}}} \qquad \textbf{(4.34)}$$

$w_{fin, bf}$	final live weight of female beef cattle heifers (heifers for slaughtering) (in kg an^{-1})
$w_{cw, bf}$	carcass weight of female beef cattle (heifers for slaughtering) (in kg an^{-1})
$c_{cw, bf}$	coefficient of slaughter yield ($c_{cw, bf}$ = 0.55 kg kg^{-1}), see text

For the carcass weights of female beef cattle see Table 4.36. Due to limited table size, every second year is omitted until 2014. The missing data for the new federal states (former GDR) and the year 1990 were replaced with the respective data for 1991. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin those from Brandenburg.

Die Schlachtgewichte von Schlachtfärsen sind in Table 4.36 zusammengestellt. Aus Platzgründen wurde bis 2014 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 4.36: Heifers, carcass weights of female beef cattle (in kg an^{-1})

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW	275	271	280	276	282	284	287	280	294	290	294	295	296	297	299	303	308	312
BY	288	287	297	291	296	303	303	300	308	306	309	311	311	315	316	319	324	326
BB		243	260	259	262	271	268	263	270	253	235	239	253	261	262	266	271	280
HE	269	277	277	273	263	274	260	249	270	248	264	282	282	287	291	293	294	298
MV		235	242	246	247	254	258	256	252	253	255	255	257	265	264	268	272	282
NI	235	240	231	275	280	286	286	280	285	279	271	286	284	283	280	278	283	292
NW	268	272	238	280	278	280	278	273	278	270	267	242	252	257	258	255	272	280
RP	251	257	274	264	261	264	264	260	268	262	264	272	271	272	274	266	272	278
SL	229	260	262	260	257	257	256	278	287	287	286	287	289	290	296	292	292	292
SN		240	254	234	248	245	250	241	254	258	250	251	255	262	263	266	266	271
ST		228	268	251	250	261	271	258	258	258	243	250	255	258	262	254	253	254
SH	271	273	281	275	279	286	286	281	288	288	290	282	282	291	292	294	292	300
TH		240	268	253	256	264	258	242	255	257	252	253	258	265	265	270	270	277

Source: Calculated from data in STATBA FS3 R4.2.1 (Schlachtungen und Fleischerzeugung); STATISTISCHES BUNDESAMT, GENESIS-Online Datenbank

The lifespan of a heifer begins for all heifers at the age of 4 months, i.e. the age at the end of the "calf" phase of life (see Chapter 4.4.1.2).

For dairy heifers, the lifespan of heifers ends at the age of first calving. Data on the age of first calving are available as a complete time series for the whole of Germany from reports from the breeders' associations (see Table 4.13 in Chapter 4.3.1.2). According to this, the first calving age is currently around 28 months.

According to KTBL (2018), p. 580, the slaughter age for female beef cattle is between 15 and 25 months and the

Die Lebensdauer als Färse beginnt für alle Färsen mit einem Alter von 4 Monaten, d. h. dem Alter am Ende der Lebensphase „Kalb" (siehe Kapitel 4.4.1.2).

Für Milchfärsen endet die Lebensdauer als Färse mit dem Erstkalbealter. Daten zum Erstkalbealter sind als lückenlose Zeitreihe für ganz Deutschland aus Meldungen der Züchterverbände verfügbar (siehe Table 4.13 in Kapitel 4.3.1.2). Danach liegt das Erstkalbealter aktuell bei rund 28 Monaten.

Für Schlachtfärsen liegt nach KTBL (2018), S. 580, das Schlachtalter zwischen 15 und 25 Monaten und der

mean is 18 months. The inventory is based on 18 months for the entire time series.

Mittelwert bei 18 Monaten. Das Inventar rechnet für die gesamte Zeitreihe mit 18 Monaten.

According to DLG (2008a), p. 9, a linear weight increase should be aimed for. In the inventory model, an average growth rate is therefore calculated from the initial and live weight and the period in between (see equation (4.3) for dairy cows).

Nach DLG (2008a), S. 9, ist ein linearer Gewichtsanstieg anzustreben. Im Inventarmodell wird daher aus Anfangs- und Lebendendgewicht sowie der dazwischen liegenden Zeitspanne eine mittlere Zuwachsrate berechnet (vgl. Gleichung (4.3) für Milchkühe).

Based on the linear increase in weight, the mean heifer weight is calculated as the arithmetic mean of the initial and live weight. The mean heifer weight is not an input parameter for the emission calculations, but is included in the mean weight of the collective category "Other cattle" (all cattle except dairy cows) to be reported, see Chapter 4.9.2.1.

Vom linearen Gewichtsanstieg ausgehend wird das mittlere Färsengewicht als arithmetisches Mittel von Anfangs- und Lebendendgewicht berechnet. Das mittlere Färsengewicht ist kein Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen, geht aber in das zu berichtende mittlere Gewicht der Sammelkategorie „Übrige Rinder“ (aller Rinder außer Milchkühen) ein, siehe Kapitel 4.9.2.1.

4.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

The heifer's need for metabolizable energy (ME) is made up of the partial amounts for growth, maintenance and grazing as well as for dairy heifers for pregnancy. The calculation of the ME demand is described in general terms below. It can be used for dairy heifers and female beef cattle, taking into account the input parameters that are partially different for the two heifer subcategories. The total annual ME requirement averaged over the lifespan of a heifer is given by the following equation, with the gestation term being set to zero for female beef cattle. The quantities involved in this equation are described below.

Der Bedarf einer Färse an umsetzbarer Energie (ME: metabolizable energy) setzt sich zusammen aus den Teilbeträgen für Wachstum, Erhaltung und Weidegang sowie bei Milchfärsen auch für Trächtigkeit. Die Berechnung des ME-Bedarfs wird nachstehend in allgemeiner Form beschrieben. Sie ist anwendbar für Milchfärsen und Schlachtfärsen unter Beachtung der für die beiden Färsen-Unterkategorien teilweise unterschiedlichen Eingangsparameter. Der über die Lebensdauer einer Färse gemittelte jährliche Gesamtbedarf an ME ist durch die nachstehende Gleichung gegeben, wobei für Schlachtfärsen der Trächtigkeits-Term null gesetzt wird. Die in diese Gleichung eingehenden Größen werden nachfolgend beschrieben.

$$ME_{\mathrm{tot}} = ME_{\mathrm{m}} \cdot \left(1 + f_{\mathrm{E,\,graz}} \cdot g_{\mathrm{time,\,graz}}\right) + ME_{\mathrm{g}} + ME_{\mathrm{p}} \qquad \textbf{(4.35)}$$

ME_{tot}	total of mean annual ME requirements (in MJ pl^{-1} a^{-1})
ME_{m}	mean annual ME requirements for maintenance (in MJ pl^{-1} a^{-1})
$f_{\mathrm{E,\,graz}}$	factor accounting for additional energy requirements during grazing ($f_{\mathrm{E,\,graz}}$ = 0.15 or 15 %, see below)
$g_{\mathrm{time,\,graz}}$	fraction of the year spent on pasture, overall population mean (in a a^{-1})
ME_{g}	mean annual ME requirements for growth (in MJ pl^{-1} a^{-1})
ME_{p}	mean annual ME requirements for pregnancy (in MJ pl^{-1} a^{-1}) with ME_{p} = 0 for female beef cattle (i. e. heifers for slaughtering)

The calculation of the maintenance requirement ME_{m} is based on the summand {0.53 · $W^{0.75}$} in equation (1.5.1) in GfE (2001), which describes the daily maintenance requirement. In this equation, GfE speaks of “total energy demand”; Specifically, the equation represents the sum of the maintenance requirement and the requirement for growth, i.e. Energy for grazing and pregnancy are not included. Based on a linear increase in weight (see Chapter 4.5.1.2)), the time averaging of the GfE maintenance requirement leads to an equation for the mean annual maintenance requirement:

Die Berechnung des Erhaltungsbedarfs ME_{m} basiert auf dem Summand {0,53 · $W^{0,75}$} in Gleichung (1.5.1) in GfE (2001), der den täglichen Erhaltungsbedarf beschreibt. GfE spricht bei dieser Gleichung von „Gesamtenergiebedarf“; konkret stellt die Gleichung die Summe aus Erhaltungsbedarf und Bedarf für Zuwachs dar, d. h. Energie für Weidegang und Trächtigkeit sind nicht enthalten. Ausgehend von einem linearen Gewichtsanstieg (siehe Kapitel 4.5.1.2) führt die zeitliche Mittelung des GfE-Erhaltungsbedarfs zu einer Gleichung für den mittleren jährlichen Erhaltungsbedarf:

$$ME_{\mathrm{m}} = \alpha \cdot \eta_{\mathrm{ME,\,m}} \cdot \frac{w_{\mathrm{unit}}^2}{1.75 \cdot (w_{\mathrm{fin,\,h}} - w_{\mathrm{start,\,h}})} \cdot \left[\left(\frac{w_{\mathrm{fin,\,h}}}{w_{\mathrm{unit}}}\right)^{1.75} - \left(\frac{w_{\mathrm{start,\,h}}}{w_{\mathrm{unit}}}\right)^{1.75}\right] \qquad \textbf{(4.36)}$$

ME_m	mean annual ME requirements for maintenance (in MJ pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$\eta_{ME, m}$	constant ($\eta_{ME, m}$ = 0.53 MJ kg^{-1} d^{-1}), see GfE (2001), pg. 28, eq. (1.5.1)
w_{unit}	unit value of animal weight (w_{unit} = 1 kg an^{-1})
$w_{fin, h}$	final live weight of a heifer (in kg an^{-1}), see Chapter 4.5.1.2 (different final weights for dairy heifers and female beef cattle)
$w_{start, h}$	start weight of a heifer, i. e. the final weight of a calf (in kg an^{-1}), see Chapter 4.5.1.2

Grazing causes additional energy requirements. According to GfE (2001), p. 20, it is formulated as a supplement to the maintenance requirement, see equation (4.35). The parameter $f_{E, graz}$ indicates the relative proportion by which the maintenance energy requirement would increase with all-day grazing all year round. According to GfE (2001), $f_{E, graz}$ can be up to 15%; According to KTBL (2020c), this value is recommended for use in the German emissions inventory. The parameter $g_{time, graz}$ represents, as the mean over the entire population, the relative proportion of the year that the animals are on the pasture (for the origin and availability of pasture data see Sections 3.4.3.1, 3.4.3.2.7 and 3.4.3.3):

Weidegang verursacht zusätzlichen Energiebedarf. Er wird nach GfE (2001), S. 20, als Zuschlag zum Erhaltungsbedarf formuliert, siehe Gleichung (4.35). Der Parameter $f_{E, graz}$ gibt dabei an, um welchen relativen Anteil der Erhaltungsenergiebedarf bei ganzjährig ganztägiger Weidehaltung ansteigen würde. Laut GfE (2001) kann $f_{E, graz}$ bis zu 15 % betragen; nach KTBL (2020c) empfiehlt sich dieser Wert zur Verwendung im deutschen Emissionsinventar. Der Parameter $g_{time, graz}$ stellt als Mittel über die gesamte Population den relativen Anteil des Jahres dar, den sich die Tiere auf der Weide befinden (zur Herkunft und Verfügbarkeit von Weidegangdaten siehe Kapitel 3.4.3.1, 3.4.3.2.7 und 3.4.3.3):

$$g_{\text{time, graz}} = \frac{\tau_{\text{graz, a}}}{\alpha} \cdot \left[x_{\text{graz, d}} + x_{\text{graz, h}} \cdot \frac{\tau_{\text{graz, h}}}{\delta}\right] \quad \textbf{(4.37)}$$

$g_{time, graz}$	fraction of the year spent on pasture, overall population mean (in a a^{-1})
$\tau_{graz, a}$	annual duration of the grazing period (in d a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$x_{graz, d}$	fraction of the total heifer population kept outdoors all day (an an^{-1})
$x_{graz, h}$	fraction of the total heifer population kept outdoors part of day (an an^{-1})
$\tau_{graz, h}$	daily duration of grazing (in h d^{-1})
δ	time units conversion factor (δ = 24 h d^{-1})

For the growth-related energy demand (ME_g), GfE (2001) does not give an equation from which a continuous function for the mean annual demand can be derived. For the inventory model, the maintenance requirement was therefore initially subtracted from the discrete values tabulated in GfE (2001), p. 29, for the daily ME requirement (sum of maintenance and growth requirements). Table 4.37 shows the result. The information for a live weight of 600 kg was taken from data in Kirchgessner et al. (2008), p. 451, overview 7.4-2. Kirchgessner et al. (2008) give these data as a supplement to the values tabulated by GfE (2001), p. 29.

Für den zuwachsbedingten Energiebedarf (ME_g) gibt GfE (2001) keine Gleichung an, aus der sich eine kontinuierliche Funktion für den mittleren Jahresbedarf ableiten ließe. Für das Inventarmodell wurde daher zunächst von den in GfE (2001), S. 29, tabellierten diskreten Werten zum ME-Tagesbedarf (Summe aus Erhaltungs- und Zuwachsbedarf) der Erhaltungsbedarf subtrahiert. Table 4.37 zeigt das Ergebnis. Die Angaben für 600 kg Lebendgewicht wurden aus Daten in Kirchgessner et al. (2008), S. 451, Übersicht 7.4-2, abgeleitet. Kirchgessner et al. (2008) geben diese Daten als Ergänzung zu den von GfE (2001), S. 29, tabellierten Werten an.

Table 4.37: Heifers, daily ME requirements for growth depending on animal weight and weight gain (MJ an^{-1} d^{-1})

daily weight gain, in g an^{-1} d^{-1}	animal weight, in kg an^{-1}									
	150	200	250	300	350	400	450	500	550	*600* [a]
400			8.3	9.3	10.3	11.5	12.8	14.1	15.3	*17.0*
500	7.8	9.2	10.6	12.2	13.7	15.4	17.2	19.1	21.2	*23.5*
600	9.6	11.4	13.4	15.4	17.6	19.9	22.4	25.0	27.8	*30.6*
700	11.4	13.8	16.3	19.0	21.8	24.8	28.1	31.5	35.2	*39.1*
800	13.3	16.1	19.3	22.7	26.2	30.1	34.2	38.5	43.0	
900		18.4	22.5	26.4	30.8	35.8	40.9	46.0	51.4	
1000			25.7	30.4	35.6	41.9	48.2	54.0	60.4	

Source, if not otherwise indicated: data derived from data in GfE (2001), see text
[a] Data for live weight of 600 kg an^{-1} (in italics) derived from Kirchgessner et al. (2008), see text

In a further step, an equation was derived from the GfE-based values given in Table 4.37 (i.e. without the

In einem weiteren Schritt wurde aus den in Table 4.37 angegebenen GfE-basierten Werten (d. h. ohne die

data from Kirchgessner et al., 2008, for a live weight of 600 kg an^{-1}) that shows the daily energy requirements for growth as a function of animal weight and daily weight gain[29] (R^2 including the data from Kirchgessner et al., 2008: 0.9997). With the help of this equation, the total daily requirement values were added up over the entire time span between the initial and final weight using an integral calculation, whereby use was made of the linear weight increase (see Section 4.5.1.2). Division by the time span between the initial and final weight finally resulted in an equation for the mean annual ME requirement for growth:

Daten nach Kirchgessner et al., 2008, für Lebendgewicht 600 kg an^{-1}) eine Gleichung abgeleitet, die den täglichen Energiebedarf für Zuwachs als Funktion von Tiergewicht und täglicher Gewichtszunahme beschreibt[29] (R^2 unter Einschluss der Daten nach Kirchgessner et al., 2008: 0,9997). Mithilfe dieser Gleichung erfolgte über Integralrechnung die Aufsummierung der Tagesbedarfswerte über die gesamte Zeitspanne zwischen Anfangs- und Endgewicht, wobei vom linearen Gewichtsanstieg (siehe Kapitel 4.5.1.2) Gebrauch gemacht wurde. Division durch die Zeitspanne zwischen Anfangs- und Endgewicht ergab schließlich eine Gleichung für den mittleren jährlichen ME-Bedarf für Zuwachs:

$$ME_{\mathrm{g}} = \frac{w_{\mathrm{unit}}}{(\tau_{\mathrm{fin,\,h}} - \tau_{\mathrm{start,\,h}}) \cdot \gamma_{\mathrm{h}}} \cdot \sum_{\mathrm{i}=1}^{3} \left\{ \frac{G_{\mathrm{i}}}{\mathrm{i}} \cdot \left[\left(\frac{w_{\mathrm{fin,\,h}}}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{\mathrm{i}} - \left(\frac{w_{\mathrm{start,\,h}}}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{\mathrm{i}} \right] \right\} \quad \textbf{(4.38)}$$

with

$$G_{\mathrm{i}} = a_{\mathrm{G,\,i}} + b_{\mathrm{G,\,i}} \cdot \left(\frac{\gamma_{\mathrm{h}}}{\gamma_{\mathrm{unit}}} \right)^{3} + c_{\mathrm{G,\,i}} \cdot \left(\frac{\gamma_{\mathrm{h}}}{\gamma_{\mathrm{unit}}} \right)^{6} + d_{\mathrm{G,\,i}} \cdot \left(\frac{\gamma_{\mathrm{h}}}{\gamma_{\mathrm{unit}}} \right)^{9} \quad \textbf{(4.39)}$$

ME_g	mean annual ME requirements for growth (in MJ an^{-1})
$\tau_{fin,\,h}$	final age of a heifer (in a), see Chapter 4.5.1.2 (different final ages for dairy heifers and female beef cattle)
$\tau_{start,\,h}$	initial age of a heifer (in a), see Chapter 4.5.1.2
w_{unit}	unit value of animal weight (w_{unit} = 1 kg an^{-1})
γ_h	daily growth rate (in kg an^{-1} d^{-1})
G_i	G_1, G_2, G_3: functions of γ_h (in MJ an^{-1} d^{-1})
$w_{fin,\,h}$	final live weight of a heifer (in kg an^{-1}), see Chapter 4.5.1.2 (different final weights for dairy heifers and female beef cattle)
$w_{start,\,h}$	start weight of a heifer, i. e. the final weight of a calf (in kg an^{-1}), see Chapter 4.5.1.2
$a_{G,i}$	constants (in in MJ an^{-1} d^{-1}), see Table 4.38
$b_{G,i}$	coefficients (in in MJ an^{-1} d^{-1}), see Table 4.38
γ_{unit}	unit growth rate (in kg an^{-1} d^{-1})
$c_{G,i}$	coefficients (in in MJ an^{-1} d^{-1}), see Table 4.38
$d_{G,i}$	coefficients (in in MJ an^{-1} d^{-1}), see Table 4.38

Table 4.38: Heifers, constants and coefficients for (4.39 (in MJ an^{-1} d^{-1})

subscript i	$a_{G,i}$	$b_{G,i}$	$c_{G,i}$	$d_{G,i}$
1	3.514022	9.322941	-9.170292	0
2	0.008374	0.094702	-0.082140	0.052495
3	0.000005	0.000124	-0.000093	0.000019

In dairy heifers, the energy requirement for pregnancy (ME_p) must also be taken into account. According to GfE (2001), Table 1.4.2, the energy requirement to be explicitly taken into account for pregnancy occurs in the last six weeks before calving. In ME units it is 21 MJ per day in weeks 6 to 4 before calving and 30 MJ per day in the remaining three weeks. This results in a pregnancy-related ME requirement of $ME_{p,\,tot}$ = 1071 MJ calf^{-1}. Division by the duration between stabling as heifers and first calving results in the mean annual ME requirement for pregnancy:

Bei Milchfärsen ist auch der Energiebedarf für Trächtigkeit (ME_p) zu berücksichtigen. Nach GfE (2001), Tabelle 1.4.2, fällt der für Trächtigkeit explizit zu berücksichtigende Energiebedarf in den letzten sechs Wochen vor dem Kalben an. Er beträgt in ME-Einheiten 21 MJ pro Tag in den Wochen 6 bis 4 vor dem Kalben und 30 MJ pro Tag in den restlichen drei Wochen. Daraus ergibt sich ein trächtigkeitsbedingter ME-Bedarf von $ME_{p,\,tot}$ = 1071 MJ calf^{-1}. Division durch die Dauer zwischen Einstallung als Färse und Erstkalbung ergibt den mittleren jährlichen ME-Bedarf für Trächtigkeit:

[29] Die Ableitung entspricht sinngemäß der in Haenel et al. (2010), Kapitel 4.5.2, beschriebenen Vorgehensweise.

$$ME_{\mathrm{p}} = \frac{1\ \mathrm{calf\ pl^{-1}}}{\tau_{\mathrm{fin,\,dh}} - \tau_{\mathrm{start,\,dh}}} \cdot ME_{\mathrm{p,\,tot}} \qquad \textbf{(4.40)}$$

ME_{p}	mean annual ME requirements for pregnancy (in MJ pl^{-1} a^{-1})
$ME_{\mathrm{p,\,tot}}$	total ME requirements for pregnancy (in MJ $calf^{-1}$), see text
$\tau_{\mathrm{fin,\,dh}}$	final age of a dairy heifer (in a), see Chapter 4.5.1.2
$\tau_{\mathrm{start,\,h}}$	initial age of a heifer (in a), see Chapter 4.5.1.2

4.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

4.5.3.1 *German standard feeding recommendations / Deutsche Standard-Fütterungsempfehlungen*

The modeling of the feed intake of heifers (see Chapters 4.5.3.2 to 4.5.3.5) is based on the expert recommendations published by the German Agricultural Society (DLG) on feed quantities in German young cattle rearing (DLG, 2005, p. 25 ff; DLG, 2014, p. 30 ff). These recommendations include all feed components required from birth, converted to the mean annual requirement (kg per place and year). The feed quantities contained in these recommendations for the calf stage are not taken into account in the following, since the feeding of calves is modeled separately in the inventory, see Chapter 4.4.2.

The fattening of female cattle from birth is of very little importance in Germany. The vast majority of female beef cattle are animals that were initially raised as dairy heifers before they were found to be unsuitable for milk production. Therefore, the inventory does not include separate feeding for female beef cattle.

The recommendations, which are broken down into feed components, take into account that the roughage in grassland farms is grass-dominated and in arable forage farms it is corn-dominated. In addition, it is taken into account whether the animals go to pasture. Table 4.39 shows an overview of the DLG recommendations on which the feeding modulation in the inventory is based.

Die Modellierung der Futteraufnahme von Färsen (siehe Kapitel 4.5.3.2 bis 4.5.3.5) stützt sich auf die von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) veröffentlichten Expertenempfehlungen zu Futtermengen in der deutschen Jungrinderaufzucht (DLG, 2005, S. 25 ff; DLG, 2014, S. 30 ff). Diese Empfehlungen umfassen alle ab der Geburt erforderlichen Futterkomponenten, umgerechnet auf den mittleren Jahresbedarf (kg pro Platz und Jahr). Die in diesen Empfehlungen für das Kalbstadium enthaltenen Futtermengen bleiben im Folgenden unberücksichtigt, da im Inventar die Fütterung von Kälbern gesondert modelliert wird, siehe Kapitel 4.4.2.

Die Mästung von weiblichen Rindern ab der Geburt hat in Deutschland nur eine sehr geringe Bedeutung. Bei der großen Mehrheit der Schlachtfärsen handelt es sich um Tiere, die zunächst als Milchfärsen aufgezogen wurden, bevor sie sich als ungeeignet für die Milchproduktion erwiesen. Daher wird im Inventar darauf verzichtet, für Schlachtfärsen eine gesonderte Fütterung zu berücksichtigen.

Die nach Futterkomponenten gegliederten Empfehlungen berücksichtigen, dass das Raufutter in Grünlandbetrieben gras-dominiert und in Ackerfutterbaubetrieben mais-dominiert ist. Überdies fließt ein, ob die Tiere auf die Weide gehen. Table 4.39 zeigt eine Übersicht der DLG-Empfehlungen, die der Fütterungsmodellierung im Inventar zugrunde liegen.

Table 4.39: Heifers, farming systems for which DLG (2005, 2014) provide recommendations on annual feeding amounts

Source	feeding category	farming system	Art des Betriebs
DLG (2005) , pg. 25 ff	$GW_{05,\,h}$	**g**rassland farm, **w**ith grazing	Grünlandbetrieb mit Weidegang
	$FW_{05,\,h}$	**f**orage producing farm, **w**ith grazing	Ackerfutterbaubetrieb mit Weide
	$FN_{05,\,h}$	**f**orage producing farm, **n**o grazing	Ackerfutterbaubetrieb ohne Weide
DLG (2014), pg. 30 ff	$GW_{14,\,h}$	**g**rassland farm, **w**ith grazing	Grünlandbetrieb mit Weidegang
	$FW_{14,\,h}$	**f**orage producing farm, **w**ith grazing	Ackerfutterbaubetrieb mit Weide
	$FN_{14,\,h}$	**f**orage producing farm, **n**o grazing	Ackerfutterbaubetrieb ohne Weide

Table 4.40 shows the dry matter composition of the feeding options from DLG (2005, 2014). For this purpose, the concentrate quantities, which are given by DLG in fresh mass, were converted into dry mass, which was done with the help of the dry mass contents from DLG (2005), p. 13, and DLG (2014), p. 15.

The total dry matter intake depends on the total energy requirement, which is calculated in the emissions inventory as a function of performance and weight data and thus varies regionally and from year to year.

Table 4.40 zeigt die trockenmassebezogene Zusammensetzung der Fütterungsvarianten aus DLG (2005, 2014). Dazu wurden die Kraftfuttermengen, die von DLG in Frischmasse angegeben werden, in Trockenmasse umgerechnet, was mithilfe der Trockenmassegehalte aus DLG (2005), S. 13, und DLG (2014), S. 15, erfolgte.

Die Trockenmasse-Gesamtaufnahme hängt vom Gesamt-Energiebedarf ab, der im Emissionsinventar als Funktion von Leistungs- und Gewichtsdaten berechnet wird und damit regional und von Jahr zu Jahr variiert.

Table 4.40: Heifers, feeding composition as recommended by DLG (2005) and DLG (2014)

		shares of feed components in % of total dry matter					
feeding category [a]		$GW_{05,h}$	$FW_{05,h}$	$FN_{05,h}$	$GW_{14,h}$	$FW_{14,h}$	$FN_{14,h}$
roughage	maize silage	0	29.0	38.8	0	25.6	29.1
	pasture grass	42.6	29.0	0	39.1	31.6	0
	grass silage	50.3	32.9	48.5	52.7	31.6	56.2
	straw	1.9	3.9	5.8	3.9	6.9	8.7
concentrates	MLF 16/3 [b]	5.1	5.1	6.8	0	0	0
	MLF 18/3 [b]	0	0	0	4.3	3.5	3.4
	soya/rapeseed expeller	0	0	0	0	0.9	2.6

[a] see Table 4.39
[b] MLF (**M**ilch**l**eistungs**f**utter): dairy concentrate feed

For the modeling of feed intake and emissions, the energy, crude protein, and ash content as well as the digestibility of organic matter and crude protein are required for each individual feed component. For each individual feed component, ME and crude protein content can be found in DLG (2005), p. 13, and DLG (2014), p. 15. The raw protein digestibility is based on information in DLG (1997). The other parameters were made available by SPIEKERS (2019, personal communication, LfL Grub-Poing). On this basis, the averaged characteristic values relevant for the heifer model calculations result, see Table 4.41. This table also shows the relative proportion of pasture grass in the total ME content of the respective feed ration (μ_{ME}). These ME components are required in the model to calculate the population-average feeding, see Chapter 4.5.3.2..

Für die Modellierung der Futteraufnahme und der Emissionen werden zunächst für jede einzelne Futterkomponente die Gehalte an Energie, Rohprotein, Asche, sowie die Verdaulichkeiten organischer Substanz und Rohprotein benötigt. Für jede einzelne Futterkomponente finden sich ME- und Rohprotein-Gehalt in DLG (2005), S. 13, und DLG (2014), S. 15. Die Rohprotein-Verdaulichkeit basiert auf Angaben in DLG (1997). Die übrigen Kennwerte wurden von SPIEKERS (2019, persönliche Mitteilung, LfL Grub-Poing) zugänglich gemacht. Auf dieser Grundlage ergeben sich die für die Färsen-Modellrechnungen relevanten gemittelten Kennwerte, siehe Table 4.41. Diese Tabelle gibt auch den relativen Anteil von Weidegras am Gesamt-ME-Inhalt der jeweiligen Futterration wieder (μ_{ME}). Diese ME-Anteile werden im Modell zur Berechnung der populationsmittleren Fütterung benötigt, siehe Kapitel 4.5.3.2.

Table 4.41: Heifers, mean properties of feeding recommendations (dry matter-related) and ME contribution by pasture grass as fraction of total ME contained in the diet

(η_{ME}: ME content; η_{GE}: content of gross energy; x_{XP}: crude protein content; x_{ash}: ash content; x_{Fi}: content of crude fibre; x_{NFE}: content of digestible N free residues; x_{XF}: content of crude fat; X_{DOM}: digestibility of organic matter; X_{DOM}: digestibility of protein; μ_{ME}: ME contribution by pasture grass as fraction of total ME contained in the diet)

feeding category [a]	η_{ME} MJ kg^{-1}	η_{GE} MJ kg^{-1}	x_{XP} kg kg^{-1}	x_{ash} kg kg^{-1}	X_{DOM} kg kg^{-1}	X_{DXP} kg kg^{-1}	μ_{ME} MJ MJ^{-1}
$GW_{05,h}$	10.40	18.17	0.172	0.104	0.751	0.745	0.439
$FW_{05,h}$	10.50	18.24	0.142	0.085	0.744	0.718	0.296
$FN_{05,h}$	10.38	18.22	0.123	0.080	0.727	0.677	0
$GW_{14,h}$	10.35	18.19	0.167	0.097	0.746	0.742	0.404
$FW_{14,h}$	10.44	18.30	0.143	0.080	0.736	0.723	0.323
$FN_{14,h}$	10.30	18.30	0.132	0.078	0.720	0.693	0

Sources: see text
[a] see Table 4.39

4.5.3.2 *Modelling dry matter intake / Modellierung der Trockenmasseaufnahme*

The modeling of the dry matter intake for the years 1990 to 2005 is based on the feeding recommendations of DLG (2005) described in chapter 4.5.3.1. For the years from 2014 onwards, the recommendations of DLG (2014) are used. For the years between 2005 and 2014, linear interpolation is made between DLG (2005) and DLG (2014). A more differentiated time series of heifers feeding at national level is not possible due to a lack of suitable data.

In each time series year, a weighted averaged feeding is calculated from the three feeding variants (GW,

Die Modellierung der Trockenmasseaufnahme basiert für die Jahre 1990 bis 2005 incl. auf den in Kapitel 4.5.3.1 beschriebenen Fütterungsempfehlungen von DLG (2005). Für die Jahre ab 2014 einschließlich werden die Empfehlungen von DLG (2014) zugrunde gelegt. Für die Jahre zwischen 2005 und 2014 wird linear zwischen DLG (2005) und DLG (2014) interpoliert. Eine differenziertere Zeitreihe der Färsen-Fütterung auf nationaler Ebene ist mangels geeigneter Daten nicht möglich.

In jedem Zeitreihenjahr wird aus den drei Fütterungsvarianten (GW, FW und FN; siehe Kapitel 4.5.3.1)

FW and FN; see Chapter 4.5.3.1). The averaging procedure is based on statistical data on grazing and on the fact that the mean daily ME contribution from pasture grass can be derived from KTBL data (KTBL, 2018, p. 562). The relative weights r_{GW}, r_{FW} and r_{FN} of the three feeding options GW, FW and FN are calculated in such a way that this mean daily ME contribution is reproduced from pasture grass. The calculations are made using the following equations (4.41) to (4.43):

eine gewichtet gemittelte Fütterung berechnet. Die Mittelungsprozedur beruht auf statistischen Daten zum Weidegang und darauf, dass der mittlere tägliche ME-Beitrag aus Weidegras aus KTBL-Daten (KTBL, 2018, S. 562) abzuleiten ist. Die relativen Gewichte r_{GW}, r_{FW} und r_{FN} der drei Fütterungsvarianten GW, FW und FN werden dafür so berechnet, dass dieser mittlere tägliche ME-Beitrag aus Weidegras reproduziert wird. Die Berechnungen erfolgen mithife der nachfolgenden Gleichungen (4.41) bis (4.43):

$$ME_{\mathrm{pg,\,d}} = u + v \cdot \omega \cdot \tau_{\mathrm{fin,\,h}} = \frac{1}{\alpha \cdot f_{\mathrm{time,\,graz}}} \cdot \sum_{\mathrm{i}} \left(r_{\mathrm{i}} \cdot \mu_{\mathrm{ME,\,i}} \cdot ME_{\mathrm{tot}} \right) \quad \textbf{(4.41)}$$

$ME_{\mathrm{pg,\,d}}$	daily amount of ME obtained by pasture grass (in MJ pl^{-1} d^{-1})
u	constant (u = 43.65 MJ pl^{-1} d^{-1}), derived from data in KTBL (2018), see below
v	coefficient (v = 0.4573 MJ pl^{-1} d^{-1} month^{-1}), derived from data in KTBL (2018), see below
ω	time units conversion factor (ω = 12 month a^{-1})
$\tau_{\mathrm{fin,\,h}}$	final heifer age (in a), see Chapter 4.5.1.2
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$f_{\mathrm{time,\,graz}}$	fraction of the year spent on pasture, average over the animals with grazing (in a a^{-1})
r_{i}	relative weight of feeding category i with i = GW, FW, FN (in an an^{-1}), $0 \le r_{\mathrm{i}} \le 1$
$\mu_{\mathrm{ME,\,i}}$	relative share of total ME requirements supplied with pasture grass in feeding category i with i = GW, FW, FN (in MJ MJ^{-1}), see Table 4.41
ME_{tot}	total annual ME requirements (in MJ pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 4.5.2

$$f_{\mathrm{time,\,graz}} = \frac{\tau_{\mathrm{graz,\,a}}}{\alpha} \cdot \frac{x_{\mathrm{graz,\,d}} + x_{\mathrm{graz,\,h}} \cdot \tau_{\mathrm{graz,\,h}} / \delta}{x_{\mathrm{graz,\,d}} + x_{\mathrm{graz,\,h}}} \quad \textbf{(4.42)}$$

$f_{\mathrm{time,\,graz}}$	fraction of the year spent on pasture, average over the animals with grazing (in a a^{-1})
$\tau_{\mathrm{graz,\,a}}$	annual duration of the grazing period (in d a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$x_{\mathrm{graz,\,d}}$	fraction of the total dairy cow population kept outdoors all day (an an^{-1})
$x_{\mathrm{graz,\,h}}$	fraction of the total dairy cow population kept outdoors part of day (an an^{-1})
$\tau_{\mathrm{graz,\,h}}$	daily duration of grazing (in h d^{-1})
δ	time units conversion factor (δ = 24 h d^{-1})

$$r_{\mathrm{GW}} + r_{\mathrm{FW}} + r_{\mathrm{FN}} = 1 \quad \textbf{(4.43)}$$

r_{GW}	relative weight of feeding category GW (in an an^{-1}), $r_{\mathrm{GW}} \ge 0$
r_{FW}	relative weight of feeding category FW (in an an^{-1}), $r_{\mathrm{FW}} \ge 0$
r_{FN}	relative weight of feeding category FN (in an an^{-1}), $r_{\mathrm{FN}} \ge 0$

The values of u and v in equation (4.41) were determined from ME data for dairy heifers in KTBL (2018), p. 562. No corresponding equation could be derived for female beef cattle. Equation (4.41) is therefore also used for female beef cattle, with the (lower) slaughter age taking the place of the first calving age. This extrapolation appears to be justified by the fact that the age-dependent term in equation (4.41) is linear and that this also applies approximately to the weight-dependence of the ME demand for maintenance and thus also for grazing.

The weight r_{FN} is known; it corresponds to the proportion of the population known from statistical data that is in the stable all year round. For the other two weights, taking into account $\mu_{ME,\,FN} = 0$ (see Table 4.41), one obtains:

Die Werte von u und v in Gleichung (4.41) wurden aus ME-Angaben für Milchfärsen in KTBL (2018), S. 562, ermittelt. Für Schlachtfärsen konnte keine entsprechende Gleichung abgeleitet werden. Daher wird Gleichung (4.41) auch für Schlachtfärsen verwendet, wobei das (niedrigere) Schlachtalter an die Stelle des Erstkalbealters tritt. Diese Extrapolation erscheint dadurch gerechtfertigt, dass der altersabhängige Term in Gleichung (4.41) linear ist und dass dies näherungsweise auch für die Gewichtsabhängigkeit des ME-Bedarfs für Erhaltung und damit auch für Weidegang gilt.

Das Gewicht r_{FN} ist bekannt; es entspricht dem aus statistischen Daten bekannten Populationsanteil, der ganzjährig im Stall steht. Für die beiden anderen Gewichte erhält man unter Berücksichtigung von $\mu_{ME,\,FN} = 0$ (siehe Table 4.41):

$$r_{\mathrm{FW}} = \frac{(1-r_{\mathrm{FN}})\cdot\mu_{\mathrm{ME,\,GW}}-\mu_{\mathrm{ME,\,mean}}}{\mu_{\mathrm{ME,\,GW}}-\mu_{\mathrm{ME,\,FW}}} \quad \textbf{(4.44)}$$

$$r_{\mathrm{GW}} = 1 - r_{\mathrm{FN}} - r_{\mathrm{FW}} \quad \textbf{(4.45)}$$

with

$$\mu_{\mathrm{ME,\,mean}} = \frac{\alpha\cdot f_{\mathrm{time,\,graz}}\cdot ME_{\mathrm{pg,\,d}}}{ME_{\mathrm{tot}}} \quad \textbf{(4.46)}$$

r_{FW}	relative weight of feeding category FW (in an an^{-1}), $r_{FW} \geq 0$
r_{FN}	relative weight of feeding category FN (in an an^{-1}), $r_{FN} \geq 0$
$\mu_{ME,\,GW}$	relative share of total ME requirements supplied with pasture grass in feeding category GW (in MJ MJ^{-1}), see Table 4.41
$\mu_{ME,\,mean}$	share of ME_{tot} supplied with pasture grass, average over entire population (in MJ MJ^{-1})
$\mu_{ME,\,FW}$	relative share of total ME requirements supplied with pasture grass in feeding category FW (in MJ MJ^{-1}), see Table 4.41
r_{GW}	relative weight of feeding category GW (in an an^{-1}), $r_{GW} \geq 0$
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$f_{time,\,graz}$	fraction of the year spent on pasture, average over the animals with grazing (in a a^{-1})
$ME_{pg,\,d}$	daily amount of ME obtained by pasture grass (in MJ pl^{-1} d^{-1})
ME_{tot}	total annual ME requirements (in MJ pl^{-1} a^{-1})

To ensure $r_{GW} \geq 0$ and $r_{FW} \geq 0$, the value range of $\mu_{ME,\,mean}$ must be limited:

Um $r_{GW} \geq 0$ und $r_{FW} \geq 0$ zu gewährleisten, ist der Wertebereich von $\mu_{ME,\,mean}$ zu begrenzen:

$$(1 - r_{FN}) \cdot \mu_{\mathrm{ME,\,FW}} \leq \mu_{\mathrm{ME,\,mean}} \leq (1 - r_{FN}) \cdot \mu_{\mathrm{ME,\,GW}} \quad \textbf{(4.47)}$$

r_{FN}	relative weight of feeding category FN (in an an^{-1}), $r_{FN} \geq 0$
$\mu_{ME,\,FW}$	relative share of total ME requirements supplied with pasture grass in feeding category FW (in MJ MJ^{-1}), see Table 4.41
$\mu_{ME,\,mean}$	share of ME_{tot} supplied with pasture grass, average over entire population (in MJ MJ^{-1})
$\mu_{ME,\,GW}$	relative share of total ME requirements supplied with pasture grass in feeding category GW (in MJ MJ^{-1}), see Table 4.41

The lower limit in equation (4.47) means that, on average, for all heifers that go to pasture, the ME pasture grass portion cannot be less than in the forage variant with the lowest non-zero ME pasture grass portion. Accordingly, the upper limit takes into account that the mean ME pasture grass proportion cannot be greater than in the forage variant with the highest ME pasture grass proportion other than zero.

Die untere Grenze in Gleichung (4.47) bedeutet, dass im Mittel über alle Färsen, die auf die Weide gehen, der ME-Weidegrasanteil nicht kleiner sein kann als bei der Futtervariante mit dem geringsten von Null verschiedenen ME-Weidegrasanteil. Entsprechend berücksichtigt die obere Grenze, dass der mittlere ME-Weidegrasanteil nicht größer sein kann als bei der Futtervariante mit dem höchsten von Null verschiedenen ME-Weidegrasanteil.

For the population mean annual dry matter intake it finally follows:

Für die populationsmittlere jährliche Trockenmasseaufnahme folgt schließlich:

$$DM_{\mathrm{int}} = \sum_{\mathrm{i}} \left(r_{\mathrm{i}} \cdot \frac{ME_{\mathrm{tot}}}{\eta_{\mathrm{ME,\,i}}} \right) \quad \textbf{(4.48)}$$

DM_{int}	population mean of dry matter intake per place and year (kg pl^{-1} a^{-1})
r_i	relative weight of feeding category i with i = GW, FW, FN (in an an^{-1}), $0 \leq r_i \leq 1$
ME_{tot}	total annual ME requirements (in MJ pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 4.5.2
$\eta_{ME,\,i}$	mean ME content of feeding category i with i = GW, FW, FN (in MJ kg^{-1}), see Table 4.41

4.5.3.3 *Modelling GE intake / Modellierung der GE-Aufnahme*

The calculation of the GE intake is based directly on the calculation of the dry matter intake (equation (4.48)).

Die Berechnung der GE-Aufnahme lehnt sich direkt an die Berechnung der Trockenmasseaufnahme (Gleichung (4.48)) an.

$$GE_{\text{int}} = \sum_{\text{i}} \left(r_{\text{i}} \cdot \frac{ME_{\text{tot}}}{\eta_{\text{ME, i}}} \cdot \eta_{\text{GE, i}} \right) \quad \textbf{(4.49)}$$

GE_{int}	population mean of GE intake per place and year (MJ pl^{-1} a^{-1})
r_{i}	relative weight of feeding category i with i = GW, FW, FN (in an an^{-1}), $0 \leq r_{\text{i}} \leq 1$, see Chapter 4.5.3.2
ME_{tot}	total annual ME requirements (in MJ pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 4.5.2
$\eta_{\text{ME, i}}$	mean ME content of feeding category i with i = GW, FW, FN (in MJ kg^{-1}), see Table 4.41
$\eta_{\text{GE, i}}$	mean GE content of feeding category i with i = GW, FW, FN (in MJ kg^{-1}), see Table 4.41

4.5.3.4 *Modelling the intake of XP and other nutrients / Modellierung der Aufnahme von XP und anderer Nährstoffe*

The calculation of emissions from cattle farming requires not only the calculation of energy intake but also the intake of crude protein (and thus N), crude ash, crude fiber, crude fat and N-free extracts. The calculation is analogous to the GE intake described in Chapter 4.5.3.3, whereby the average content of crude protein, crude ash, etc. of the three feeding categories is required instead of the GE content. For these category average quantities see Table 4.41.

Die Berechnung der Emissionen aus der Milchviehhaltung erfordert neben der Berechnung der Energieaufnahme auch die der Aufnahme von Rohprotein (und damit N), Rohasche, Rohfaser, Rohfett sowie N-freien Extraktstoffen. Die Berechnung erfolgt analog zu der in Kapitel 4.5.3.3 beschriebenen GE-Aufnahme, wobei anstelle des GE-Gehalts der mittlere Gehalt an Rohprotein, Rohasche usw. der vier Fütterungskategorien benötigt wird. Für diese kategoriemittleren Größen siehe Table 4.41.

4.5.3.5 *Modelling of digestibilities / Modellierung der Verdaulichkeiten*

The digestibility of organic matter is required for the calculation of VS excretions. It is determined as follows for the population mean ration:

Die Verdaulichkeit organischer Substanz wird für die Berechnung der VS-Ausscheidungen benötigt. Sie wird wie folgt für die populationsmittlere Ration ermittelt:

$$X_{\text{DOM}} = \frac{\sum_{\text{j=1}}^{\text{k}} X_{\text{DOM, j}} \cdot DM_{\text{int, j}} \cdot (1 - x_{\text{ash, j}})}{\sum_{\text{j=1}}^{\text{k}} DM_{\text{int, j}} \cdot (1 - x_{\text{ash, j}})} \quad \textbf{(4.50)}$$

X_{DOM}	mean digestibility of organic matter of the population-averaged diet (in kg kg^{-1})
k	number of feed components of the population-averaged diet
$X_{\text{DOM, j}}$	digestibility of organic matter of the j-th feed component (in kg kg^{-1})
$DM_{\text{int, j}}$	dry matter intake associated with the j-th feed component (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{\text{ash, j}}$	ash content of the j-th feed component (in kg kg^{-1})

In the context of emissions reporting, the digestibility of energy (X_{DE}) must be reported, even if this variable is not used in the heifers emissions calculations. No data are available for X_{DE}. Therefore, X_{DE} for emissions reporting is approximated by the digestibility of organic matter (X_{DOM}).

Im Rahmen der Emissionsberichterstattung ist die Verdaulichkeit von Energie (X_{DE}) zu berichten, auch wenn diese Größe in den Färsen-Emissionsberechnungen nicht verwendet wird. Für X_{DE} liegen keine Daten vor. Daher wird X_{DE} für die Emissionsberichterstattung durch die Verdaulichkeit von organischer Substanz (X_{DOM}) approximiert.

4.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

The calculation of CH_4 emissions uses the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2. This method needs as input gross energy intake (see Chapter 4.5.3) and methane conversion factor $x_{CH4, GE}$.

The methane conversion factor is used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12: $x_{CH4, bf}$ = 0.065 MJ MJ^{-1}.

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.

Die CH_4-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Tier-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.5.3) mithilfe des Methanumwandlungsfaktors $x_{CH4, GE}$ berechnet.

Der Methanumwandlungsfaktor wird IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen: $x_{CH4, bf}$ = 0,065 MJ MJ^{-1}.

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 Tier-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 Wirtschaftdüngermanagement

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.

Chapter 4.5.3 deals with the data required for this on the digestibility of organic matter and the ash content of the feed.

Maximum methane producing capacity B_o and conversion factors (*MCF*) for the respective manure storage system are provided in Table 4.4 (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 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 CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Tier-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.

Auf die dafür notwendigen Daten zu Verdaulichkeit von organischer Substanz und Aschegehalt des Futters geht Kapitel 4.5.3 ein.

Zu maximaler Methan-Freisetzungskapazität B_o und Methanumwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (*MCF*) siehe Table 4.4 in Kapitel 4.2.1.

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 Tier-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 the NMVOC emissions of cattle are calculated with a Tier 2 methodology, see Chapters 3.3.4.2.2 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von Rindern werden mit einer Tier-2-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.2 und 3.3.4.2.3.

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 and TAN excretion / N- und TAN-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 crude protein contents (see Chapter 4.5.3), which are transformed into N contents by multiplication with the N content of crude protein ((1/6,25 kg kg^{-1}).

The N retention is based on an N content of the animals body of 0.0272 kg kg^{-1} (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^{-1} (LFL, 2006a).

Die N-Ausscheidungen werden aus der Bilanz aus aufgenommenem, retiniertem und im ersten Kalb retiniertem N berechnet.

Die N-Aufnahme ergibt sich aus der Trockenmasseaufnahme der einzelnen Rationskomponenten und deren Rohprotein-Gehalten (siehe Kapitel 4.5.3), die durch Multiplikation mit dem N-Gehalt von Rohprotein (1/6,25 kg kg^{-1}) in N-Gehalte umgerechnet werden.

Der N-Retention liegt ein N-Gehalt des Tierkörpers von 0,0272 kg kg^{-1} 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^{-1} (LFL, 2006a) angesetzt.

The TAN content is calculated according to Chapter 3.3.3.2. It is variable.

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 4.42. 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 4.42. 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 4.42: Heifers, N inputs with straw in solid-manure systems

Housing type	Haltungssystem	straw input kg pl^{-1} d^{-1}	dry matter (DM) kg pl^{-1} d^{-1}	N input (in DM) kg pl^{-1} d^{-1}	TAN kg pl^{-1} d^{-1}
tied systems	Anbindehaltung	2.0 [a]	1.7	$10.0 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$
loose housing	Laufstall	3.0 [b]	2.6	$15.0 \cdot 10^{-3}$	$7.5 \cdot 10^{-3}$

[a] Source: Expert judgement (EURICH-MENDEN B, KTBL)
[b] Source: Expert judgement (EURICH-MENDEN B, WULF S, KTBL)

4.5.7.3 *Emissions from housing and grazing / Emissionen aus Stall und Weide*

For housing, the TAN related emission factors for cattle are used (see Table 4.5).

The NH_3-N emission factor for grazing is 0.14 kg kg^{-1}, related to TAN excreted (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

N_2O and NO emissions due to pasturing are calculated according to Chapter 11.5. (For more details see Chapters 3.3.4.3.5 and 4.5.2.

Für den Stall werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren für Rinder verwendet (vgl. Table 4.5).

Der auf TAN bezogene NH_3-N-Emissionsfaktor für Weidegang ist 0,14 kg kg^{-1} (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N_2O und NO werden nach Kapitel 11.5 berechnet. (Weitere Details: Siehe Kapitel 3.3.4.3.5 und 4.5.2.)

4.5.7.4 *Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung*

For the emission factors for NH_3, N_2O, NO and N_2 from storage see Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

The emission factors of 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 NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren von NH_3 für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

4.5.7.5 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-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 see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

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 4.43. 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 4.43 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 4.43: Heifers, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.52	0.24	0.16
slurry based	güllebasiert	0.69	0.32	0.21

Source: EMEP(2019)-3B-55, Table A1.7 (with TSP = ID [inhalable dust])

4.5.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

The subsequent two tables list the references to information provided in the data collection (see Chapter 2.4).

Die nachfolgenden zwei Tabellen enthalten Verweise auf die Informationen in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

Table 4.44: Dairy heifers, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.003	
		CH_4 manure management	EM1005.003	
		NMVOC	EM1007.003	
		NH_3	EM1009.007	EM1009.009
		N_2O	EM1009.096	
		NO	EM1009.127	
		TSP	EM1010.003	
		PM_{10}	EM1010.034	
		$PM_{2.5}$	EM1010.065	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.003	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.003	
		CH_4 manure management	IEF1005.003	
		NMVOC	IEF1007.003	
		NH_3	IEF1009.007	IEF1009.009
		N_2O	IEF1009.090	
		NO	IEF1009.119	
		TSP	IEF1010.003	
		PM_{10}	IEF1010.032	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.061	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.067	AI1005CAT.097
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.011	EXCR.015

Table 4.45: Female beef cattle, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.004	
		CH_4 manure management	EM1005.004	
		NMVOC	EM1007.004	
		NH_3	EM1009.010	EM1009.012
		N_2O	EM1009.097	
		NO	EM1009.128	
		TSP	EM1010.004	
		PM_{10}	EM1010.035	
		$PM_{2.5}$	EM1010.066	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.004	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.004	
		CH_4 manure management	IEF1005.004	
		NMVOC	IEF1007.004	
		NH_3	IEF1009.010	IEF1009.012
		N_2O	IEF1009.091	
		NO	IEF1009.120	
		TSP	IEF1010.004	
		PM_{10}	IEF1010.033	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.062	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.098	AI1005CAT.128
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.016	EXCR.020

4.6 Male beef cattle / Männliche Mastrinder

In the inventory, male cattle above 125 kg and below 2 years of age are assigned to the animal category "Male beef cattle", which is a subcategory of „other cattle", see Chapter 4.9. (Male cattle > 2 years constitute a separate animal category, see Chapter 4.8.)

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 4.46.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Im Inventar werden männliche Rinder ab einem Gewicht von 125 kg und einem Alter von bis zu 2 Jahren der Kategorie „Männliche Mastrinder" zugeordnet, einer Unterkategorie der „übrigen Rinder" (Kapitel 4.9). (Männliche Rinder ab 2 Jahre bilden eine eigenständige Kategorie, siehe Kapitel 4.8.)

Die Emissionen werden nach den in Table 4.46 zusammengestellten Methoden berechnet.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.46: Male beef cattle, calculation methods applied

Species	Origin	Tier	Method applied
CH_4	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	2	EMEP
NH_3	manure management	3	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

4.6.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

4.6.1.1 *Animal numbers / Tierzahlen*

The subcategory "male beef cattle" 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 male 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:

$$n_{\mathrm{bm}} = n_{\mathrm{B}} + n_{\mathrm{D}} + n_{\mathrm{A}} \cdot \left[(1 - x_{\mathrm{ca}}) \cdot \frac{n_{\mathrm{B}}}{n_{\mathrm{B}} + n_{\mathrm{C}}} \right] \qquad \textbf{(4.51)}$$

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

Cattle numbers are collected annually by the Statistical Offices of the federal states (STATLA C III 1 – vj 4) and published by the Federal Statistical Office in federal-state resolution and for Germany (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). The cattle numbers used to calculate the emissions in district resolution are provided by the Federal Statistical Office specifically for emissions reporting, see Chapter 4.1.1. For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1.

For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1.2.

Rinderzahlen werden jährlich von den Statistischen Landesämtern erhoben (STATLA C III 1 – vj 4) und durch das Statistische Bundesamt in Bundeslandauflösung und für Deutschland veröffentlicht (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). Die zur Emissionsberechnung verwendeten Rinderzahlen in Kreisauflösung werden durch das Statistische Bundesamt speziell für die Emissionsberichterstattung bereitgestellt, siehe dazu Kapitel 4.1.1. Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Kapitel 4.1.

Zu den Unsicherheiten der Rinderzahlen siehe Kapitel 4.1.2.

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.

Die Emissionsberechnung benötigt Tiergewichte, Gewichtszunahmen sowie die Futterzusammensetzung.

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^{-1}, which is the final weight of the inventory category "calves".

Slaughter statistics report on the number and the overall weight of carcasses produced in the abattoirs of the respective federal state. From these data the live weight at the time of slaughtering was calculated (for the method see Chapter 3.1.2.4) using a factor $c_{w,\ mb}$ = const = 0.56 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 4.47. As the table size does not allow to present the complete timeseries, every other year is omitted before 2014. For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

Die deutschen Statistiken liefern in keinem Fall vollständige und örtlich aufgelöste Zeitreihen.

Das Anfangsgewicht der Kategorie „Mastbullen" wird im Inventar mit 125 kg an^{-1} abgesetzt, dem Endgewicht der Kategorie „Kälber".

Die *Schlachtstatistiken* erfassen die in einem Bundesland in Schlachthöfen geschlachteten Tiere und deren Schlachtgewichte. Daraus wurden unter Verwendung des festen Faktors $c_{w,\ mb}$ = 0,56 kg kg^{-1} (Statistisches Bundesamt) für das Bundesland typische Lebendgewichte bei Schlachtung berechnet (s. dazu Kapitel 3.1.2.4).

Das *Herkunftssicherungs- und Informationssystems 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 4.47. Aus Platzgründen wurde bis 2014 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 4.47: Male beef cattle, carcass weight (in kg an^{-1})

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW	352	345	357	353	356	346	340	341	352	348	352	358	364	363	364	364	366	367
BY	369	364	370	365	370	380	380	379	390	391	394	400	404	404	402	393	391	394
BB		324	341	334	342	335	334	333	347	342	352	359	361	364	365	367	363	370
HE	353	346	359	350	351	344	337	338	349	343	355	357	361	358	364	367	370	375
MV		313	324	321	315	333	319	322	334	335	353	360	367	371	375	377	368	379
NI	352	348	355	348	351	359	358	357	370	369	377	380	387	389	396	398	400	407
NW	354	350	358	355	354	375	375	376	389	388	396	401	405	405	411	413	418	419
RP	341	335	354	343	335	338	331	336	346	342	353	358	360	365	371	371	374	382
SL	356	346	361	366	363	328	321	331	342	340	356	358	360	367	367	363	371	362
SN		319	344	335	338	338	336	336	348	346	349	354	354	359	360	358	352	354
ST		312	335	330	335	342	331	333	347	345	353	352	361	365	367	373	373	376
SH	344	339	347	339	333	339	339	337	355	352	363	353	360	364	368	366	368	378
TH		321	352	345	342	342	339	339	349	346	352	356	356	359	354	361	361	362

Source 1990 - 1998: Calculated from data in STATBA FS3 R4.2.1 (Schlachtungen und Fleischerzeugung)
Source from 1999 onwards: HIT, communicated data set

In their annual reports, the *German association of cattle breeders (ADR)* publish data on beef cattle production including details regarding live weight before slaughtering, age at slaughtering and weight gains for a random sample of about 6000 to 7000 animals (ADR, 1993 ff).

The three data sets (calculation, HIT, ADR) are incompatible. Consequently, a method to achieve a data gap closure had to be developed. It is described in the following:

Die *Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (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:

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 single federal states (see Table 4.48). For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg. No differention was made with respect to races.

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 Datensätz der HIT-Datenbank erlauben die Ableitung von Gewichtszunahmen auf Bundeslandeben ab 1999, wie Table 4.48 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 4.48: 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	2017	2018	2019
BW	1060	1058	1029	1014	1019	1029	1066	1076	1096	1069	1065	1075	1093	1110	1110	1106	1108	1105	1101	1110	1115
BY	1223	1230	1221	1202	1199	1200	1234	1236	1255	1254	1256	1267	1283	1297	1305	1316	1327	1309	1272	1262	1257
BB	1032	978	990	970	972	985	1005	1030	1032	1012	1032	1045	1069	1076	1058	1066	1099	1103	1113	1092	1122
HE	1022	1023	1001	974	970	981	1018	1035	1051	1008	1017	1042	1054	1072	1061	1049	1049	1062	1079	1082	1093
MV	1039	1027	1041	985	982	1014	1048	1064	1082	1056	1082	1109	1145	1131	1146	1134	1143	1159	1156	1135	1158
NI	1094	1098	1090	1069	1071	1071	1101	1096	1113	1108	1118	1132	1151	1164	1159	1160	1179	1187	1201	1210	1219
NW	1159	1169	1159	1130	1126	1140	1181	1184	1205	1196	1203	1223	1244	1257	1246	1250	1257	1267	1277	1290	1280
RP	1012	1019	969	956	966	986	1020	1037	1059	1016	1023	1052	1074	1088	1058	1060	1079	1105	1097	1101	1132
SL	943	956	924	917	949	960	990	1019	1036	998	1019	1054	1066	1079	1024	1032	1058	1074	1060	1066	1060
SN	1063	1042	1029	1003	1006	1017	1032	1056	1079	1063	1066	1060	1074	1102	1099	1079	1090	1093	1067	1039	1049
ST	1049	1066	1050	998	963	990	999	1046	1068	1028	1025	1041	1065	1074	1082	1084	1101	1099	1110	1102	1101
SH	971	1006	994	981	985	985	1013	1017	1031	1023	1028	1042	1046	1032	1020	1022	1053	1050	1043	1044	1076
TH	1072	1070	1059	1045	1041	1045	1068	1076	1103	1080	1093	1102	1106	1143	1131	1113	1120	1107	1135	1122	1113
Germany	1119	1127	1113	1091	1090	1095	1130	1131	1149	1138	1145	1159	1178	1190	1187	1189	1203	1206	1203	1206	1211

Source: HIT, communicated data set

DÄMMGEN et al. (2009a) developed an approximation to complete the time series shown in Table 4.48 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 4.49). The ADR data set comprises the results of sample surveys for all races.

DÄMMGEN et al. (2009a) entwickelten ein Näherungsverfahren, um die in Table 4.48 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 4.49. Die ADR-Daten beruhen auf Stichproben über alle Rassen.

Table 4.49: Male beef cattle, mean weight gains $\Delta w_{bm,\,ADR}$ (g an^{-1} d^{-1})

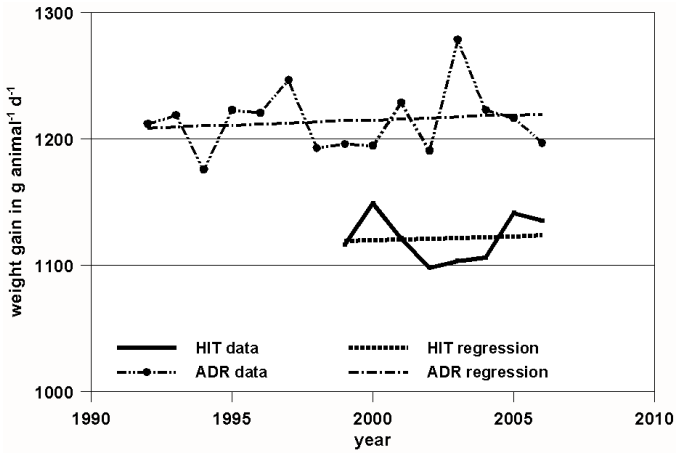
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Germany			1212	1219	1176	1223	1221	1247	1193	1196	1195	1229	1191	1279	1223	1217	1197

calculated from ADR data (ADR, 1993 ff)

As demonstrated by Figure 4.1, the ADR data for 1999 to 2006 exceed the means deduced from HIT data by about 100 g an^{-1} d^{-1}.

Wie Figure 4.1 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 4.1: 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 comlete registration of all cattle, whereas the ADR data set is based on sample surveys. Hence it was decided to use the HIT data as target data for the gap closing procedure. The ADR data in Table 4.49 were corrected, and the weight gain reduced by 100 g an^{-1} 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 4.48 for the years prior to 1999.

Die HIT-Daten beruhen auf einer vollständigen Erfassung aller Rinder, während die aus den ADR-Berichten abgeleiteten Daten auf Stichproben basieren. Daher wurde entschieden, die HIT-Daten als Zielgröße für das Lückenschlussverfahren zu verwenden und hierfür die ADR Daten aus Table 4.49 um 100 g an^{-1} 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 4.48 gezeigten Zeitreihen auf Bundeslandebene vor 1999 zu ergänzen:

$$\Delta w_{\mathrm{bm,\,i,\,j}} = \left(\Delta w_{\mathrm{bm,\,ADR,i}} - a\right) \cdot \mathrm{f_j} \qquad \textbf{(4.52)}$$

$\Delta w_{\mathrm{mb,\,i,\,j}}$	weight gain of male beef cattle in federal state j for the years i before 1999 in Table 4.48 (in g an^{-1} d^{-1})
$\Delta w_{\mathrm{mb,\,ADR,i,}}$	weight gain of male beef cattle in year i as derived from ADR data on national level (in g an^{-1} d^{-1})
a	correction term (a = 100 g an^{-1} d^{-1})
f_j	correction factor for federal state j (see below)

The correction factor f_j was derived from the data shown in Table 4.48 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 4.50. 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 4.50) and used as correction factor f_j.

Der Korrekturfaktor f_j wurde aus den Daten der Table 4.48 für die Jahre 1999 bis 2006 als Verhältnisses von bundeslandspezifischem Wert zu nationalem Mittelwert berechnet. Diese Verhältnisse, die in Table 4.50 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 4.50) als Korrekturfaktor f_j verwendet.

Table 4.50: 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

The still remaining gaps, i.e. the weigth gains in the years 1990 and 1991 were closed by using the respective data for 1992.

Für die damit in Table 4.48 noch verbliebenen Datenlücken in den Jahren 1990 und 1991 wurden die Daten von 1992 übernommen.

4.6.2 Energy requirements / Energiebedarf

The description of energy requirements is given in KTBL (2008a), pp. 560 ff

DÄMMGEN et al. (2005) developed a relation to derive the cumulative metabolizable energy Σ*ME* as a function of the final weight of the animals:

Die Beschreibung des Bedarfs an umsetzbarer Energie ME beruht auf KTBL (2008a), S. 560 ff.

DÄMMGEN et al. (2005) entwickelten eine Formel zur Berechnung der kumulativen metabolisierbaren Energie Σ*ME* in Abhängigket vom Endgewicht:

$$\Sigma ME = a \cdot w_{\mathrm{fin}} - (b \cdot w_{\mathrm{fin}} - c) \cdot \ln\left(\frac{\Delta w_{\mathrm{mb}}}{\Delta w_{\mathrm{unit,\,g}}}\right) - d \qquad \textbf{(4.53)}$$

ΣME	cumulative metabolisable energy for fattening period 2 (in MJ an^{-1})
a	constant (a = 444.6 MJ kg^{-1})
w_{fin}	final live weight (in kg an^{-1}), see Chapter 4.6.1.2
b	constant (b = 48.936 MJ kg^{-1})
c	constant (c = 9020 MJ an^{-1})
Δw_{mb}	mean live weight gain per day (in g an^{-1} d^{-1}), see Chapter 4.6.1.2
$\Delta w_{\mathrm{unit,\,g}}$	unit weight gain ($\Delta w_{\mathrm{unit,\,g}}$ = 1 g an^{-1} d^{-1})
d	constant (d = 91765 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 (2008a), pg. 562 (R^2 = 0.9998).

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 (2008a), S. 562, zu zwei verschiedenen Rindermastfutter/Maissilage-Varianten abgeleitet wurde (R^2 = 0,9998).

$$x_{\mathrm{F,\,ME,\,conc}} = a - b \cdot w_{\mathrm{fin}} \qquad \textbf{(4.54)}$$

$x_{\mathrm{F,\,ME,\,conc}}$	share of total feed ME contributed by concentrates (in MJ MJ^{-1})
a	constant (a = 0.353 MJ MJ^{-1})
b	constant (b = 7.798·10^{-5} MJ MJ^{-1} an kg^{-1})
w_{fin}	final live weight (in 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.

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.

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 4.51.

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 4.51 zu entnehmen.

Table 4.51: Male beef cattle, diet characteristics used in the inventory

(η_{ME}: content of metabolizable energy, related to dry matter; x_{XP}: crude protein content of feed, related to dry matter; x_{ash}: ash content of feed, related to dry matter; X_{DE}: digestibility of energy; X_{ME}: metabolizability of energy; X_{DOM}: digestibility of organic matter; X_{DOM}: digestibility of crude protein)

	η_{ME} MJ kg^{-1}	x_{XP} kg kg^{-1}	x_{ash} kg kg^{-1}	X_{DE} MJ MJ^{-1}	X_{ME} MJ MJ^{-1}	X_{DOM} kg kg^{-1}	X_{DXP} kg kg^{-1}
grass (pasture) [a]	10.7	0.190	0.10	0.780	0.585	0.780	0.783
maize silage [a]	11.0	0.080	0.11	0.730	0.598	0.730	0.580
concentrates [b]	12.5	0.266	0.05	0.830	0.654	0.833	0.814

[a] all data except X_{DXP} adopted from DLG (2014), modified and completed by DLG expert Spiekers (2019, LfL Grub-Poing, personal communication); X_{DXP} based on DLG (1997);
[b] data based on DLG (1997), weighted mean of rape seed expeller and wheat, weighting factors chosen to meet the ratio η_{ME}/ x_{XP} of concentrates for male beef cattle ("Rindermastfutter") as provided in DLG (2014)

The data for crude protein contents are converted into data on N contents by multiplying the crude protein contents by 1/6.25 (IPCC(2006)-10.58).

The total ME requirement (see Chapter 4.6.2) is covered by the individual feed components in the allocation described above. This shows how much of each feed component (in units of dry matter) is consumed. The multiplication of these dry matter quantities by the feed component-specific GE contents (see Table 4.51) results in the total GE intake.

Average digestibility is calculated by weighted averaging over the feed components.

Die Angaben zum Rohproteingehalt werden mit dem Faktor 1/6,25 in N-Gehalte umgerechnet werden (IPCC(2006)-10.58).

Der ME-Gesamtbedarf (siehe Kapitel 4.6.2) wird in der oben beschriebenen Aufteilung durch die einzelnen Futterkomponenten gedeckt. Daraus ergibt sich, wieviel von jeder Futterkomponente (in Trockemasse-Einheiten) aufgenommen wird. Die Multiplikation dieser Trockenmassemengen mit den futterkomponenten-spezifischen GE-Gehalten (siehe Table 4.51) ergibt in der Summe die GE-Gesamtaufnahme.

Mittlere Verdaulichkeiten werden durch gewichtete Mittelung über die Futterkomponenten berechnet.

4.6.4 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 methods needs the gross energy intake (see Chapter 4.6.3) and the methane conversion factor $x_{CH4, GE}$ as input.

The methane conversion factor was used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12: $x_{CH4, bf}$ = 0,065 MJ MJ^{-1}.

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.

Die CH_4-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Tier-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.6.3) mithilfe des Methanumwandlungsfaktors $x_{CH4, GE}$ berechnet.

Der Methanumwandlungsfaktor wurde IPCC(2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen: $x_{CH4, bf}$ = 0,065 MJ MJ$^{-1.}$

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 Tier-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 Wirtschaftdüngermanagement

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 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 4.51.

Die CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Tier-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 zum Aschegehalt im Futter ergeben sich im gewichteten Mittel aus den Angaben zu den Rationskomponenten in Table 4.51.

Maximum methane producing capacity B_o and conversion factors (*MCF*) for the respective manure storage system are provided in Table 4.4 (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 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.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität B_o und Methanumwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (*MCF*) sind Table 4.4 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 CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-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 the NMVOC emissions of cattle are calculated with a Tier 2 methodology, see Chapters 3.3.4.2.2 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von Rindern werden mit einer Tier-2-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.2 und 3.3.4.2.3.

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 and TAN excretion / N- und TAN-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 crude protein contents (see Chapter 4.6.3), which are transformed into N contents by multiplication with the N content of crude protein ((1/6,25 kg kg^{-1}).

The amount of N retained is calculated assuming an N content of the animal body of 0.0272 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 Rohprotein-Gehalten (siehe Kapitel 4.6.3), die durch Multiplikation mit dem N-Gehalt von Rohprotein (1/6,25 kg kg^{-1}) in N-Gehalte umgerechnet werden.

Der retinierten N-Menge liegt ein N-Gehalt des Tierkörpers von 0,0272 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 4.52. 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 4.52 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 4.52: Male beef cattle, N inputs with straw in solid-manure systems

Housing type	Haltungssystem	straw input kg pl^{-1} d^{-1}	dry matter (DM) kg pl^{-1} d^{-1}	N input (in DM) kg pl^{-1} d^{-1}	TAN kg pl^{-1} d^{-1}
tied systems	Anbindehaltung	2.0 [a]	1.7	$10.0 \cdot 10^{-3}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$
loose housing, sloped floor	Laufstall, Tretmist	2.5 [b]	2.2	$12.5 \cdot 10^{-3}$	$6.2 \cdot 10^{-3}$

[a] Assumption: same value as for heifers, tied systems (cf. Table 4.42)
[b] Source: KTBL (2006a), pg. 365

4.6.7.3 *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 4.5).

The NH_3-N emission factor for grazing is 0.14 kg kg^{-1}, related to TAN excreted (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

N_2O 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 4.6.3.

Für den Stall werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren für Rinder verwendet (vgl. Table 4.5).

Der auf TAN bezogene NH_3-N-Emissionsfaktor für Weidegang ist 0,14 kg kg^{-1} (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N_2O und NO werden nach Kapitel 11.5 berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Kapitel 3.3.4.3.5 und 4.6.3.

4.6.7.4 *Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung*

For the emission factors for NH_3, N_2O, NO and N_2 from storage see Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

The emission factors of 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 NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren von NH_3 für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

4.6.7.5 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-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 see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

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 4.53. 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 4.53 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 4.53: Male beef cattle, emission factors for particle emissions from housing (first estimates)

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.52	0.24	0.16
slurry based	güllebasiert	0.69	0.32	0.21

Source: EMEP(2019)-3B-55, Table A1.7 (with TSP = ID [inhalable dust])

4.6.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 4.54: Male beef cattle, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.005	
		CH_4 manure management	EM1005.005	
		NMVOC	EM1007.005	
		NH_3	EM1009.013	EM1009.015
		N_2O	EM1009.098	
		NO	EM1009.129	
		TSP	EM1010.005	
		PM_{10}	EM1010.036	
		$PM_{2.5}$	EM1010.067	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.005	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.005	
		CH_4 manure management	IEF1005.005	
		NMVOC	IEF1007.005	
		NH_3	IEF1009.013	EF1009.015
		N_2O	IEF1009.092	
		NO	IEF1009.121	
		TSP	IEF1010.005	
		PM_{10}	IEF1010.034	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.063	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.129	AI1005CAT.159
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.021	EXCR.025

4.7 Suckler cows / Mutterkühe

Suckler cow herds serve the production of saleable calves. The cows are kept in the house or grazing all year round. The category “suckler cows” is a subcategory of „other cattle“, see Chapter 4.9.

In the inventory the category “suckler cows” does not consider the calves. The calves of suckler cows are included in the inventory category “calves”, see Chapter 4.4.

The animal category „suckler cows“ comprises not only the suckler cows (category K in Table 4.1), but also cows for fattening and slaughtering (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”. Before 2008, the category "other cows" was a separate category in official surveys (in 2007 about 0,6 % of total cattle number). As of 2008, "other cows" are inseparably included in the other categories of female cattle. Hence they do not constitute a separate category in the inventory. This in turn required, for sake of consistency, to include the numbers of those "other cows" in other female cattle categories for the years before 2008. As those "other cows" are no dairy cows and are likely to be older than dairy heifers or male beef cattle, the only plausible choice was to add their numbers to the numbers of suckler cows. This is a conservative approach as the "other cows" do not produce milk and hence should have a lower feed intake and therefore also a lower excretions than suckler 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.

The emissions of the category “Suckler cows” are calculated according to the methods listed in Table 4.55.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Mutterkuh-Herden dienen der Produktion von absetzbaren Kälbern. Mutterkühe werden sowohl im Stall als auch ganzjährig auf der Weide gehalten. Die Kategorie „Mutterkühe“ ist eine Unterkategorie der „übrigen Rinder“, siehe Kapitel 4.9.

Im Inventar umfasst die Kategorie „Mutterkühe“ keine Kälber; diese werden in einer separaten Kategorie berücksichtigt, siehe Kapitel 4.4.

Die Tierkategorie „Mutterkühe“ umfasst neben den Mutterkühen (Kategorie K in Table 4.1) auch die Schlacht- und Mastkühe (Kategorie 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. Vor 2008 war die Kategorie "andere Kühe" in den amtlichen Erhebungen eine eigene Kategorie (2007 etwa 0,6% der Gesamtviehzahl). Ab 2008 sind "andere Kühe" untrennbar in den anderen Kategorien von weiblichen Rindern enthalten. Daher bilden sie keine gesonderte Kategorie im Inventar. Aus Konsistenzgründen war es aber erforderlich, für die Jahre vor 2008 die Anzahl dieser "anderen Kühe" in den anderen Kategorien von weiblichen Rindern zu berücksichtigen. Da diese "anderen Kühe" keine Milchkühe und wahrscheinlich älter sind als Milch- und Schlachtfärsen, blieb als einzige plausible Option, ihre Anzahl zur Zahl der Mutterkühe zu addieren. Dies ist ein konservativer Ansatz, da die "anderen Kühe" keine Milch produzieren und daher eine geringere Futteraufnahme und somit auch niedrigere Ausscheidungen als Mutterkühe haben sollten.

Seit 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).

Die Emissionen der Kategorie „Mutterkühe“ werden nach den Methoden in Table 4.55 berechnet.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.55: Suckler cows, calculation methods applied

Species	Origin	Tier	Method applied
CH_4	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	2	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 as detailed in Chapter 4.7.

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, siehe Kapitel 4.7.

Cattle numbers are collected annually by the Statistical Offices of the federal states (STATLA C III 1 – vj 4) and published by the Federal Statistical Office in federal-state resolution and for Germany (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). The cattle numbers used to calculate the emissions in district resolution are provided by the Federal Statistical Office specifically for emissions reporting, see Chapter 4.1.1.

Therefore the total animal number of the animal category "suckler cows" is calculated as follows:

Rinderzahlen werden jährlich von den Statistischen Landesämtern erhoben (STATLA C III 1 – vj 4) und durch das Statistische Bundesamt in Bundeslandauflösung und für Deutschland veröffentlicht (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). Die zur Emissionsberechnung verwendeten Rinderzahlen in Kreisauflösung werden durch das Statistische Bundesamt speziell für die Emissionsberichterstattung bereitgestellt, siehe dazu Kapitel 4.1.1.

Die Tierplatzzahl der Tierkategorie „Mutterkühe" wird demnach wie folgt gebildet:

$$n_{sc} = n_K + n_L + n_{bu} \quad \textbf{(4.55)}$$

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 Chapters 4.7 and 4.1.1.2

For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1.2. These uncertainties are inevitably used also for buffalo numbers n_{bu}.

Zu den Unsicherheiten der Rinderzahlen siehe Kapitel 4.1.2. Diese Unsicherheiten werden zwangsläufig auf die Büffelanteile in Gleichung (4.55) übertragen.

4.7.1.2 *Animal weight / Tiergewicht*

The weight of the suckler cows is not used in the calculation of energy requirements and emissions, because a German standard value is used for the energy requirements, see chapter 4.7.2.

Since the mean weight of suckler cows is to be reported and no statistical data are available, this weight is estimated on the basis of data in KTBL (2008a), p. 584: According to KTBL, the weight of a suckler cow varies, depending on the breed, between 600 kg an^{-1} (medium-sized mother cow) and 800 kg an^{-1} (large-sized suckler cow), but the medium-sized breeds are preferred. KTBL gives no information on the proportions of the different breeds in the total population. The unknown weight value must be between 600 kg an^{-1} (medium-sized suckler cows only) and 700 kg an^{-1} (equal proportions of medium-sized and large-sized mother cows). It therefore seems plausible to assume, as a first approximation, a mean suckler cow weight of 650 kg an^{-1}.

Das Gewicht der Mutterkühe geht nicht in die Energiebedarfs- und Emissionsberechnungen ein, da ein deutscher Standardwert für den Energiebedarf verwendet wird, siehe Kapitel 4.7.2.

Da das mittlere Gewicht der Mutterkühe zu berichten ist und keine statistischen Daten dazu verfügbar sind, wird dieses Gewicht anhand von Angaben in KTBL (2008a), S. 584, geschätzt: Nach KTBL liegt das Gewicht einer Mutterkuh je nach Rasse zwischen 600 kg an^{-1} (mittelrahmige Mutterkuh) und 800 kg an^{-1} (großrahmige Mutterkuh), wobei aber die mittelrahmigen Rassen bevorzugt werden. KTBL macht dabei keine Angaben zu den Anteilen der verschiedenen Rassen an der Gesamtpopulation; der unbekannte Gewichtswert muss aber zwischen 600 kg an^{-1} (nur mittelrahmige Mutterkühe) und 700 kg an^{-1} (gleiche Anteile von mittel- und großrahmigen Mutterkühen) liegen. Es erscheint damit plausibel, in erster Näherung von einem mittleren Mutterkuhgewicht von 650 kg an^{-1} auszugehen.

4.7.2 Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme

The total ME requirements of a suckler cow include the ME requirements for maintenance, pregnancy, milk production and grazing.

Statistical data on pasture are available (see table AI1005CAT.130 in the data collection described in Chapter 2.4), but there are no statistical surveys on suckler cow performance data such as animal weight and milk yield in Germany. Based on KTBL (2006b), pg. 485, the weight of suckler cows is between 500 and 700 kg. According to HÄUSLER (2012), the annual milk yield in practice is between 2000 and 5000 kg; in a series of experiments of the Austrian teaching and research center Raumberg-Gumpenstein, a milk yield of between

Der ME-Gesamtbedarf einer Mutterkuh umfasst die ME-Anforderungen für Erhaltung, Trächtigkeit, Milchproduktion und Weidegang.

Statistische Daten zum Weidegang sind zwar verfügbar (siehe Tabelle AI1005CAT.130 in der in Kapitel 2.4 beschriebenen Datensammlung), aber es gibt in Deutschland keine statistischen Erhebungen zu Mutterkuh-Leistungsdaten wie Tiergewicht und Milchleistung. Geht man von KTBL (2006b), S. 485, aus, liegt das Gewicht von Mutterkühen zwischen 500 und 700 kg. Nach HÄUSLER (2012) liegt die jährliche Milchleistung in der Praxis zwischen 2000 und 5000 kg; in einer Versuchsreihe des österreichischen Lehr- und Forschungszentrums

2245 and 3351 kg was obtained depending on the duration of suckling period (9 or 12 months). There are no German statistics on the duration of suckling period.

Because of this lack of Germany-representative performance data, it is not possible to model the ME requirements of suckler cows for the purpose of emission reporting. Reference is therefore made to the German standard value for total annual ME requirements stated in KTBL (2006b), pg. 485: 35,766 MJ an^{-1} a^{-1}. The feed ration described at the same place includes a contribution from grazing, so that it can be assumed that the grazing period has been taken into account in a way that is appropriate for average German conditions.

A statistical survey of data on the grazing of suckler cows is only available for 2010 (see Chapter 3.4.3.2.7). This data is available at federal state level. It shows, on average for Germany, that suckler cows were on pasture during 47.3 % of the year. In the absence of more recent data, the 2010 grazing data were retained in the inventory for all subsequent years of the time series. This results in an average German grazing time of 47.3% of the year also for 2018. The RAUMIS data used for the years 1990 to 1993 (see Chapter 3.4.3.1) show an average grazing period of 41.5 % of the year. Since the data come from different sources, it is not possible to verify whether such an increase from 41.5 % to 47.3 % actually took place. In addition, it is not possible to clarify exactly how much the proportion of grazing time was included in the total ME requirements specified by KTBL (2006) (N. Dreisbach, KTBL, personal communication, 2018).

According to KTBL, the increase in grazing time used in the inventory on the basis of the above data (despite their uncertainties) corresponds to an additional annual ME requirement of 141 MJ per suckler cow (N. Dreisbach, N. Dreisbach, KTBL, personal announcement, 2018). This would add up to 35,766 + 141 = 35,901 MJ an^{-1} a^{-1} for the total annual ME requirements. The inventory conservatively calculates with the value rounded up to 1000 MJ, i.e. with 36,000 MJ an^{-1} a^{-1}.

However, this comparatively simple approach, which according to the IPCC definition corresponds to an Tier 2 methodology (since a national ME value is used), seems justified, since, according to the decision trees in IPCC (2006), Chapter 10, Figures 10.2 to 10.4 a Tier 2 methodology is only required if an animal category contributes 25-30 % or more to the emissions of a source category (i. e. CH_4 from enteric fermentation, CH_4 from manure management, N_2O from manure management). With the above mentioned total ME requirements of 36,000 MJ an-1 a- German suckler cows contribute less than 10 % in each of the three source categories. The emissions of suckler cows could therefore have been calculated using a much simpler Tier 1 methodology.

Raumberg-Gumpenstein wurde in Abhängigkeit von der Säugedauer (9 bzw. 12 Monate) eine Milchleistung zwischen 2245 und 3351 kg ermittelt. Auch zur Säugedauer gibt es keine deutsche Statistik.

Wegen des Mangels an deutschlandrepräsentativen Leistungsdaten ist es nicht möglich, den ME-Gesamtbedarf der Mutterkühe für die Zwecke der Emissionsberichterstattung zu modellieren. Es wird daher auf den in KTBL (2006b), S. 485, angegebenen deutschen Standardwert für den jährlichen ME-Gesamtbedarf zurückgegriffen: 35.766 MJ an^{-1} a^{-1}. Die an gleicher Stelle beschriebene Futterration beinhaltet einen Beitrag aus Weidegang, so dass davon auszugehen ist, dass die Weidedauer in einer für mittlere deutsche Verhältnisse angemessenen Weise berücksichtigt wurde.

Eine statistische Erhebung von Daten zum Weidegang von Mutterkühen gibt es nur für das Jahr 2010 (siehe Kapitel 3.4.3.2.7). Diese Daten liegen auf Bundeslandebene vor. Aus ihnen folgt für 2010, dass Mutterkühe im deutschen Durchschnitt 47,3 % des Jahres auf der Weide standen. Mangels neuerer Zahlen wurden die Bundesland-Weidedaten von 2010 im Inventar für alle weiteren Jahre der Zeitreihe beibehalten. Daraus folgt auch für 2018 eine mittlere deutsche Weidezeit von 47,3 % des Jahres. Aus den für die Jahre 1990 bis 1993 verwendeten RAUMIS-Daten (siehe Kapitel 3.4.3.1) ergibt sich eine durchschnittliche Weidezeit von 41,5 % des Jahres. Da die Daten aus unterschiedlichen Quellen stammen, lässt sich nicht überprüfen, ob ein solcher Anstieg von 41,5 % auf 47,3 % tatsächlich stattgefunden hat. Ebensowenig lässt sich klären, wie hoch genau der Anteil der Weidedauer war, der in dem von KTBL (2006) angegebenen ME-Gesamtbedarf enthalten ist (N. Dreisbach, KTBL, persönliche Mitteilung, 2018).

Der im Inventar aufgrund der vorstehend genannten Daten (trotz ihrer Unsicherheiten) zugrunde gelegte Anstieg der Weidedauer entspricht laut KTBL - unter Rückgriff auf die IPCC-2006-Methodik - einem zusätzlichen jährlichen ME-Bedarf von 141 MJ pro Mutterkuh (N. Dreisbach, KTBL, persönliche Mitteilung, 2018). Dies ergäbe für den jährlichen ME-Gesamtbedarf in der Summe 35.766 + 141 = 35.901 MJ an^{-1} a^{-1}. Das Inventar rechnet konservativ mit dem auf ganze 1000 MJ aufgerundeten Wert von 36.000 MJ an^{-1} a^{-1}.

Diese vergleichsweise einfache Vorgehensweise, die nach IPCC-Definition aber einer Tier-2-Methodik entspricht (da ein nationaler ME-Wert verwendet wird), erscheint berechtigt, da nach den Entscheidungsbäumen in IPCC (2006), Kapitel 10, Abbildungen 10.2 bis 10.4 eine Tier-2-Methodik erst dann erforderlich ist, wenn eine Tierkategorie 25 – 30 % oder mehr zu den Emissionen einer Quellenkategorie (d. h. CH_4 aus Verdauung, CH_4 aus Wirtschaftsdüngermanagement, N_2O aus Wirtschaftsdüngermanagement) beiträgt. Mit dem o.g. ME-Gesamtbedarf von 36.000 MJ an^{-1} a^{-1} tragen die deutschen Mutterkühe in den genannten drei Quellenkategorie jeweils weniger als 10 % bei. Die Emissionen der Mutterkühe hätten demnach auch mit einer erheblich einfacheren Tier-1-Methodik berechnet werden können.

According to KTBL (2006b), pg. 485, a share of 1,620 MJ an^{-1} a^{-1} of the annual total ME requirements is covered by concentrates. This is taken into account in the suckler cow model, which also calculates the provision of the remaining energy through the intake of pasture grass and grass silage: the intake of pasture grass is proportional to the relative proportion of a year spent on pasture; the ME contribution from grass silage is the remainder.

The calculation of the intake of dry matter and total energy (GE) follows the same procedure as for heifers and male beef cattle, see Sections 4.5.3 and 4.6.3.

Laut KTBL (2006b), S. 485, wird vom jährlichen ME-Gesamtbedarf ein Anteil von 1.620 MJ an^{-1} a^{-1} durch Kraftfutter gedeckt. Dies wird im Mutterkuhmodell berücksichtigt, welches darüber hinaus die Bereitstellung der übrigen Energie über die Aufnahme von Weidegras und Grassilage berechnet: Die Aufnahme von Weidegras erfolgt dabei proportional zum relativen Anteil eines Jahres, der auf der Weide verbracht wird; der ME-Beitrag aus Grassilage ergibt sich als Restglied.

Die Berechnung der Aufnahme von Trockenmasse und Gesamtenergie (GE) folgt sinngemäß der Vorgehensweise bei Färsen und Mastbullen, siehe Kapitel 4.5.3 und 4.6.3.

4.7.3 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 methods needs the gross energy intake (see Chapter 4.7.2) and the methane conversion factor $x_{CH4,\,GE}$ as input.

The methane conversion factor was used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12: $x_{CH4,\,bf}$ = 0.065 MJ MJ^{-1}.

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.

Die CH_4-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Tier-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.7.2) mithilfe des Methanumwandlungsfaktors $x_{CH4,\,GE}$ berechnet.

Der Methanumwandlungsfaktor wurde IPCC (2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen: $x_{CH4,\,bf}$ = 0,065 MJ MJ^{-1}.

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 Tier-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_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 calculation of the organic matter and ash content of the feed required for this is carried out together with the calculation of the feed intake, see Chapter 4.7.2.

Maximum methane producing capacity B_o and conversion factors (*MCF*) for the respective manure storage system are provided in Table 4.4 (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 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 CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit einem Tier-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 erforderliche Berechnung von organischer Substanz und Aschegehalt des Futters erfolgt gemeinsam mit der Berechnung der Futteraufnahme, siehe Kapitel 4.7.2.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität B_o und Methanumwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (*MCF*) sind Table 4.4 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 CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

4.7.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of cattle are calculated with a Tier 2 methodology, see Chapters 3.3.4.2.2 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von Rindern werden mit einer Tier-2-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.2 und 3.3.4.2.3.

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 and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung

The calculation of the N intake is carried out together with the calculation of the feed intake, see Chapter 4.7.2. However, due to the lack of representative data on milk production, which is also mentioned there, it is not possible to draw up an N balance from which the N excretion can be derived.

KTBL (2006b), p. 490, specifies an annual N excretion of 82 kg pl^{-1} a^{-1} for the suckler cow. Up to and including Submission 2019, this value was used in the inventory. However, a review as part of quality assurance (KTBL, 2019) showed that this N excretion represents an underestimate. The N excretion values given in DLG (2005, p. 33, and 2014, p. 47) cannot be used directly because they include the N excretions of the calf. The latter can, however, can be eliminated from the N calculation, resulting in an N excretion “without calf” of 90.7 kg pl^{-1} a^{-1} (KTBL, 2019). This value is used for the inventory calculations as of Submission 2020.

No German source is known for the TAN content of the N excretions. The TAN content is therefore set at 60% according to EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9.

Die Berechnung der N-Aufnahme erfolgt gemeinsam mit der Berechnung der Futteraufnahme, siehe Kapitel 4.7.2. Wegen des Mangels an repräsentativen Daten zur Milchleistung ist es aber nicht möglich, eine N-Bilanz zu erstellen, aus der sich die N-Ausscheidung ableiten ließe.

Bis einschließlich Submission 2019 verwendete das Inventar die von KTBL (2006b), S. 490, abgebene jährliche N-Ausscheidung von 82 kg pl^{-1} a^{-1}. Damit wird einer Überprüfung im Rahmen der Qualitätssicherung zufolge die N-Ausscheidung unterschätzt (KTBL, 2019). Die in DLG (2005, S. 33, sowie 2014, S. 47) angegebenen N-Ausscheidungswerte lassen sich nicht direkt verwenden, weil sie die N-Ausscheidungen des Kalbes mit einschließen. Letztere lassen sich aber herausrechnen, wobei sich eine N-Ausscheidung „ohne Kalb“ von 90,7 kg pl^{-1} a^{-1} ergibt (KTBL, 2019). Dieser Wert wird seit Submission 2020 für das Inventar verwendet.

Für den TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen ist keine deutsche Quelle bekannt. Der TAN-Gehalt wird daher nach EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9, mit 60 % angesetzt.

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 4.56. 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 4.56 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 4.56: Suckler cows, N inputs with straw in solid-manure systems

Housing type	Haltungssystem	straw input kg pl^{-1} d^{-1}	dry matter (DM) kg pl^{-1} d^{-1}	N input (in DM) kg pl^{-1} d^{-1}	TAN kg pl^{-1} d^{-1}
tied systems	Anbindehaltung	5.0 [a]	4.3	$24.9 \cdot 10^{-3}$	$12.5 \cdot 10^{-3}$
loose housing, deep bedding	Laufstall, Tiefstreu	8.0 [b]	6.9	$39.9 \cdot 10^{-3}$	$20.0 \cdot 10^{-3}$

[a] Source: KTBL (2006a), pg. 221
[b] 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 4.5).

The NH_3-N emission factor for grazing is 0.14 kg kg^{-1}, related to TAN excreted (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

Für den Stall werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren für Rinder verwendet (vgl. Table 4.5).

Der auf TAN bezogene NH_3-N-Emissionsfaktor für Weidegang ist 0,14 kg kg^{-1} (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

4.7.6.4 *Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung*

For the emission factors for NH_3, N_2O, NO and N_2 from storage see Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

The emission factors of 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 NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren von NH_3 für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

4.7.6.5 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-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 see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

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 4.57. 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 4.57 angegeben. Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Table 4.57: Suckler cows, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.52	0.24	0.16
slurry based	güllebasiert	0.69	0.32	0.21

Source: EMEP(2019)-3B-55, Table A1.7 (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

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 4.58: Suckler cows, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.005	
		CH_4 manure management	EM1005.006	
		NMVOC	EM1007.006	
		NH_3	EM1009.016	EM1009.018
		N_2O	EM1009.099	
		NO	EM1009.130	
		TSP	EM1010.006	
		PM_{10}	EM1010.037	
		$PM_{2.5}$	EM1010.068	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.006	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.006	
		CH_4 manure management	IEF1005.006	
		NMVOC	IEF1007.006	
		NH_3	IEF1009.016	IEF1009.018
		N_2O	IEF1009.093	
		NO	IEF1009.122	
		TSP	IEF1010.006	
		PM_{10}	IEF1010.035	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.064	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.160	AI1005CAT.189
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.026	EXCR.030

4.8 Male cattle > 2 years / Männliche Rinder > 2 Jahre

In the inventory, the category "Male cattle > 2 years" is a subcategory of „other cattle", see Chapter 4.9.

The emissions are calculated according to the methods listed in Table 4.59.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Kategorie „Männliche Rinder > 2 Jahre" ist eine Unterkategorie der „übrigen Rinder", siehe Kapitel 4.9.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 4.59 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.59: Male cattle > 2 years, calculation methods applied

Species	Origin	Tier	Method applied
CH_4	Enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	Manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	2	EMEP
NH_3	Manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	Manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

4.8.1 Activity and performance data /Aktivitäts- und Leistungsdaten

4.8.1.1 *Animal numbers / Tierzahlen*

The category "Male cattle > 2 years" used in the inventory corresponds to the category G in Table 4.1.

Cattle numbers are collected annually by the Statistical Offices of the federal states (STATLA C III 1 – vj 4) and published by the Federal Statistical Office in federal-state resolution and for Germany (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). The cattle numbers used to calculate the emissions in district resolution are provided by the Federal Statistical Office specifically for emissions reporting, see Chapter 4.1.1. For the uncertainties of the animal numbers see Chapter 4.1.2.

Die im Inventar verwendete Kategorie „Männliche Rinder > 2 Jahre" entspricht der Kategorie G in Table 4.1.

Rinderzahlen werden jährlich von den Statistischen Landesämtern erhoben (STATLA C III 1 – vj 4) und durch das Statistische Bundesamt in Bundeslandauflösung und für Deutschland veröffentlicht (STATBA FS3 R4, STATBA FS3 R4.1). Die zur Emissionsberechnung verwendeten Rinderzahlen in Kreisauflösung werden durch das Statistische Bundesamt speziell für die Emissionsberichterstattung bereitgestellt, siehe dazu Kapitel 4.1.1. Zu den Unsicherheiten der Tierzahlen siehe Kapitel 4.1.2.

4.8.1.2 *Animal weights and weight gains / Tiergewichte und Gewichtszunahmen*

The weight of male cattle > 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 male cattle > 2 years is considered negligible.

Due to the simple calculation methodology for emissions from male cattle older than two years, the animal weight is not used in those calculations.

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.

Aufgrund der einfachen Berechnungsmethodik für die Emissionen aus der Haltung der männlichen Rinder älter als zwei Jahre geht das Tiergewicht nicht in die Berechnungen ein.

4.8.2 Energy requirements and feed intake / Energiebedarf und Futteraufnahme

As the weight gain of the male cattle > 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 pl^{-1} d^{-1} for an animal weight of 1000 kg an^{-1}.

For the inventory calculations data on digestibility and metabolizability of the feed is needed. The digestibility of the feed is taken to be 60 % according to IPCC (2006)-10.73. There is no IPCC default value for the metabolizability. The inventory uses a metabolizability of 55%, see Haenel et al. (2020).

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 in nach KIRCHGESSNER et al. (2008), S. 460, für ein Tiergewicht von 1000 kg an^{-1} mit 110 MJ pl^{-1} d^{-1} angesetzt wird.

Für die Inventarberechnungen werden die Verdaulichkeit und die Umsetzbarkeit des Futters benötigt. Die Verdaulichkeit des Futters wird nach IPCC (2006)-10.73 mit 60 % angesetzt. Für die Umsetzbarkeit existiert kein IPCC-Standardwert. Das Inventar verwendet eine Umsetzbarkeit von 55 %, siehe Haenel et al. (2020).

Then, assuming a feed intake according to the requirements, the ME requirements given above lead to a daily gross energy intake of GE_{mm} = 200 MJ an^{-1} d^{-1}.

This leads, using the IPCC default for the GE content of the dry matter intake (18.45 MJ kg^{-1}, IPCC (2006)-10.21), to an annual intake of dry matter of 200*365/18.45 = 3956.6 kg an^{-1} a^{-1}.

As a default N excretion rate is used (see Chapter 4.8.6.1), there is no need to calculate feed intake.

Damit folgt aus dem täglichen ME-Bedarf bei der vorausgesetzten bedarfsgerechter Fütterung eine tägliche Gesamtenergie-Aufnahme von GE_{mm} = 200 MJ an^{-1} d^{-1}.

Daraus wird mithilfe des IPCC-Defaultwertes zum GE-Gehalt der aufgenommenen Trockenmasse (18,45 MJ kg^{-1}, IPCC (2006)-10.21) auf die jährlich aufgenommene Trockenmasse zurückgerechnet: 200*365/18,45 = 3956,6 kg an^{-1} 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.

4.8.3 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. It requires gross energy intake (see Chapter 4.8.2) and methane conversion factor $x_{CH4, GE}$.

The methane conversion factor is used as provided by IPCC(2006)-10.30, Table 10.12: $x_{CH4, bf}$ = 0,065 MJ MJ^{-1}.

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.

Die CH_4-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Tier-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 4.8.2) mithilfe des Methanumwandlungsfaktors $x_{CH4, GE}$ berechnet.

Der Methanumwandlungsfaktor wird IPCC(2006)-10.30, Tabelle 10.12 entnommen: $x_{CH4, bf}$ = 0,065 MJ MJ^{-1}.

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 Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

4.8.4 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

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 kg kg^{-1}.

For the treatment of digestibility see Chapter 4.8.2.

Maximum methane producing capacity B_o and conversion factors (*MCF*) for the respective manure storage system are provided in Table 4.4 (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 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 Bestimmung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Tier-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 kg kg^{-1} angenommen.

Zur Verdaulichkeit siehe Kapitel 4.8.2.

Maximale Methan-Freisetzungskapazität B_o und Methanumwandlungsfaktoren für die einzelnen Lagerungssysteme (*MCF*) sind Table 4.4 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 CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-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 the NMVOC emissions of cattle are calculated with a Tier 2 methodology, see Chapters 3.3.4.2.2 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von Rindern werden mit einer Tier-2-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.2 und 3.3.4.2.3.

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 and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung*

In accordance with KTBL (2006b), pg. 412, the nitrogen excretion is assumed to amount to 84 kg pl^{-1} a^{-1} N, 60 % of which is assumed to be TAN (according to (EMEP, 2019-3B-31, Table 3.9, other cattle).

Nach KTBL (2006b), S. 412, werden N-Ausscheidungen von 84 kg pl^{-1} a^{-1} N angenommen. Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird mit 60 % angesetzt (EMEP, 2019-3B-31, 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 fresh straw mass is set at 5.0 kg pl^{-1} d^{-1} (KTBL, 2020, expert judgment). Taking into account Chapter 3.3.4.3.2, this corresponds to a daily N amount of 29.0 10-3 kg N (pl -d) $^{-1}$, corresponding to 14.5 10^{-3} kg TAN (pl · d) $^{-1}$. According to the available data (Chapter 3.4.3), keeping on deep bedding associated with larger amounts of litter does not play a role in Germany.

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 Einstreu-Frischmasse wird mit 5,0 kg pl^{-1} d^{-1} angesetzt (KTBL, 2020, Expertenurteil). Dies entspricht, unter Berücksichtigung von Kapitel 3.3.4.3.2, einer täglichen N-Menge von 29,0 · 10^{-3} kg N $(pl \cdot d)^{-1}$, entsprechend 14,5 · 10^{-3} kg TAN $(pl \cdot d)^{-1}$. Die mit größeren Einstreumengen verbundene Haltung auf Tiefstreu spielt in Deutschland nach den vorliegenden Daten (Kapitel 3.4.3) keine Rolle.

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 4.5).

The NH_3-N emission factor for grazing is 0.14 kg kg^{-1}, related to TAN excreted (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

Für den Stall werden die auf TAN bezogenen Emissionsfaktoren für Rinder verwendet (vgl. Table 4.5).

Der auf TAN bezogene NH_3-N-Emissionsfaktor für Weidegang ist 0,14 kg kg^{-1} (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

4.8.6.4 *Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung*

For the emission factors for NH_3, N_2O, NO and N_2 from storage see Chapters 4.2 and 3.3.4.3.5.

The emission factors of 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 NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für die Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 aus dem Lager siehe Kapitel 4.2 und 3.3.4.3.5.

Für die Emissionsfaktoren von NH_3 für die verschiedenen Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten wird auf Kapitel 4.2.2.3 verwiesen.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

4.8.6.5 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

(Indirekte N_2O-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 see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

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 4.60. 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 4.60 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 4.60: Male cattle > 2 years, emission factors for particle emissions from housing (first estimates)

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.52	0.24	0.16
slurry based	güllebasiert	0.69	0.32	0.21

Source: EMEP(2019)-3B-55, Table A1.7 (with TSP = ID [inhalable dust])

4.8.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 4.61: Male cattle > 2 years, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.007	
		CH_4 manure management	EM1005.007	
		NMVOC	EM1007.007	
		NH_3	EM1009.019	EM1009.021
		N_2O	EM1009.100	
		NO	EM1009.131	
		TSP	EM1010.007	
		PM_{10}	EM1010.038	
		$PM_{2.5}$	EM1010.069	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.007	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.007	
		CH_4 manure management	IEF1005.007	
		NMVOC	IEF1007.007	
		NH_3	IEF1009.019	IEF1009.021
		N_2O	IEF1009.094	
		NO	IEF1009.123	
		TSP	IEF1010.007	
		PM_{10}	IEF1010.036	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.065	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.190	AI1005CAT.219
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.031	EXCR.035

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), dairy heifers and female beef cattle (Chapter 4.5), male beef cattle (Chapter 4.6), suckler cows (Chapter 4.7) and male cattle > 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 4.62.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Daten der Tierkategorien Kälber (Kapitel 4.4), Milch- und Schlachtfärsen (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 4.62 zusammengestellten Methoden berechnet.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

Table 4.62: Other cattle, calculation methods applied

Species	Origin	Tier	Method applied
CH_4	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	2	EMEP
NH_3	manure management	2/3	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

4.9.1 Animal numbers / Tierzahlen

In the area of other cattle (all cattle except dairy cows), the inventory uses category definitions that mainly differ from those of the official statistics. Therefore, the animal place numbers of the official statistics are partially aggregated or converted for inventory purposes. For details, please refer to chapter 4.1.1and the corresponding animal chapters from chapter 4.4. The sum of the number of animal places included in the inventory for the other cattle corresponds to the sum for other cattle in the official statistics:

Das Inventar verwendet im Bereich der übrigen Rinder (alle Rinder außer Milchkühen) Kategoriedefinitionen, die überwiegend von denen der Offizialstatistik abweichen. Daher werden die Tierplatzzahlen der Offizialstatistik für die Inventarzwecke teilweise aggregiert bzw. umgerechnet. Für Details wird auf Kapitel 4.1.1 und die entsprechenden Tierkapitel ab Kapitel 4.4 verwiesen. Die Summe der im Inventar für die übrigen Rinder berücksichtigten Tierplatzzahlen entspricht der Summe für übrige Rinder in der Offizialstatistik:

$$n_{\mathrm{oc}} = n_{\mathrm{ca}} + n_{\mathrm{dh}} + n_{\mathrm{bf}} + n_{\mathrm{bm}} + n_{\mathrm{sc}} + n_{\mathrm{mm}} = \\ = n_{\mathrm{A}} + n_{\mathrm{B}} + n_{\mathrm{C}} + n_{\mathrm{D}} + n_{\mathrm{E}} + n_{\mathrm{F}} + n_{\mathrm{G}} + n_{\mathrm{H}} + n_{\mathrm{I}} + n_{\mathrm{J}} + n_{\mathrm{K}} + n_{\mathrm{L}} \quad \textbf{(4.56)}$$

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_{dh}	number of dairy heifers, as described in Chapter 4.5.1.1 (in pl)
n_{bf}	number of female beef cattle (heifers for slaughtering), 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 male cattle > 2 years places, as described in Chapter 4.8.1.1 (in pl)
n_A, etc	number of cattle places in subcategory A according to German census, etc., as described in Table 4.1 (in pl)

For the uncertainties of the numbers of animal places see Chapter 4.1

Zu den Unsicherheiten der Tierplatzzahlen siehe Kapitel 4.1.

4.9.2 Aggregation of IEF and animal characteristics / Aggregierung von IEF und Tiercharakteristika

For the aggregation of the animal category "other cattle" the mean values of the following quantities are calculated:

Für die Aggregierung 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 ecretions
- N excretions
- relative content of TAN in N excretions
- Methane conversion factor, enteric fermentation ($x_{CH4, GE}$)
- digestibility of organic matter (X_{DOM})
- digestibility of energy (X_{DE})
- ash conten of feed (x_{ash})
- shares of manure management systems
- methane conversion factor, manure management (*MCF*)
- pregnancy

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.

- Emissionsfaktoren (IEF)
- Tiergewicht
- Aufnahme von Futter-Trockenmasse (DM)
- Aufnahme von Futter-Gesamtenergie (GE)
- VS-Ausscheidung
- N-Ausscheidung
- Relativer TAN-Gehalt der N-Ausscheidung
- Methanumwandlungsfaktor, Verdauung ($x_{CH4, GE}$)
- Verdaulichkeit organischer Substanz (X_{DOM})
- Verdaulichkeit von Energie (X_{DE})
- Aschegehalt des Futters (x_{ash})
- relative Wirtschaftsdüngersysteme-Anteile
- Methanumwandlungsfaktor, Wirtschaftsdünger-Management (*MCF*)
- Trächtigkeit

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:

Die allgemeine Vorschrift zur Mittelung von tier- bzw. tierplatzbezogenen Größen wie IEF, Tiergewicht, DE- und GE-Aufnahme sowie VS- und N- Ausscheidungen lautet:

$$\varphi_{oc} = \frac{\sum_j (n_j \cdot \varphi_j)}{\sum_j n_j} \qquad \textbf{(4.57)}$$

φ_{oc}	mean of the quantity φ for other cattle
n_j	number of animal places in subcategory j of other cattle
φ_j	quantity φ 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).

Die zur Wichtung verwendeten Tierplatzzahlen entsprechen den im Inventar verwendeten Tierplatzzahlen, die aus den Tierzahlen der Offizialstatistik abgeleitet wurden (siehe entsprechende Unterkapitel in den Tierkapiteln).

Equation (4.57) 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 (4.57).

The mean animal weights of "other cattle" are the weighted means of the mean weights of calves, dairy heifers, female and male beef cattle, suckler cows and male cattle > 2 years, see Equation (4.58). For suckler cows and male cattle over 2 years of age, the mean weight is set equal to the animal weight, which is regarded as constant over time. In the other categories, the mean weight is approximated by arithmetic averaging of the initial and final weight.

Gleichung (4.57) 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 (4.57) zu mitteln.

Das mittlere Gewicht aller übrigen Rinder zusammen ist das tierplatzzahlgewichtete Mittel der mittleren Gewichte von Kälbern, Milchfärsen, Schlachtfärsen, männlichen Mastrindern, Mutterkühen und männlichen Rindern über 2 Jahre, siehe Gleichung (4.58). Bei Mutterkühen und männlichen Rindern über 2 Jahre wird das mittlere Gewicht gleich dem als zeitlich konstant angesehenen Tiergewicht gesetzt. Bei den übrigen Kategorien wird das mittlere Gewicht durch arithmetische Mittelung von Anfangs- und Endgewicht approximiert.

$$w_{\mathrm{oc}} = \frac{n_{\mathrm{ca}} \cdot w_{\mathrm{ca}} + n_{\mathrm{dh}} \cdot w_{\mathrm{dh}} + n_{\mathrm{bf}} \cdot w_{\mathrm{bf}} + n_{\mathrm{bm}} \cdot w_{\mathrm{bm}} + n_{\mathrm{sc}} \cdot w_{\mathrm{sc}} + n_{\mathrm{mm}} \cdot w_{\mathrm{mm}}}{n_{\mathrm{ca}} + n_{\mathrm{dh}} + n_{\mathrm{bf}} + n_{\mathrm{bm}} + n_{\mathrm{sc}} + n_{\mathrm{mm}}} \quad \textbf{(4.58)}$$

w_{oc}	mean animal weight of other cattle (in kg an^{-1})
n_{ca}, etc.	number of calf places, etc. (in pl), see text
w_{ca}, etc.	mean weight of calves, etc. (in kg an^{-1}), see text

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 (4.57) before both quantities can be combined by division to obtain the relative TAN content.

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 (4.57) gemittelt werden, ehe aus diesen beiden Teilergebnissen durch Division der mittlere relative TAN-Gehalt berechnet werden kann.

The same principle applies to the calculation of the methane conversion factor for enteric fermentation (xCH4, GE). The calculation can be based on equation (3.13) in Chapter 3.3.2 by rearranging this equation to yield $x_{\mathrm{CH4,\,GE}}$ and using mean quantities of EF and GE obtained by averaging with equation (4.57).

Analog geschieht dies bei der Berechnung des Methanumwandlungsfaktor bei der Verdauung ($x_{\mathrm{CH4,\,GE}}$). Zur Berechnung kann Gleichung (3.13) in Kapitel 3.3.2 verwendet werden, indem diese nach $x_{\mathrm{CH4,\,GE}}$ aufgelöst wird und für EF und GE die zuvor nach Gleichung (4.57) berechneten mittleren Werte eingesetzt werden.

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:

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:

$$X_{\mathrm{DOM,oc}} = \frac{\sum_{\mathrm{j}} \left[X_{\mathrm{DOM,\,j}} \cdot n_{\mathrm{j}} \cdot m_{\mathrm{F,\,dm,\,j}} \cdot (1 - x_{\mathrm{ash,feed,\,j}}) \right]}{\sum_{\mathrm{j}} \left[n_{\mathrm{j}} \cdot m_{\mathrm{F,\,dm,\,j}} \cdot (1 - x_{\mathrm{ash,feed,\,j}}) \right]} \quad \textbf{(4.59)}$$

$X_{DOM, oc}$	mean digestibility of organic matter for other cattle (in MJ MJ^{-1})
$X_{DOM, j}$	digestibility of organic matter for cattle category j (in MJ MJ^{-1})
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^{-1} a^{-1})
$x_{ash, feed, j}$	ash content of feed for cattle category j (in kg kg^{-1})

The mean digestibility of energy is the ratio of the total intake of digestible energy DE to the total intake of gross energy GE:

Die mittlere Verdaulichkeit von Energie ist der Quotient von Gesamtaufnahme an verdaulicher Energie DE zu Gesamtaufnahme an Bruttoenergie GE:

$$X_{DE,oc} = \frac{\sum_j \left[X_{DE,j} \cdot n_j \cdot GE_j\right]}{\sum_j \left[n_j \cdot GE_j\right]} \quad \textbf{(4.60)}$$

$X_{DE, oc}$	mean digestibility of energy for other cattle (in MJ MJ^{-1})
$X_{DE, j}$	digestibility of energy for cattle category j (in MJ MJ^{-1})
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^{-1} a^{-1})

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.

Der mittlere Aschegehalt der Futter-Trockenmasse ergibt sich als Verhältnis von Gesamt-Aschemenge zu Gesamt-Trockenmasseaufnahme:

$$x_{ash,feed, oc} = \frac{\sum_j (x_{ash,feed, j} \cdot n_j \cdot m_{F, dm, j})}{\sum_j (n_j \cdot m_{F, dm, j})} \quad \textbf{(4.61)}$$

$x_{ash, feed, oc}$	mean ash content of feed (dry matter) for other cattle (in kg kg^{-1})
$x_{ash, feed, j}$	ash content of feed for cattle category j (in kg kg^{-1})
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^{-1} a^{-1})

For emission reporting, relative shares of manure management systems are required not only in units of pl pl^{-1} (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:

Für die Emissionsberichterstattung werden relative Anteile von Wirtschaftsdünger-Managementsystemen nicht nur in der Einheit pl pl^{-1} (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:

$$\omega_{i, oc} = \frac{\sum_j (\omega_{i, j} \cdot n_j \cdot VS_j)}{\sum_j (n_j \cdot VS_j)} \quad \textbf{(4.62)}$$

$\omega_{i, oc}$	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

Aus der Mittelung der Methan-Emissionsgleichung für die Wirtschaftsdüngerlagerung (Gleichung (3.29) in

3.3.4.1) and taking into account that the national value of the maximum methane production capacity B_o is 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:

Kapitel 3.3.4.1) und dem für alle Rinder einheitlichen Wert der maximalen Methanbildungskapazität B_o (Kapitel 4.2.1), folgt die Berechnungsvorschrift für den effektiven Methanumwandlungsfaktor von Flüssigmistsystemen, der über alle Kategorien der übrigen Rinder und über alle Flüssigmistsysteme gemittelt ist:

$$MCF_{\text{liquid,mean}} = \frac{\sum_{i,j}\left(MCF_{\text{liquid},i,j} \cdot MS_{\text{liquid},i,j} \cdot VS_{\text{liquid},i,j} \cdot n_j\right)}{\sum_{i,j}\left(MS_{\text{liquid},i,j} \cdot VS_{\text{liquid},i,j} \cdot n_j\right)} \quad \textbf{(4.63)}$$

$MCF_{\text{liquid, mean}}$	mean methane conversion factor for liquid systems (in kg kg^{-1})
$MCF_{\text{liquid, i, j}}$	methane conversion factor for a liquid system i and an animal subcategory j (in kg kg^{-1})
$MS_{\text{liquid, i, j}}$	frequency of a liquid system i and an animal subcategory j (in pl pl^{-1})
$VS_{\text{liquid, i, j}}$	share of VS excreted in a liquid system i for an animal subcategory j (in kg pl^{-1} a^{-1})
n_j	number of animal places in a subcategory j (in pl)

The overall methane conversion factor of solid manure systems can be calcualated by analogy.

Die Berechnung des effektiven Methanumwandlungsfaktors 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 all young female cattle for replacement (1 to 2 years, see Table 4.1) are pregnant, as well as 100 % of all young female cattle for replacement older than 2 years 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 weiblichen Nutz- und Zuchttiere zwischen 1 und 2 Jahren (siehe Table 4.1) trächtig sind, sowie alle weiblichen Nutz- und Zuchttiere älter als 2 Jahre und 90 % der Mutterkühe (Expertenurteil HENNING, FAL-TZ/FLI-ING). Die Stadtstaaten wurden bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtig. 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 4.3.9.)

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleuropäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.9.)

4.9.3.1 *Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung*

Table 4.63 allows for a comparison of implied emission factors for enteric fermentation and relevant governing entities.

The IEF values range from 35.5 kg place^{-1} a^{-1} (Netherlands) to 59.1 kg place^{-1} a^{-1} (Austria), with the latter only slightly above the IPCC default value of 57 kg place^{-1} a^{-1}. For the IEF, Germany is around 10% below the median and therefore relatively close to the Swiss value. The German GE intake is around 11% below the median. In terms of digestibility and methane conversion factor, Germany is in the middle range.

Table 4.63 zeigt die Vergleichsdaten für die Emissionen aus der Verdauung mit wichtigen Einflussgrößen.

Die Spanne der IEF-Werte reicht von 35,5 kg Platz^{-1} a^{-1} (Niederlande) bis 59,1 kg Platz^{-1} a^{-1} (Österreich), wobei letzteres nur wenig über dem IPCC-Defaultwert von 57 kg Platz^{-1} a^{-1} liegt. Beim IEF liegt Deutschland rund 10 % unter dem Median und damit relativ nahe am Schweizerischen Wert. Die deutsche GE-Aufnahme liegt rund 11 % unter dem Median. Bei Verdaulichkeit und Methanumwandlungsfaktor liegt Deutschland im mittleren Bereich.

Table 4.63: Other cattle, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for CH_4 from enteric fermentation

	$IEF_{CH4, ent}$	GE intake	mean animal weight	digestibility	Methane conversion factor
	kg pl^{-1} a^{-1}	MJ pl^{-1} d^{-1}	kg an^{-1}	%	MJ MJ^{-1}
Austria	59.06	138.54	413.03	73.24	0.065
Belgium	50.25	131.10	404.25	75.00	0.061
Czech Republic	57.84	148.14	420.89	65.00	0.050
Denmark	40.47	130.21	320.00	71.00	0.065
France	53.03	125.04	441.05	NE	0.064
Germany	**45.18**	**108.02**	**343.44**	**73.47**	**0.064**
Netherlands [a]	35.51	91.35	256.14	NE	0.059
Poland	50.70	118.93	323.81	68.37	0.065
Switzerland [a]	46.53	118.07	n/c	62.27	0.060
United Kingdom [b]	55.10	104.71	425.52	74.12	0.080
Median	**50.48**	**121.99**	**404.25**	**72.12**	**0.064**
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 2021; all other countries: UNFCCC (2020), CRF Tables
n/c: no calculation possible due to missing input data; NE: No data available
[a] N excretions and animal numbers calculated from CRF data
[b] cattle without dairy cows and all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)

4.9.3.2 *Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Table 4.64 summarizes CH_4 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.

The German IEF is slightly above the median and roughly on par with the Swiss value.The wide range of IEF values is, in addition to different VS excretions and MCF values, mainly a consequence of the very different distribution of liquid-manure systems. The German VS excretion is below the median and between the values of Belgium and the Netherlands.

Table 4.64 zeigt den IEF für CH_4 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.

Der deutsche IEF liegt etwas oberhalb des Medians und in etwa gleichauf mit dem Schweizerischen Wert. Die große Schwankungsbreite der IEF-Werte ist, neben unterschiedlichen VS-Ausscheidungen und MCF-Werten, vor allem eine Folge der sehr unterschiedlichen Verbreitung von Flüssigmist-Systemen. Die deutsche VS-Ausscheidung liegt unterhalb des Medians und dabei zwischen Werten von Belgien und den Niederlanden.

Table 4.64: Other cattle, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for CH_4 from manure management

	IEF_{CH4} manure management	VS excreted	liquid systems (without anaerobic digestion	
			frequency	MCF
	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} d^{-1}	%	%
Austria	6.18	2.13	34.85	8.26
Belgium	2.97	1.60	16.16	19.00
Czech Republic	3.56	2.95	9.00	17.00
Denmark	12.60	3.22	31.58	4.98
France	3.23	1.91	2.64	18.91
Germany	**6.88**	**1.40**	**31.91**	**15.39**
Netherlands [a]	7.82	1.20	52.54	17.00
Poland	2.06	1.93	5.06	17.00
Switzerland [a]	6.83	2.48	33.17	13.51
United Kingdom [b]	7.90	1.98	18.41	17.00
Median	**6.50**	**1.96**	**24.99**	**17.00**
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 2021; all other countries: UNFCCC (2020), CRF Tables
[a] calculated from original CRF data
[b] cattle without dairy cows and all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)

4.9.3.3 *Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies*

Table 4.65 shows the average N excretions (including N excreted on pasture) as well as the IEF for NH_3 und N_2O from manure management (without spreading) for the category "other cattle".

The German value of the N excretion is only slightly above the median and close to the values of Denmark, the Netherlands and the United Kingdom. As the NH_3 IEF is not directly reported it had to be calculated for all other countries than Germany from reported NH_3 emissions and animal numbers. The German NH_3 IEF is 40% above the median. The German IEF for direct N_2O from manure management is 10% below the median.

The large areas of variation are partly due to the fact that the category "other bovine animals" is composed of very different emitting sub-categories and that their relative population shares may be very different from country to country.

Table 4.65 zeigt die mittlere N-Ausscheidung (einschließlich Weidegang) sowie die IEF für NH_3 und N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management (ohne Ausbringung) der Kategorie „übrige Rinder".

Der deutsche Wert der N-Ausscheidung liegt nur knapp über dem Median und in der Nähe der Werte von Dänemark, den Niederlanden und dem Vereinigtem Königreich. Da der NH_3-IEF nicht direkt berichtet wird, musste er für alle Länder außer Deutschland aus berichteten NH_3-Emissionen und Tierzahlen berechnet werden. Der deutsche NH_3-IEF liegt 40 % über dem Median. Beim direkten N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegt Deutschland 10 % unter dem Median.

Die großen Schwankungsbereiche sind zum Teil darauf zurückzuführen, dass sich die Kategorie „übrige Rinder" aus sehr unterschiedlich emittierenden Unterkategorien zusammensetzt, und dass deren relative Populationsanteile in den Vergleichsländern stark voneinander abweichen können.

Table 4.65: Other cattle, 2018, international comparison of N excretion rates and implied emission factors of NH_3 from manure management (housing and storage, without spreading)

	N excreted (incl. grazing)	number of animals	NH_3 emission	IEF_{NH3}	$IEF_{N2O,\ direct}$
			(manure management without spreading)		
	kg pl^{-1} a^{-1}	1000 pl	Gg a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria [a]	45.49	1400.06	10.2	7.29	0.380
Belgium	54.59	1928.37	12.0	6.23	0.562
Czech Republic	70.05	828.45	9.9	11.92	0.369
Denmark	42.33	965.02	3.2	3.34	0.368
France	59.74	14939.78	84.0	5.62	0.187
Germany	**43.06**	**7848.23**	**65.8**	**8.39**	**0.303**
Netherlands [b]	41.46	2252.35	10.7	4.77	0.245
Poland	34.98	3772.25	21.7	5.75	0.234
Switzerland [b]	39.47	979.16	7.4	7.57	0.144
United Kingdom [c]	44.74	7834.17	35.3	4.51	0.583
Median	**43.90**			**5.99**	**0.335**
IPCC(2006)-10.59 [d]	50.6				
EMEP(2019)-3B-31, 16	41			5.7 to 7.9	

Sources: Germany: Submission 2021; all other countries: UNFCCC (2020), CRF Tables; CEIP (2020), NFR Table, except for Austria (CEIP, 2019)

[a] Austria: number of animals, NH_3 emissions and IEF_{NH3} taken from Submission 2019 as more recent data were not available at the time of the preparation of Table 4.65
[b] calculated from original CRF data
[c] cattle without dairy cows and all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)
[d] IPCC N excretion: calculated using the IPCC default animal weight (420 kg)

4.9.3.4 *Emissions of particulate matter and NMVOC / Partikel- und NMVOC-Emissionen*

The table below shows the IEF values of TSP, PM_{10} and $PM_{2.5}$ for the various countries. If one disregards the strikingly low values for the Netherlands, the spread is slightly more than factor 2. Whether these differences can be justified solely by the fact that there are different proportions of straw and slurry-based systems from country to country cannot be clarified on the basis of the available data. Differences in the duration of grazing can also have an impact, since no TSP and PM emissions are calculated for grazing.

Die nachstehende Tabelle zeigt IEF-Werte von TSP, PM_{10} und $PM_{2.5}$ der verschiedenen Länder. Sieht man von den auffallend niedrigen Werten der Niederlande ab, zeigt sich eine Streubreite von etwas mehr als Faktor 2. Ob diese Unterschiede allein dadurch zu begründen sind, dass von Land zu Land unterschiedliche Anteile stroh- und güllebasierter Systeme vorliegen, kann anhand der vorliegenden Daten nicht geklärt werden. Auch Unterschiede in der Weidegangdauer können sich auswirken, da für Weidegang keine TSP-und PM-Emissionen berechnet werden.

Table 4.66: Other cattle, 2018, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC

	IEF_{TSP} kg pl^{-1} a^{-1}	IEF_{PM10} kg pl^{-1} a^{-1}	$IEF_{PM2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}	IEF_{NMVOC} kg pl^{-1} a^{-1}
Austria	0.24	0.11	0.02	NA
Belgium	0.40	0.18	0.12	7.402
Czech Republic	0.23	0.11	0.07	11.286
Denmark	0.49	0.22	0.15	11.352
France	0.25	0.11	0.07	IE
Germany	**0.48**	**0.22**	**0.15**	**11.716**
Netherlands	0.05	0.05	0.01	4.997
Poland	0.47	0.22	0.14	5.855
Switzerland	0.32	0.09	0.02	6.991
United Kingdom [a]	0.31	0.14	0.09	3.413
Median	**0.31**	**0.13**	**0.08**	**7.876**
EMEP (2019)-3B-19, 18 (Tier 1)	0.59 (calves: 0.34)	0.27 (calves: 0.16)	0.18 (calves: 0.10)	**8.902[b]**

Source: Germany: Submission 2021; all other countries: CEIP (2020), NFR Table (except for Austria: CEIP, 2019); IEFs calculated from original data
IE, NA: No data available for different reasons
[a] United Kingdom: cattle without dairy cows and all dairy replacements (including calves going on to be dairy cows)
[b] for feeding with silage

With the NMVOC-IEF values, there are clearly two groups. The values of the Czech Republic and Denmark, which are close to the German value, were probably determined according to the Tier 2 methodology (EMEP (2019) -3B-28) with the value 1 for the parameter "frac silage". Germany was requested by the TERT of the IIR 2019 review to use the tier 2 methodology. The difference between Tier 2 and Tier 1 emission factors is considerable: the German Tier 2 IEF for "other cattle" is around 11.7 kg pl^{-1} a^{-1}, almost a third higher than Tier 1 -EF with around 8.9 kg pl^{-1} a^{-1}. So tier 1 and tier 2 methodologies may not be consistent.

Bei den NMVOC-IEF-Werten zeigen sich deutlich abgegrenzt zwei Gruppen. Die nahe an dem deutschen Wert liegenden Werte von Tschechien und Dänemark wurden wahrscheinlich wie dieser nach der Tier-2-Methodik (EMEP (2019)-3B-28) mit dem Wert 1 für den Parameter „frac silage" berechnet. Deutschland wurde durch das TERT des IIR-2019-Reviews zur Anwendung der Tier-2-Methodik aufgefordert. Der Unterschied zwischen Tier-2- und Tier-1-Emissionsfaktoren ist beträchtlich: Der deutsche Tier-2-IEF für „übrige Rinder" liegt mit rund 11,7 kg pl^{-1} a^{-1} um fast ein Drittel über dem Tier-1-EF mit rund 8,9 kg pl^{-1} a^{-1}. Tier-1- und Tier-2-Methodik sind also möglicherweise nicht konsistent.

4.9.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 4.67: Other cattle, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.008	
		CH_4 manure management	EM1005.008	
		NMVOC	EM1007.008	
		NH_3	EM1009.022	EM1009.024
		N_2O	EM1009.101	
		NO	EM1009.132	
		TSP	EM1010.008	
		PM_{10}	EM1010.039	
		$PM_{2.5}$	EM1010.070	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.007	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.008	
		CH_4 manure management	IEF1005.008	
		NMVOC	IEF1007.008	
		NH_3	IEF1009.022	IEF1009.024
		N_2O	IEF1009.095	
		NO	IEF1009.124	
		TSP	IEF1010.008	
		PM_{10}	IEF1010.037	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.066	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005CAT.220	AI1005CAT.252
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.036	EXCR.040

5 Pigs / Schweine

5.1 Animal numbers / Tierzahlen

5.1.1 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; there are accounted for together with the sows.

The animal numbers used and their derivation are explained in the respective subchapters of the subsequent animal category chapters.

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 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 Aggregierung zum Zwecke der Emissionsberechnung gehen aus Table 5.1 hervor. Saugferkel bilden keine separate Tierkategorie im Inventar, sondern werden bei den Sauen mit berücksichtigt.

Die verwendeten Tierzahlen bzw. ihre Berechnung werden in den entsprechenden Unterkapiteln der einzelnen Tierkategorien erläutert.

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^{-1}	8 kg an^{-1}
N	Jungschweine bis unter 50 kg Lebendgewicht	young pigs lighter than 50 kg live weight	we	weaners	8 kg an^{-1}	$w_{fin, we}$
O	Mastschweine 50 bis 80 kg	fattening pigs 50 to 80 kg	fp	fattening pigs	$w_{fin, we}$	$w_{fin, fp}$
P	Mastschweine 80 bis 110 kg	fattening pigs 80 to 110 kg				
Q	Mastschweine 110 kg und mehr	fattening pigs heavier than 110 kg				
R	Jungsauen trächtig	young sows gestating	so	sows	220 kg an^{-1}	
S	Andere Sauen trächtig	other sows gestating				
T	Jungsauen nicht trächtig	young sows not gestating				
U	Andere Sauen nicht trächtig	other sows not gestating				
V	Eber zur Zucht	boars	bo	boars	200 kg an^{-1}	

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.

5.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten

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 “sows” is fixed to 2 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence intercvall 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 „Sauen“ ein Standardfehler von 2 % angesetzt, d. h. 4 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

Also on the national scale, the standard error for the number of animal places of the subcategory "breedings boars" is "about 5 to 10 %". Larger standard errors may exist for single federal states. However, as emission reporting is on the national level, the standard error for "breeding boars" (the boar subcategory in the inventory) is fixed to 10 %, accordingly the uncertainty as half the 95 % confidence intercvall to 20 %. A normal distribution is assumed.

Ebenfalls 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 die Inventarkategorie „Zuchteber" ein Standardfehler von 10 % angesetzt, d. h. 20 % für das halbe 95 %-Konfidenzintervall (Normalverteilung).

5.2 Parameters common to all pigs / Gemeinsame Parameter aller Schweine

5.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdünger-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_o and the storage-specific methane conversion factor *MCF*. *MCF* gives the fraction of B_o that is typically produced in the various storage systems.

For pigs, a national value for B_o is used (DÄMMGEN et al., 2012a), siehe Table 4.4.

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.

"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 ff 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_4 emissions from manure management.

Die Entstehung von Methan aus der Wirtschaftsdüngerlagerung wird im Emissionsinventar durch zwei Parameter charakterisiert (siehe Kapitel 3.3.4.1): die tierspezifische maximale Methan-Bildungsrate B_o und den lagerspezifischen Methanumwandlungsfaktor *MCF*, der angibt, welcher Anteil von B_o in den verschiedenen Lagerungssystemen tatsächlich produziert wird.

Für Schweine wird ein nationaler B_o-Wert verwendet (DÄMMGEN et al., 2012a), siehe Table 4.4.

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.

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. Gärrestlagerung 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 nachfolgenen Tier-Kapitel verwiesen, in denen die Berechnung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management beschrieben wird.

Table 5.2: Pigs, maximum methane producing capacity (B_o) and methane conversion factors (*MCF*)

Maximum methane producing capacity B_o	**Maximale Methanbildungs-Kapazität B_o**	0.30	m^3 CH4 (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)	**0.25**	m^3 m^{-3}
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.25	m^3 m^{-3}
natural crust	natürliche Schwimmdecke	**0.15**	m^3 m^{-3}
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.25	m^3 m^{-3}
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.25	m^3 m^{-3}
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	**0.25**	m^3 m^{-3}
solid manure/heap (deep bedding)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreumist)	0.25	m^3 m^{-3}
solid manure/heap (other systems)	Festmist/Misthaufen (übrige Systeme)	**0.03**	m^3 m^{-3}

Sources: see text

5.2.2 Emission factors for nitrogen emissions / Emissionsfaktoren für Stickstoffemissionen

5.2.2.1 NH_3 emission factors for housing / NH_3 -Emissionsfaktoren für Ställe

Partial NH_3 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_3-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_3-N from housing (related to TAN)

		sows and suckling-pigs, boars	fattening pigs, weaners
Housing type	**Haltungssystem**	EF_{house} (kg kg^{-1})	EF_{house} (kg kg^{-1})
slurry based	güllebasiert	0.34	
closed insulated stable [a]	wärmegedämmter Stall [a]		
fully slatted floor	Vollspaltenboden		0.3
partly slatted floor	Teilspaltenboden		0.3
free ventilated	Außenklimastall		
kennel house	Kistenstall		0.2
straw based	strohbasiert	0.34	
closed insulated stable [a]	wärmegedämmter Stall [a]		
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

[a] 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_3 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_3-Emissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. Kapitel 3.4.5.2.

5.2.2.2 NH_3, N_2O and NO emission factors for storage / NH_3-, N_2O- und NO-Emissionsfaktoren der Lagerung

Except for the storage of residues from anaerobic digestion of slurry, the partial NH_3-N emission factors for the storage systems used in Germany are based on data of DÖHLER et. al. (2002, pg. 62 ff). 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^{-1} for the NH_3-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).

Mit Ausnahme der Lagerung von Gärresten aus der anaeroben Gülleverg ärung beruhen die partiellen NH_3-N-Emissionsfaktoren für die in Deutschland üblichen Lagerverfahren auf Daten von DÖHLER et. al (2002, S. 62f). Sie gelten für alle Schweinekategorien. DÄMMGEN et al. (2010b) berechneten die Emissionsfakoren neu und bezogen sie auf TAN, siehe Table 5.4. Der Referenzwert von 0,15 kg kg^{-1} für den NH_3-N-Emissionsfaktor wurde bei DÖHLER et al (2002) auf das gesamte N bezogen. Nach EAGER-Expertenurteil ist dagegen TAN als Bezug zu

According to IPCC (2006), the anaerobic digestion of manue 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).

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 Gärrestlager. 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_3-N losses from storage (related to TAN)

Storage type	Lagerungsart	emission factor (kg kg^{-1})
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)	
slurry tank	Güllelager	
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	0.150 [a]
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.015 [b]
natural crust	natürliche Schwimmdecke	0.105 [b]
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.030 [b]
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.023 [b]
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	0.105 [a]
leachate, storage with solid cover	Jauche, Lagerung mit fester Abdeckung	0.030 [a]
solid manure/heap (deep bedding)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreumist)	0.600 [a]
solid manure/heap (other systems)	Festmist/Misthaufen (übrige Systeme)	0.600 [a]

[a] estimated according to DÄMMGEN et al. (2010b)
[b] calculated according to DÖHLER et al. (2002), Table 3.14

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.

The emission factors for direct N_2O 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_2O-N (kg N)$^{-1}$) is used (worst-case assumption). This assumption has little impact on total N_2O 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 systems the default emission factor provided in IPCC (2006)-10.62 is used: 0.005 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$. As in Germany deep bedding systems are used without active mixing (see Chapter 3.4.3.2.2), the lower default emission factor of IPCC (2006) is adopted: 0.01 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$.

Like for NH_3, the effective N_2O 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_2O. They are related to the sum of N excreted and N input with bedding material.

Like for NH_3 (see above), the effective N_2O emission factor of anaerobic digestion of manure has to be calculated, see Chapter 3.3.4.4. It is not a constant.

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.

Die Emissionsfaktoren für direktes N_2O 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_2O-N (kg N)$^{-1}$). Wegen geringer Verbreitung der Abdeckung aus Häckseln ist die Auswirkung auf die Gesamt-N_2O-Emissionen sehr gering.

Bei Festmistsystemen differenziert Deutschland nach Festmistlagerung und Tiefstreu. Für Festmistsysteme wird der Default-Emissionsfaktor von IPCC (2006)-10.62 verwendet: 0,005 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$. Da Tiefstreusysteme in Deutschland ohne Durchmischung betrieben werden (siehe Kapitel 3.4.3.2.2), verwendet das Inventar den niedrigeren Default-Emissionsfaktor von IPCC (2006): 0,01 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$.

Für die Vergärung von Wirtschaftsdünger wird wie bei NH_3 auch für N_2O 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_2O. Sie beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Für die Vergärung von Wirtschaftsdünger wird wie bei NH_3 (siehe oben) auch für N_2O der effektive Emissionsfaktor berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.4. Er ist nicht konstant.

According to IPCC (2006) the emission factor for indirect N_2O-N emissions due to deposition of reactive N from housing/storage is 0.01 kg kg^{-1}. It is to be applied to the amount of reactive N deposited.

Der Emissionsfaktor für indirekte N_2O-N-Emissionen aufgrund der Deposition von reaktivem N aus Stall/Lager ist nach IPCC (2006) 0,01 kg kg^{-1} (anzuwenden auf die Menge an reaktivem N).

Table 5.5: Pigs, partial emission factors for N_2O-N from housing and storage (applied to N_{excr} + N_{straw})

Storage type	Lagerungsart	Emission factor (kg kg^{-1})
slurry (untreated)	Gülle (unbehandelt)	
slurry tank	Güllelager	
open tank (without natural crust)	offen (ohne natürliche Schwimmdecke)	0.000 [a]
solid cover (incl. tent structures)	feste Abdeckung (inkl. Zelt)	0.005 [b]
natural crust	natürliche Schwimmdecke	0.005 [a]
floating cover (chaff)	schwimmende Abdeckung (Strohhäcksel)	0.005 [c]
floating cover (plastic film)	schwimmende Abdeckung (Folie)	0.000 [d]
underneath slatted floor > 1 month	Lager unter Spaltenboden > 1 Monat	0.002 [a]
leachate, storage with solid cover	Jauche, Lagerung mit fester Abdeckung	0.005 [e]
solid manure/heap (deep bedding)	Festmist/Misthaufen (Tiefstreumist)	0.010 [a]
solid manure/heap (other systems)	Festmist/Misthaufen (übrige Systeme)	0.005 [a]

[a] Source: IPCC(2006)-10.62 ff; for details see text
[b] A natural crust can develop; enough oxygen is available for N_2O formation. Hence the EF of natural crust is adopted.
[c] Assumption (worst case) due to missing data: Floating covers produced by chaff act like natural crusts.
[d] Even though a natural crust may develop there is not enough oxygen for N_2O formation.
[e] Assumption: comparable to solid-covered storage of slurry

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_2O-N emissions factor, the emission factor for N_2 from housing/storage is estimated thrice the factor for N_2O. Again, the emission factors for NO and 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 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_2 aus Stall/Lager mit dem Dreifachen des N_2O-N-Emissionsfaktors angesetzt. Die Emissionsfaktoren für NO und N_2 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_3, N2O and NO emission factors for spreading / NH_3-, N2O- und NO-Emissionsfaktoren der Ausbringung*

Table 5.6 bis Table 5.8 provide the partial NH_3-N emission factors used in the inventory for the spreading of pig manure. The basis of these emission factors is data provided in DÖHLER et al. (2002). In some cases, emission factors had to be corrected, and missing emission factors were added.

No NH_3-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 4.8).

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 5.2.5.

Emission factors for N_2O and NO emissions due to spreading of manure or digestate of manure are provided in Chapters 11.2 and 12.

Table 5.6 bis Table 5.8 zeigen die im Inventar für Schweine eingesetzten partiellen NH_3-N-Emissionsfaktoren für die Wirtschaftsdünger-Ausbringung. Als Basis für diese Emissionsfaktoren dienten die Angaben in DÖHLER et al. (2002). In einigen Fällen war es erforderlich die Emissionsfaktor zu korrigieren oder fehlende Werte zu ergänzen.

Für die Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Schweinegülle sind keine NH_3-N-Emissionsfaktoren verfügbar. Nach Kapitel 3.3.4.4.3 wurden daher die Emissionsfaktoren für die Ausbringung von unbehandelter *Rindergülle* übernommen, siehe Table 4.8.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 5.2.5.

Zu Emissionsfaktoren für die Berechnung von N_2O- und NO-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Wirtschaftsdünger-Gärresten siehe Kapitel 11.2 und 12.

Table 5.6: Pigs, NH_3-N emission factors for application of slurry (related to TAN)

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg^{-1}) [a]
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 [b]
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 [c]
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 [b]
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	0.175 [d]
trailing hose, beneath vegetation	Schleppschlauch, unterhalb der Vegetation	0.125
trailing hose, grassland	Schleppschlauch, Grünland	0.21
trailing shoe, incorporation ≤ 1 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 1 h	0.02 [e]
trailing shoe, incorporation ≤ 4 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 4 h	0.06 [e]
trailing shoe, incorporation ≤ 8 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 8 h	0.0925 [e]
trailing shoe, incorporation ≤ 12 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 12 h	0.11 [e]
trailing shoe, grassland	Schleppschuh, Grünland	0.12
injection techniques	Injektionsverfahren/Schlitzverfahren	0.06
slurry cultivator	Güllegrubber	0.02 [f]

[a] Source: The emission factors are calculated from Table 3.19 and pg. 69 in DÖHLER et al. (2002), except for the EFs denoted by [b, c, d, e].
[b] broadcast or trailing hose with incorporation within 8 h: no data available in DÖHLER et al. (2002), hence emission factor estimated in agreement with KTBL.
[c] broadcast, vegetation: worst case assumption of "no reduction" as no emission factor available.
[d] Expert judgment (S. Wulf, KTBL, 2018): EF of "trailing hose, short vegetation" is assumed to be equal to the EF of "trailing hose, without incorporation".
[e] As there is no data available on these trailing shoe emission factors, the respective emission factors of trailing hose were adopted.
[f] 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_3-N emission factors for application of leachate ("Jauche") (related to TAN)

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg^{-1})
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.20 [a]
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.02 [a]
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.07 [a]
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.116 [b]
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.144 [b]
broadcast, vegetation	Breitverteiler, Vegetation	0.20 [b]
Broadcast, grassland	Breitverteiler, Grünland	0.20 [a]
trailing hose, without incorporation	Schleppschlauch, ohne Einarbeitung	0.18 [b]
trailing hose, incorporation ≤ 1 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 1 h	0.01 [b]
trailing hose, incorporation ≤ 4 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 4 h	0.05 [b]
trailing hose, incorporation ≤ 8 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 8 h	0.09 [b]
trailing hose, incorporation ≤ 12 h	Schleppschlauch, Einarbeitung ≤ 12 h	0.12 [b]
trailing hose, vegetation	Schleppschlauch, Vegetation	0.10 [b]
trailing hose, grassland	Schleppschlauch, Grünland	0.14 [c]
trailing shoe, incorporation ≤ 1 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 1 h	0.01 [d]
trailing shoe, incorporation ≤ 4 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 4 h	0.05 [d]
trailing shoe, incorporation ≤ 8 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 8 h	0.09 [d]
trailing shoe, incorporation ≤ 12 h	Schleppschuh, Einarbeitung ≤ 12 h	0.12 [d]
trailing shoe, grassland	Schleppschuh, Grünland	0.08 [c]
injection techniques	Injektionsverfahren/Schlitzverfahren	0.04 [c]
slurry cultivator	Güllegrubber	0.01 [e]

[a] DÖHLER et al. (2002), Table 3.20
[b] 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)
[c] estimated with the respective emission reduction factor for pig slurry (DÖHLER et al., 2002, Table 3.19)
[d] As there is no data available on these trailing shoe emission factors, the respective emission factors of trailing hose were adopted.
[e] 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_3-N emission factors for application of solid manure (FYM) (related to TAN)

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg^{-1})
broadcast, without incorporation	Breitverteiler, ohne Einarbeitung	0.90 [a]
broadcast, incorporation ≤ 1 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 1 h	0.09 [a]
broadcast, incorporation ≤ 4 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 4 h	0.45 [a]
broadcast, incorporation ≤ 8 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 8 h	0.72 [b]
broadcast, incorporation ≤ 12 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 12 h	0.81 [b]
broadcast, incorporation ≤ 24 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 24 h	0.90 [a]
broadcast, incorporation ≤ 48 h	Breitverteiler, Einarbeitung ≤ 48 h	0.90 [a]

[a] calculated according to DÖHLER et al. (2002), Table 3.24
[b] 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 see Chapter 4.2.2.4.

(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 siehe Kapitel 4.2.2.4.

(Unsicherheiten für Weidegang bei Schweinen sind nicht erforderlich, da das Inventar keinen Freilandaufenthalt 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_4	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	3	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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:

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (STATLA C III 1 – vj 4). Für das Inventar berechnet sich die Anzahl der Sauen gemäß:

$$n_{so} = n_R + n_S + n_T + n_U \quad \textbf{(5.1)}$$

n_{so} number of sows considered
n_R etc. animal numbers of type R (etc.) in the German census (see Table 5.1)

For the number of the piglets raised per sow see Chapter 5.3.2.

For the uncertainty of the animal numbers see Chapter 5.1.2.

Zur Anzahl der bei einer Sau zu berücksichtigen Saugferkel siehe Kapitel 5.3.2.

Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 5.1.2.

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^{-1}. Due to lack of information, the live weight of 220 kg sow^{-1} 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^{-1}. This can be derived from feeding recommendations in DLG (2008b), Table 4.1, where the piglet weight after the first week with a daily weight gain of 0.2 kg piglet^{-1} d^{-1} reaches 2.9 kg piglet^{-1}.

HAENEL et al. (2011a) also recommended to use a piglet weight of 8.0 kg piglet^{-1} at weaning. The age of the piglets at weaning is assumed to coincide with the duration of the lactation period (see Table 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^{-1} 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^{-1} angenommen. Dieser Wert ist den Fütterungsempfehlungen in DLG (2008b), Tabelle 4.1, entnommen, in denen Ferkel nach einer Woche ein Gewicht von 2,9 kg piglet^{-1} bei einer Gewichtszunahme von 0,2 kg piglet^{-1} d^{-1} aufweisen.

Das Absetzgewicht der Saugferkel wird nach HAENEL et al. (2011a) mit 8,0 kg piglet^{-1} 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 for a single cycle of piglets production. (there are somewhat more than two such production cycles per year.) The piglet-dependent ME requirements during lactation have been converted into a linear function for the inventory model.

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 Pulikation von HAENEL et al. (2011a) überarbeitet. Table 5.10 zeigt die im Inventar verwendeten Kennwerte, die für einen einzelnen Ferkel-Produktionszyklus gelten. (Es gibt etwas mehr als zwei Produktionszyklen pro Jahr). Der von der Ferkelzahl abhängige ME-Bedarf während der Laktation wurde für das Inventarmodell in eine lineare Funktion überführt.

Table 5.10: Sows, production cycle: Definition of pases and respective ME requirements

phases		duration in d	number of piglets born per sow ($n_{piglets,\ birth}$, in piglet sow^{-1})	ME requirements [a] in MJ sow^{-1} d^{-1}	
pregnancy	pregnancy 1	84 [b]		$ME_{preg,1}$ =	33.3
	pregnancy 2	30 [b]		$ME_{preg,2}$ =	40.7
lactating		28 [c]	8	ME_{lact} =	79.5
			9		86.3
			10		93.1
			11		99.9
			12		106.7
			13		113.5
weaning to covering		11 [d]		ME_{wtc} =	40.7
total (τ_{sow})		153			

[a] Source: HAENEL et al. (2011a), based on GfE (2006) data
[b] Source: GFE (1987)
[c] Source: Expert judgement SCHULZ E (co-author of GfE, 2006)
[d] Source: KTBL (2008a), pg. 617

As can be seen in Table 5.10, the number of piglets per sow and birth 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:

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:

$$n_{\text{piglets,birth}} = n_{\text{piglets,year}} \cdot \frac{\tau_{\text{sow}}}{\alpha} \qquad \textbf{(5.2)}$$

$n_{piglets,\ birth}$ number of piglets raised per sow and birth (in piglet sow^{-1})
$n_{piglets,\ year}$ number of piglets raised per sow and year (in piglet sow^{-1} a^{-1})
τ_{sow} duration of piglet production cycle (in d), see Table 5.10
α time units conversion factor (α = 365 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 2014.

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 2014 jedes zweite Jahr weggelassen.

Table 5.11: Sows, number of piglets raised per sow and year, $n_{piglets,\ year}$ (primary statistical information)

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW					19.20	18.20	18.90		20.50	21.10	22.10	23.50	24.00	25.20	25.40	25.80	26.00	25,90
BY	18.00	17.70	17.70	18.10	18.80	18.90	19.60	19.70	20.40	21.00	22.00	22.80	23.40	23.90	24.10	24.40	24,60	*)
BB					18.20	19.50		20.80	22.20	22.80	24.50	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	25.50	25.70	*)	*)	*)	*)
MV					19.60	21.10	21.30			23.84	25.60	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	26.60	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	27.30	28.20	28.50	29.00	29.20	29.70	29.40
RP	17.20	17.20	17.40	17.60	18.00	18.50	18.40	19.00		20.60	20.30	21.60	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	28.20	31.57	33.07				
ST					18.50	20.00	20.66	21.01	22.00	22.99	23.90	25.60	27.20	27.00	27.60	27.90	27.20	*)
SH		18.60	18.70	18.80	19.70	20.10	20.30	21.60	22.90	24.30	26.30	27.70	29.00	29.90	30.50	30.40	31.70	31.00
TH				18.30	20.10	21.23	21.25	21.66	22.72	23.94	26.26	26.70	28.45	28.11	29.49	28.87	28.28	29.42

Sources: ASSE & ZACHARIAS (2012a, 2012c, 2013a, 2015a, 2016a, 2017a); ERZEUGERRING.INFO (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020) (personal communication Schulz/ZDS); ERZEUGERRING WESTFALEN (2016, 2017, 2018, 2019, 2020); HMULV (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011); LFL (2004c, 2006b); LKV-BY (2011, 2012, 2013, 2015a, 2016a, 2018a, 2019, 2020), LKV-SN (2013, 2014, 2015); LKV-ST (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020); LSZ-BW (2007, 2008b, 2009b, 2010, 2018, 2019, 2020); LWK-SH (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019); MLUR-BB (2002); MLUV-BB (2005, 2006, 2007, 2008); NMELF, various years; SEGGER (2005a); SMUL (2000, 2002, 2007, 2008, 2009, 2012); QNETICS (2019, 2020); THMLNU (2002, 2003, 2005, 2006, 2007, 2009); TLL (2011); TMLFUN (2011); TVL (2014, 2015, 2016, 2017, 2018); 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 and Thüringen): The number of piglets raised per sow and year in 1990 is assumed to be 17.0. In addition, a linear increase towards the earliest year of reporting is assumed (expert judgement Schnabel, Rönsch, Bodenstein).
- Schleswig Holstein: For 1990 the value given for 1991 is used.
- Baden-Württemberg: Going backwards from the first value reported 1998), the absolute annual differences given by the times series of Bavaria are applied.

For the City States, data for Hamburg were taken from Schleswig-Holstein, for Bremen from Niedersachsen, and for Berlin from Brandenburg.

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.

Bei den Stadtstaaten werden für Hamburg die Daten von Schleswig-Holstein eingesetzt, bei Bremen die von Niedersachsen und bei Berlin die von Brandenburg.

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.

Specific N reduced feeding of sows is not relevant in practice (expert jugdement Brigitte Eurich-Menden, KTBL). Hence it is not applied in the inventory.

Sauen werden phasenabhängig gefüttert. Table 5.12 zeigt typische Futtereigenschaften, wie sie den Emissionsberechnungen deutschlandweit für alle Jahre der Zeitreihe zugrunde gelegt wurden.

Die N-reduzierte Fütterung von Sauen ist nicht praxisrelevant (Expertenurteil Brigitte Eurich-Menden, KTBL) und ist deshalb im Inventar nicht vorgesehen.

Table 5.12: Sows, diets used in the inventory, and their properties

(X_{DE}: digestibility of energy; X_{ME}: metabolisablity; η_{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^{-1}	X_{ME} MJ MJ^{-1}	η_{ME} MJ kg^{-1}	x_N kg kg^{-1}	x_{ash} kg kg^{-1}	X_{DOM} kg kg^{-1}
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).

The subsequent equation describes the calculation of the daily feed intake (dry matter) averaged over the production cycle. For the input data see Table 5.10 und Table 5.12. It was used that in this case the units "pl^{-1}" and "sow^{-1}" are equivalent (see Chapter 3.1.2.2.1).

Die nachfolgende Gleichung beschreibt die Berechnung der im Mittel erforderlichen täglichen Futtermenge (Trockenmasse). Zu den Eingangsdaten siehe Table 5.10 und Table 5.12. Es wurde davon Gebrauch gemacht, dass in diesem Fall die Einheiten „pl^{-1}“ und „sow^{-1}“ äquivalent sind (siehe Kapitel 3.1.2.2.1).

$$m_{\mathrm{F,DM}} = \frac{\frac{ME_{\mathrm{wtc}} \cdot \tau_{\mathrm{wtc}}}{\eta_{\mathrm{ME,wtc}}} + \frac{ME_{\mathrm{preg,1}} \cdot \tau_{\mathrm{preg,1}}}{\eta_{\mathrm{ME,preg,1}}} + \frac{ME_{\mathrm{preg,2}} \cdot \tau_{\mathrm{preg,2}}}{\eta_{\mathrm{ME,preg,2}}} + \frac{ME_{\mathrm{lact}} \cdot \tau_{\mathrm{lact}}}{\eta_{\mathrm{ME,lact}}}}{\tau_{\mathrm{wtc}} + \tau_{\mathrm{preg,1}} + \tau_{\mathrm{preg,2}} + \tau_{\mathrm{lact}}} \quad \textbf{(5.3)}$$

$m_{F,DM}$	mean daily feed intake of a sow, dry matter (in kg pl^{-1} d^{-1})
ME_{wtc}	daily metabolisable energy requirements between weaning and covering (in MJ sow^{-1} d^{-1})
τ_{wtc}	time between weaning and covering (in d)
$\eta_{ME,wtc}$	specific metabolisable energy content of feed between weaning and covering (MJ kg^{-1}), related to dry matter
$ME_{preg,1}$	daily metabolisable energy requirements during phase “pregnancy 1” (in MJ sow^{-1} d^{-1})
$\tau_{preg,1}$	duration of phase “pregnancy 1” (in d)
$\eta_{ME,preg,1}$	specific metabolisable energy content of feed during phase “pregnancy 1” (MJ kg^{-1}), related to dry matter
$ME_{preg,2}$	daily metabolisable energy requirements during phase “pregnancy 2” (in MJ sow^{-1} d^{-1})
$\tau_{preg,2}$	duration of phase “pregnancy 2” (in d)
$\eta_{ME,preg,2}$	specific metabolisable energy content of feed during phase “pregnancy 2” (MJ kg^{-1}), related to dry matter
ME_{lact}	daily metabolisable energy requirements during lactation (in MJ sow^{-1} d^{-1})
τ_{lact}	duration of lactation period (in d)
$\eta_{ME,lact}$	specific metabolisable energy content of feed during lactation (MJ kg^{-1}), related to dry matter

By analogy, the mean digestibility is obtained as a weighted mean over all phases of a production cycle.

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 calculation of the daily feed intake with Equation (5.3), the amount of gross energy taken in daily with the feed is given by (averaged over the production cycle):

Die durchschnittliche Verdaulichkeit X_{DE} ergibt sich analog als gewichtetes Mittel über alle Phasen eine Produktionszyklusses.

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 mit Gleichung (5.3) ergibt sich die mit dem Futter täglich aufgenommene Gesamtenergie (Mittelwert über einen Produktionszyklus):

$$GE_{\mathrm{sow}} = \frac{\frac{ME_{\mathrm{wtc}} \cdot \tau_{\mathrm{wtc}}}{X_{\mathrm{ME,wtc}}} + \frac{ME_{\mathrm{preg,1}} \cdot \tau_{\mathrm{preg,1}}}{X_{\mathrm{ME,preg,1}}} + \frac{ME_{\mathrm{preg,2}} \cdot \tau_{\mathrm{preg,2}}}{X_{\mathrm{ME,preg,2}}} + \frac{ME_{\mathrm{lact}} \cdot \tau_{\mathrm{lact}}}{X_{\mathrm{ME,lact}}}}{\tau_{\mathrm{wtc}} + \tau_{\mathrm{preg,1}} + \tau_{\mathrm{preg,2}} + \tau_{\mathrm{lact}}} \quad \textbf{(5.4)}$$

GE_{sow}	daily gross energy requirements of a sow (in MJ pl^{-1} d^{-1})
ME_{wtc}	daily metabolisable energy requirements between weaning and covering (in MJ sow^{-1} d^{-1})
τ_{wtc}	time between weaning and covering (in d)
$X_{ME, wtc}$	metabolisability of feed between weaning and covering (in MJ MJ^{-1})
$ME_{preg, 1}$	daily metabolisable energy requirements during phase "pregnancy 1" (in MJ sow^{-1} d^{-1})
$\tau_{preg, 1}$	duration of phase "pregnancy 1" (in d)
$X_{ME, preg, 1}$	metabolisability of feed during phase "pregnancy 1" (in MJ MJ^{-1})
$ME_{preg, 2}$	daily metabolisable energy requirements during phase "pregnancy 2" (in MJ sow^{-1} d^{-1})
$\tau_{preg, 2}$	duration of phase "pregnancy 2" (in d)
$X_{ME, preg, 2}$	metabolisability of feed during phase "pregnancy 2" (in MJ MJ^{-1})
ME_{lact}	daily metabolisable energy requirements during lactation (in MJ sow^{-1} d^{-1})
τ_{lact}	duration of lactation period (in d)
$X_{ME, lact}$	metabolisability of feed during lactation (in MJ MJ^{-1})

5.3.4 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 methods needs the gross energy intake (see Chapter 5.3.3) and the methane conversion factor $x_{CH4, GE}$ as input. The source of the national methane conversion factor of 0.0071 MJ MJ^{-1} is DÄMMGEN ET. AL. (2012c). (IPCC(2006) does not provide such a factor 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.

Die CH_4-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Tier-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.3.3) mithilfe des Methanumwandlungsfaktors $x_{CH4, GE}$ berechnet. Der nationale Methanumwandlungsfaktor von 0,0071 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 Tier-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_4 emissions from manure management (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 5.12.

Maximum methane producing capacity B_o 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.

CH_4 aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit einem Tier-2-Verfahren berechnet, s. Kap. 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 5.12.

Zu maximaler Methan-Freisetzungskapazität B_o und Methanumwandlungsfaktoren (*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 Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

5.3.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe

Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3. Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3. Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

5.3.7 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The calculation of these emissions presupposes the knowledge of N excretions (their amounts and locations), of the N inputs with straw, the conversion of N_{org} and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N_{org} und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

5.3.7.1 *N and TAN excretion / N- und TAN-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:

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{intake,sow}} - m_{\text{g,sow}} - m_{\text{g,piglet}} \quad \textbf{(5.5)}$$

m_{excr}	amount of nitrogen excreted (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{intake, sow}$	annual N intake of a sow (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{g, sow}$	amount of N retained in the sow (in kg pl^{-1} a^{-1}), see below
$m_{g, piglet}$	amount of N retained in piglets (in kg pl^{-1} 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:

$$m_{\text{intake}} = \alpha \cdot m_{\text{F, DM}} \cdot x_{\text{N}} \quad \textbf{(5.6)}$$

$m_{intake, sow}$	annual N intake of a sow (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$m_{F, DM}$	daily feed intake of a sow, dry matter (in kg pl^{-1} d^{-1}), see Chapter 5.3.3
x_N	nitrogen content of feed, related to dry matter (in kg kg^{-1}), 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 (2008b), 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 (2008b), 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:

$$m_{\text{g,sow}} = \alpha \cdot x_{\text{N,pig}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{sow}}}{\tau_{\text{sow}}} \quad \textbf{(5.7)}$$

$m_{g, sow}$	amount of N retained in the sow (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$x_{N, pig}$	nitrogen content of a pig's body ($x_{N, pig}$ = 0.0256 kg kg^{-1}) (LFL, 2004a)
τ_{sow}	duration of one production cycle of a sow (in d), see Table 5.10
Δw_{sow}	net weight gain of a sow during one production cycle (in kg pl^{-1}), see text

The amount of N retained in the piglets between birth and weaning ($m_{g, piglet}$) 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 in den Saugferkeln bis zum Absetzen gebundene N-Menge $m_{g, piglet}$ wird aus dem Gewicht der Konzeptionsprodukte, dem Gesamtzuwachs sowie dem mittleren N-Gehalt von Schweinen berechnet.

$$m_{\mathrm{g,\,piglets}} = n_{\mathrm{piglets,\,year}} \cdot \left[a_{\mathrm{cp}} + \left(w_{\mathrm{piglet,\,w}} - w_{\mathrm{piglet,\,b}}\right)\right] \cdot x_{\mathrm{N,\,pig}} \quad \textbf{(5.8)}$$

$m_{\mathrm{g,\,piglets}}$	amount of N retained in conception products and growing piglets (in kg sow^{-1} a^{-1})
$n_{\mathrm{piglets,\,year}}$	number of piglets raised per sow and year (in piglet sow^{-1} a^{-1}), see Chapter 5.3.2
a_{cp}	mass of conception products developed per piglet (in kg piglet^{-1}), see below
$w_{\mathrm{piglet,\,w}}$	weaning weight of a piglet (in kg piglet^{-1}), see Chapter 5.3.1.2
$w_{\mathrm{piglet,\,b}}$	birth weight of a piglet (in kg piglet^{-1}), see Chapter 5.3.1.2
$x_{\mathrm{N,\,pig}}$	nitrogen content of a pig's body ($x_{\mathrm{N,\,pig}}$ = 0.0256 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, 2008b, 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_{cp} = 1.923 kg per piglet.

Die auf das einzelne Ferkel bezogene Masse der Konzeptionsprodukte (a_{cp}) ist der Quotient aus der typischerweise insgesamt angesetzten Masse der Konzeptionsprodukte (25 kg pro Sau und Wurf, siehe DLG, 2008b, S. 13) und der dazu konsistenten Anzahl an Ferkeln (13 Ferkel pro Wurf, siehe GFE, 2006, S. 74). In diesem Fall erhält man a_{cp} = 1,923 kg pro Ferkel.

The TAN content of the N excretions is calculated according to Chapter 3.3.3.2.

Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet.

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.

For sows, KTBL provides amounts of straw (fresh matter) between 0.4 kg pl^{-1} d^{-1} and 0.7 kg pl^{-1} d^{-1} (e. g. KTBL, 2006a, pg. 469 and pg. 461). Bedding in sow housings with a special piglets' nest („Ferkelnest") amounts to 0.5 kg pl^{-1} 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 kg pl^{-1} d^{-1} equivalent to 2.5·10^{-3} kg N (pl·a)$^{-1}$ or 1.25·10^{-3} kg TAN (pl·a)$^{-1}$.

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.

KTBL gibt für Sauen Strohmengen (Frischmasse) zwischen 0,4 kg pl^{-1} d^{-1} und 0,7 kg pl^{-1} d^{-1} an (z. B. KTBL, 2006a, S. 469 und S. 461). In der Sauenhaltung mit Ferkelnestern wird nach KTBL (2006a), S. 499 und S. 507, von 0,5 kg pl^{-1} d^{-1} ausgegangen. Da im Inventar verschiedene Haltungsformen mangels Häufigkeitsverteilungen nicht unterschieden werden können, wird generell mit einer Strohmenge (Frischmasse) von 0,5 kg pl^{-1} d^{-1} bzw. 2,5·10^{-3} kg N (pl·a)$^{-1}$ oder 1,25·10^{-3} kg TAN (pl·a)$^{-1}$) gerechnet.

5.3.7.3 *Emissions from housing / Emissionen aus dem Stall*

The NH_3 emission factors for housing can be found in Chapter 5.2.2.1.

The mitigation of NH_3 emissions by air scrubbers is taken into account, see Chapter 3.4.5.2.

Die NH_3-Emissionsfaktoren für Ställe finden sich im Kapitel 5.2.2.1.

Die Minderung von 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 NH_3, N_2O, NO and N_2 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_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die Emissionsfaktoren NH_3, N_2O, NO und N_2 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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

5.3.7.5 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirect N_2O 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.)

(Indirekte N_2O-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 see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

(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 siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

(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, 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 Minderung von Partikelemissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. Kapitel 3.4.5.2.

Table 5.13: Sows, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
all types	alle Systeme	0.62	0.17	0.01
Source: EMEP(2019)-3B-19, Table 3.5				

5.3.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

The subsequent table list the references to information provided in the data collection (see Chapter 2.4).

Die nachfolgenden Tabelle enthält Verweise auf die Informationen in der Datensammlung (siehe Kapitel 2.4).

Table 5.14: Sows, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.010	
		CH_4 manure management	EM1005.010	
		NMVOC	EM1007.010	
		NH_3	EM1009.028	EM1009.030
		N_2O	EM1009.103	
		NO	EM1009.134	
		TSP	EM1010.0010	
		PM_{10}	EM1010.041	
		$PM_{2.5}$	EM1010.072	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.010	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.010	
		CH_4 manure management	IEF1005.010	
		NMVOC	IEF1007.010	
		NH_3	IEF1009.025	IEF1009.027
		N_2O	IEF1009.096	
		NO	IEF1009.125	
		TSP	IEF1010.009	
		PM_{10}	IEF1010.038	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.067	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.001	AI1005PSH.032
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.046	EXCR.050

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_4	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	3	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 federal states (STATLA C III 1 – vj 4) include all animals with live weights up to 20 kg an^{-1}. In the inventory, this number cannot be used directly as the number of weaners, as it comprises the suckling-pigs (these are all piglets up to 8 kg, considered together with the sows, see Chapter 5.3.2) and does not cover those weaners heavier than 20 kg an^{-1}. (The end weight of a weaner is in the order of 30 kg, see Chapter 5.4.1.2 below). Weaners exceeding the weight of 20 kg an^{-1} are contained in the official numbers of "young pigs" (Jungschweine, see category N in Table 5.1). Based on these considerations the following approach for the calculation of the number of animals in the inventory category "weaners" is used (see HAENEL et al., 2011a):

Die Ferkelzahlen n_M der Statistischen Landesämtern (STATLA C III 1 – vj 4), siehe Kategorie M in Table 5.1, umfassen die Ferkel bis 20 kg Gewicht. Diese Zahl kann aus folgenden Gründen nicht unmittelbar als Zahl der Aufzuchtschweine im Inventar verwendet werden: Einerseits umfasst sie die bei der Emissionsberechnung der Sauen bereits berücksichtigte Saugferkel-Population (d. h. alle Ferkel bis zu einem Gewicht von 8 kg, siehe Kapitel 5.3.2). Andererseits enthält sie aber nicht diejenigen Aufzuchtferkel, die schwerer als 20 kg sind. (Das Endgewicht der Ferkelaufzucht-Phase liegt bei größenordnungsmäßig 30 kg, siehe Kapitel 5.4.1.2 unten). Die Aufzuchtschweine über 20 kg sind, sind in der offiziellen Jungschweinezahl (siehe Kategorie N in Table 5.1) enthalten. Für die Inventarkategorie „Aufzuchtschweine" gilt daher (HAENEL et al., 2011a):

$$n_{we} = n_M - n_{sp} + n_{piglets+} \quad \textbf{(5.9)}$$

n_{we}	mean annual population in the inventory category "weaners"(in pl)
n_M	number of piglets counted in German census category M, see Table 5.1 (in pl)
n_{sp}	mean annual population of suckling-pigs (in pl)
$n_{piglets+}$	mean annual population of weaners contained in German census category N, see Table 5.1 (in pl)

The mean suckling pig population nsp, the emissions of which are already included in the calculation of the sows' emissions, is calculated according to HAENEL et al. (2011b):

Die mittlere Saugferkel-Population n_{sp}, deren Emissionen bereits in der Berechnung der Emissionen der Sauen enthalten sind, wird nach HAENEL et al. (2011b) berechnet:

$$n_{sp} = c_{sp} \cdot n_M \quad \textbf{(5.10)}$$

n_{sp}	mean annual population of suckling-pigs (in pl)
c_{sp}	constant (c_{sp} = 0.5771 piglet $piglet^{-1}$), see HAENEL et al., (2011b)
n_M	number of piglets counted in German census category M, see Table 5.1 (in pl)

The number of weaners included in the official statistics of the young pigs is calculated as follows:

Die Zahl der Aufzuchtschweine, die in der Offizialstatistik bei den Jungen Schweinen mitgezählt wurden, wird wie folgt berechnet:

$$n_{\text{piglets+}} = x_{\text{pN}} \cdot n_{\text{N}} \tag{5.11}$$

$n_{\text{piglets +}}$	mean annual population of weaners contained in German census category N, see Table 5.1 (in pl)
x_{pN}	fraction of young pigs to be regrouped into the category of weaners (in pl pl^{-1}), see below
n_{N}	number of young pigs counted in German census category N, 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:

$$x_{\text{pN}} = \frac{w_{\text{we, fin}} - w_{\text{yp, start}}}{w_{\text{yp, fin}} - w_{\text{yp, start}}} \tag{5.12}$$

x_{pN}	fraction of young pigs to be regrouped into the category of weaner (in pl pl^{-1})
$w_{\text{we, fin}}$	weaner weight at the end of the production period (in pl), see Chapter 5.4.1.2
$w_{\text{yp, start}}$	lower weight boundary of the official category of young pigs ($w_{\text{yp, start}}$ = 20 kg an^{-1}, see Table 5.1)
$w_{\text{yp, fin}}$	upper weight boundary of the official category of young pigs ($w_{\text{yp, start}}$ = 50 kg an^{-1},see Table 5.1)

For the uncertainty of the animal numbers see Chapter 5.1.2.

Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 5.1.2.

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 kg an^{-1}, see Chapter 5.3.1.2. The final weaner weight is identical to the initial fattening pig weight (24 – 35 kg an^{-1}, see Table 5.22 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 kg an^{-1}, siehe Kapitel 5.3.1.2). Die Endgewichtdaten in der Ferkelaufzucht entsprechen den Anfangsgewichten der Mastschweine (24 – 35 kg an^{-1}, siehe Table 5.22 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:

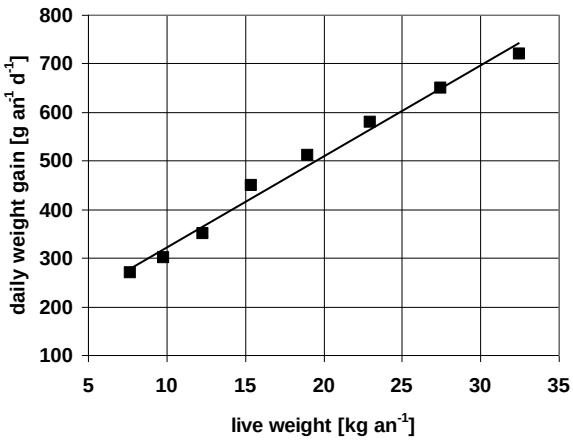
$$\frac{\Delta w_{\text{we}}}{\Delta t} = \text{c}_{\text{we}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{fp}}}{\Delta t} \tag{5.13}$$

$\Delta w_{\text{we}}/\Delta t$	mean daily weight gain of weaners (in g an^{-1} d^{-1})
c_{we}	constant, see below
$\Delta w_{\text{fp}}/\Delta t$	mean daily weight gain of fattening pigs (in g an^{-1} 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

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:

$$c_{we} = \frac{1}{\Delta t_{we,\,KTBL}} \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left[\left(w_{we,\,fin,\,i} - w_{we,\,start,\,i} \right) \cdot \left(\frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t} \right)_i^{-1} \right] \qquad \textbf{(5.14)}$$

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^{-1}), see above
$w_{we,\,start,\,i}$	weaner weight at the beginning of the production period, i. e. piglet weight at weaning (in kg animal^{-1}), 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^{-1} d^{-1}), see above

Using c_{we} = 0.6216, the daily weaner weight gain rates vary between 377 g an^{-1} d^{-1} and 466 g an^{-1} d^{-1}, depending on federal state and year. The national mean for 1990 to 2006 is 420 g an^{-1} d^{-1}, which is identical with the typical value given by KTBL (2004), pg. 465.

The calculated duration of weaner production, τ_{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.

Mit c_{we} = 0,6216 ergeben sich abhängig von Bundesland und Jahr tägliche Gewichtszunahmen zwischen 377 g an^{-1} d^{-1} und 466 g an^{-1} d^{-1}. Als deutscher Mittelwert für 1990 bis 2006 ergibt sich 420 g an^{-1} d^{-1}. Dieser Wert wird in KTBL (2004), S. 465, als typischer Wert angesehen.

Die berechnete Dauer des Aufzuchtferkelproduktion τ_{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 (τ_{we}) is obtained as ratio of total weight gain to average daily weight gain:

Die Aufzuchtdauer τ_{we} ergibt sich als Verhältnis von Gesamtzuwachs zu mittlerem täglichen Zuwachs:

$$\tau_{\mathrm{we}} = \frac{w_{\mathrm{we,fin}} - w_{\mathrm{we,start}}}{\beta \cdot \frac{\Delta w_{\mathrm{we}}}{\Delta t}} \tag{5.15}$$

τ_{we}	duration of lifespan as weaner (in d)
$w_{\mathrm{we,fin}}$	weaner weight at the end of the production period (in g animal^{-1} d^{-1}), see Chapter 5.4.1.2
$w_{\mathrm{we,start}}$	weaner weight at the beginning of the production period, i. e. piglet weight at weaning (in g animal^{-1} d^{-1}), see Chapter 5.4.1.2
β	mass units conversion factor ($\beta = 10^{-3}$ kg g^{-1})
$\Delta w_{\mathrm{we}}/\Delta t$	mean daily weight gain of weaners (in g animal^{-1} d^{-1}), 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 $w_{\mathrm{we},0}$ und $w_{\mathrm{we},1}$ (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 $w_{\mathrm{we},0}$ und $w_{\mathrm{we},1}$ beschreibt (HAENEL, 2011a):

$$\Sigma ME_{\mathrm{we}}(w_{\mathrm{we},0}, w_{\mathrm{we},1}) = \eta_{\mathrm{ME,m,we}} \cdot \frac{w_{\mathrm{unit}}^2}{1.75 \cdot (\Delta w/\Delta t)^*_{\mathrm{we}}} \cdot \left[\left(\frac{w_{\mathrm{we},1}}{w_{\mathrm{unit}}}\right)^{1.75} - \left(\frac{w_{\mathrm{we},0}}{w_{\mathrm{unit}}}\right)^{1.75} \right] + \eta^*_{\mathrm{ME,g,we}} \cdot (w_{\mathrm{we},1} - w_{\mathrm{we},0}) \tag{5.16}$$

$\Sigma ME(w_0, w_1)$	ME required for the fattening phase between the weights w_0 and w_1 (in MJ an^{-1})
$\eta_{\mathrm{ME,m,we}}$	specific metabolisable energy required for maintenance ($\eta_{\mathrm{ME,m,we}}$ = 1.25· 0.44 MJ kg^{-1} d^{-1}, see GFE, 2006, pg. 23)
w_{unit}	unit weight (w_{unit} = 1 kg an^{-1})
$w_{\mathrm{we},0}$, $w_{\mathrm{we},1}$	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_{\mathrm{we},0} < w_{\mathrm{we},1}$ (in kg an^{-1})
$(\Delta w/\Delta t)^*_{\mathrm{we}}$	mean daily weight gain during the entire fattening period (in kg an^{-1} d^{-1})

and

$$\eta^*_{\mathrm{ME,g,we}} = \frac{\alpha_{\mathrm{p,we}}}{k_{\mathrm{p,we}}} \cdot P_{\mathrm{we}} + \frac{\alpha_{\mathrm{f,we}}}{k_{\mathrm{f,we}}} \cdot \left(a_{\mathrm{F,we}} + b_{\mathrm{F,we}} \cdot \frac{w_{\mathrm{we},0} + w_{\mathrm{we},1}}{2} \right) \tag{5.17}$$

$\eta^*_{\mathrm{ME,g,we}}$	effective specific metabolizable energy required for growth, to be used for the entire fattening period (in MJ kg^{-1} ME)
$\alpha_{\mathrm{p,we}}$	ME content of protein ($\alpha_{\mathrm{p,we}}$ = 23.8 MJ kg^{-1}, see GFE, 2006, pg. 32)
$\alpha_{\mathrm{f,we}}$	ME content of fat ($\alpha_{\mathrm{f,we}}$ = 39.7 MJ kg^{-1}, see GFE, 2006, pg. 33)
$k_{\mathrm{p,we}}$	partial efficiency ($k_{\mathrm{p,we}}$ = 0.7 MJ MJ^{-1}, see GFE, 2006, pg. 33)
$k_{\mathrm{f,we}}$	partial efficiency ($k_{\mathrm{f,we}}$ = 0.7 MJ MJ^{-1}, see GFE, 2006, pg. 33)
P_{we}	constant ratio of protein gain to weight gain (P_{we} = 0.17 kg kg^{-1}, see GFE, 2006, pg. 29)
$a_{\mathrm{F,we}}$	constant ($a_{\mathrm{F,we}}$ = 0.08 kg kg^{-1})
$b_{\mathrm{F,we}}$	constant ($b_{\mathrm{F,we}}$ = 0.003 kg^{-1} an)
$w_{\mathrm{we},0}$, $w_{\mathrm{we},1}$	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_{\mathrm{we},0} < w_{\mathrm{we},1}$ (in kg an^{-1})

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^{-1}.

Das Inventar berücksichtigt zwei Fütterungsphasen. Die Grenze zwischen den beiden Phasen wird durch ein Tiergewicht von 12 kg an^{-1} definiert.

Typical properties of the phase feeding are listed in Table 5.16. The feed composition in the new federal states (former GDR) 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.

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}: metabolisablity; η_{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^{-1}	X_{ME}[a] in MJ MJ^{-1}	η_{ME}[a] MJ kg^{-1}	x_N[a] in kg kg^{-1}	X_{DOM}[a] in kg kg^{-1}	x_{ash}[a] in kg kg^{-1}
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

[a] 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).

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.

5.4.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

The calculation of CH_4 emissions from enteric fermentation is based on the Tier 2 method described in Chapter 3.3.2, using gross energy intake (see Chapter 5.4.3) and the methane conversion factor $x_{CH4, GE}$.

The source of the national methane conversion factor of 0.0044 MJ MJ^{-1} is DÄMMGEN et al. (2012c). (IPCC(2006) does not provide a methane conversion factor 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.

Die CH_4-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Tier-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.4.3) mithilfe des Methanumwandlungsfaktors $x_{CH4, GE}$ berechnet.

Der nationale Methanumwandlungsfaktor von 0,0044 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 Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

5.4.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

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 digestability of organic matter and the ash contents of the diet are ob-

CH_4 aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit einem Tier-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

tained 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 kg kg^{-1}, the national mean ash content (related to dry matter) für 2010 amounts to 0.057 kg kg^{-1}.

Maximum methane producing capacity B_o 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.

sich als gewichtetes Mittel der Daten in Table 5.16. Die mittlere Verdaulichkeit organischer Substanz liegt im Deutschlandmittel für 2010 bei 0,88 kg kg^{-1}, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,057 kg kg^{-1} (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Zu maximaler Methan-Freisetzungskapazität B_o und Methanumwandlungsfaktoren (*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 Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

5.4.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

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_{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_{org} und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

5.4.7.1 N and TAN excretion / N- und TAN-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 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 kg kg^{-1}; LFL, 2004a).

$$m_{\mathrm{excr}} = \frac{\alpha}{\tau_{\mathrm{we}}} \cdot \left(m_{\mathrm{F,\,FD}} \cdot x_{\mathrm{N}} - \Delta w_{\mathrm{we}} \cdot x_{\mathrm{N,\,pig}} \right) \qquad \textbf{(5.18)}$$

m_{excr}	amount of nitrogen excreted (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
τ_{we}	duration of lifespan as weaner (in d), see Chapter 5.4.1.2
$m_{F,\,DM}$	daily feed intake of a weaner, dry matter (in kg pl^{-1} d^{-1}), see Chapter 5.4.3
x_N	nitrogen content of feed, related to dry matter (in kg kg^{-1}), see Chapter 5.4.3
Δw_{we}	weight gain (in kg an^{-1}), see Chapter 5.4.1.2
$x_{N,\,pig}$	nitrogen content of a pig's body ($x_{N,\,pig}$ = 0.0256 kg kg^{-1}) (LFL, 2004a)

The TAN content of the N excretions is calculated according to Chapter 3.3.3.2.

Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet.

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[a] kg pl^{-1} d^{-1}	dry matter (DM) kg pl^{-1} d^{-1}	N input (in DM) kg pl^{-1} d^{-1}	TAN kg pl^{-1} d^{-1}
plane floor with bedding	planbefestigter Boden mit Einstreu	0.15 [a, b]	0.13	$0.75 \cdot 10^{-3}$	$0.37 \cdot 10^{-3}$
deep bedding	Tiefstreu	0.20 [c]	0.17	$1.00 \cdot 10^{-3}$	$0.50 \cdot 10^{-3}$

[a] KTBL (2006a), pg. 577; [b] Source: KTBL (2006a), pg. 581; [c] 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_3 emission factors for housing can be found in Chapter 5.2.2.1.

The mitigation of NH_3 emissions by air scrubbers is taken into account, see Chapter 3.4.5.2.

Die NH_3-Emissionsfaktoren für Ställe finden sich im Kapitel 5.2.2.1.

Die Minderung von NH_3-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_3, N_2O, NO and N_2 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_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

5.4.7.6 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. . Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-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 see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

(With pigs, uncertainties for grazing are not needed as the inventory does not consider the option of pigs being held in free range.)

(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, 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 Minderung von Partikelemissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. 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^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
all types	alle Systeme	0.27	0.05	0.002
Source: EMEP(2019)-3B-19, Table 3.5				

5.4.9 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 5.19: Weaners, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.011	
		CH_4 manure management	EM1005.011	
		NMVOC	EM1007.011	
		NH_3	EM1009.031	EM1009.033
		N_2O	EM1009.104	
		NO	EM1009.135	
		TSP	EM1010.011	
		PM_{10}	EM1010.042	
		$PM_{2.5}$	EM1010.073	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.012	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.011	
		CH_4 manure management	IEF1005.011	
		NMVOC	IEF1007.011	
		NH_3	IEF1009.028	IEF1009.030
		N_2O	IEF1009.097	
		NO	IEF1009.126	
		TSP	IEF1010.010	
		PM_{10}	IEF1010.039	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.068	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.033	AI1005PSH.063
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.051	EXCR.055

5.5 Fattening pigs / Mastschweine

Fattening pigs are all pigs in the final fattening stages, i.e. with weights above about 28 kg an^{-1} till slaughtering (ca. 105 bis 120 kg an^{-1} 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^{-1} bis zur Schlachtreife (etwa 105 bis 120 kg an^{-1}) 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_4	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	3	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 $n_{piglets+}$ of weaners exceeding a weight of 20 kg has to be subtracted, because it is included in n_N (HAENEL et al, 2011b):

Die im Inventar zu verwendenden Tierzahlen können aus statistisch verfügbaren Daten (STATLA C III 1 – vj 4) berechnet werden, wobei mit $n_{piglets+}$ die in n_N enthaltene Anzahl von Aufzuchtschweinen schwerer als 20 kg zu subtrahieren ist (HAENEL et al., 2011b):

$$n_{fp} = n_N + n_O + n_P + n_Q - n_{piglets+} \quad \textbf{(5.19)}$$

n_{fp}	number of fattening pigs considered
n_N etc.	animal numbers of type N (etc.) in the German census (see Table 5.1)
$n_{piglets+}$	number of weaners contained in the official pig category “young pigs”, see Chapter 5.4.1.1

For the uncertainty of the animal numbers see Chapter 5.1.2.

Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 5.1.2.

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 2014.

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 2014 jedes zweite Jahr weggelassen.

Table 5.21: Fattening pigs, weight at beginning of the fattening period (in kg an^{-1})

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW	28	28	29	30	29.3	29.9	29.5	30	30.9	32.3	31.7	32.6	32.4	32.6	31.7	30.8	30.7	30.6
BY	27	28	29	29	29	29.4	29.8		30.4	30.8	30.7	30.6	30.2	30.3	30.1	30.2	30.1	*)
BB					27	27	27		28	28.2		29.1	28.8	*)	*)	*)	*)	*)
HE	26	27	27	28	28	29	30		30	31	30	30	30.5	30.2	*)	*)	*)	*)
MV					27	27	27		28.8	29.8		28.9	28.6	28.7	*)	*)	*)	*)
NI	25.5	26	28	28.5	28.5	29	28.5	30	30	30.3	29.8	29.6	29.4	30.1	*)	*)	*)	*)
NW	24	25	27	27	28	28	28	28	29.1	29.2	28.9	28.5	28.6	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
RP	25	26	28	28	28	30	33	32	33.5	32.9	33.9	27.6	34.6	35.2	*)	*)	*)	*)
SL	25	26	28	28	28	30	33											
SN			27		28	27	27		28.8	28.5		27.9	29.4	28.4				
ST										27.5		28.5	28.8	28.4	28.5			
SH	25	26	27	28	28	28	28	29	29.8	30.7	30.6	30.1	30.1	30.6	30.7	30.5	30.5	30.3
TH				28	28	28	27		28.0	27.5	29.8	28	30.2	29.8	29.8	29.4	29.4	28.5

Sources: ASSE & ZACHARIAS (2011, 2012b, 2013b, 2015b, 2016b, 2017b); BD (2011); ERZEUGERRING.INFO (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020) (personal communication Schulz/ZDS); ERZEUGERRING WESTFALEN (2016, 2017, 2018, 2019, 2020); LKV-BY (2003, 2011, 2012, 2013, 2015b, 2016b, 2018b, 2019, 2020); LKV-SN (2012, 2013, 2014); LKV-ST (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); LSZ-BW (2007, 2008a, 2009a, 2018, 2019, 2020); LWK-SH (2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019); QNETICS (2019, 2020); SCHOLZ & ZACHARIAS (2008); SMUL (2008, 2009) THLMNU (2002, 2009), TLL (2011); TVL (2014, 2015, 2016, 2017, 2018); ZDS, various years; *) confidential data provided by ERZEUGERRING.INFO

Table 5.22: Fattening pigs, final weight after fattening (live weight, in kg an^{-1})

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW	106	106	110	112	113	113	116	118	119	119	120	120.7	120.1	120.0	120.0	122.0	122.9	124.0
BY	105	106	109	111	114	114.4	116	117	118	117.6	118.5	120.8	121.0	121.9	122.4	122.3	122.9	*)
BB					113	113	114		115	115.6	116	117.7	118.6	*)	*)	*)	*)	*)
HE	107	109	111	114	116	116	119		121	121	121	122	123.0	121.0	*)	*)	*)	*)
MV					113	115	117		117	116.2	117.5	118.0	119.3	120.3	*)	*)	*)	*)
NI	109.5	110.5	116	117	118	116	117.5	118.5	119.7	119	119.5	121.1	121.4	121.9	*)	*)	*)	*)
NW	109	112	115	118	119	118	120	120	119.8	120	120.9	121.0	120.6	121.0	121.0	122.0	122.0	121.9
RP	106	107	109	111	114	114	117	118	119.1	116.4	116.9	112.0	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	118.6	118.3	120.1				
ST											117.5	117.7	120.3	120.1	120.9			
SH	106	110	114	117	117	116	117	118	119	118.3	120.2	120.0	120.8	121.0	121.0	121.0	122.0	123.0
TH				113	119	113	115		117	116.1	119.2	116.9	120.1	121.9	121.9	121.8	123.5	120,2

Sources: ASSE & ZACHARIAS (2011, 2012b, 2013b, 2015b, 2016b, 2017b); BD (2011); ERZEUGERRING.INFO (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020) (personal communication Schulz/ZDS); ERZEUGERRING WESTFALEN (2016, 2017, 2018, 2019, 2020); LKV-BY (2003, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015b, 2016b, 2018b, 2019, 2020); LKV-SN (2013,2014); LKV-ST (2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); LSZ-BW (2007, 2008a,2009a, 2018, 2019, 2020); LWK-SH (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019); MLUR-BB (2002); QNETICS (2019, 2020); 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, 2018); ZDS, various years; *) confidential data provided by ERZEUGERRING.INFO

Table 5.23: Fattening pigs, weight gain during fattening (in g an^{-1} d^{-1})

	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BW	627	623	638	641	660	671	684	688	688	701	708	728	745	733	749	743	760	776
BY	653	651	653	658	672	684	699	695	705	709	740	768	779	788	793	806	809	776
BB				620	647	654	675		704	718	750	769	810	*)	*)	*)	*)	*)
HE	651	641	665	661	665	683	695	702	715	719	743	761	772	769	*)	*)	*)	*)
MV					656	676	689		749	752	796	806	843	856	*)	*)	*)	*)
NI	647	648	651	671	685	704	702	700	724	730	747	788	810	822	*)	*)	*)	*)
NW	638	641	658	671	704	722	716	721	728	732	752	772	789	801	808	817	828	835
RP	643	643	645	647	665	707	683	707	721	708	731	726	799	798	*)	*)	*)	*)
SL	643	643	645	647	665	707	683											
SN			621	627	668	699	709	711	749	781	814	825	841	842				
ST					684	681	671	704	721	734	740	812	858	851	864			
SH	634	647	666	688	708	732	740	731	750	760	792	806	848	862	875	880	894	898
TH				653	657	671	691		737	773	807	835	832	845	830	856	871	874

Sources: ASSE & ZACHARIAS (2011, 2012b, 2013b, 2015b, 2016b, 2017b); BD (2011); ERZEUGERRING.INFO (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020) (personal communication Schulz/ZDS); ERZEUGERRING WESTFALEN (2016, 2017, 2018, 2019, 2020); HMULV (2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011); LKV-BY (2003, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015b, 2016b, 2018b, 2019, 2020); LKV-SN (2013, 2014); LKV-ST (2005, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016); LSZ-BW (2007, 2008a, 2009a, 2018, 2019, 2020); LWK-SH (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019); MLUR-BB (2002); MLUV-BB (2007, 2008); QNETICS (2019, 2020); 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, 2018); 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^{-1} was assumend for the beginning of fattening together with a final weight of 115 kg an^{-1}. The weight gain was set to 550 g an^{-1} d^{-1}. 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 wir 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^{-1} für den Anfang der Mast und 115 kg an^{-1} für das Ende der Mast angenommen (typische Gewichtszunahme: 550 g an^{-1} d^{-1}). 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 (τ_{fp}) is a function of total weight gain and average daily weight gain rate:

Die Mastdauer τ_{fp} ist eine Funktion von Gesamtzuwachs und mittlerem täglichen Gewichtszuwachs:

$$\tau_{fp} = \frac{w_{fp,\,fin} - w_{fp,\,start}}{\beta \cdot \frac{\Delta w_{fp}}{\Delta t}} \qquad \textbf{(5.20)}$$

T_{fp}	duration of fattening (in d)
$W_{fp,\,fin}$	weight at the end of fattening (in g $animal^{-1}$ d^{-1}), see Chapter 5.5.1.2
$W_{fp,\,start}$	weight at the beginning of fattening (in g $animal^{-1}$ d^{-1}), see Chapter 5.5.1.2
β	mass units conversion factor (β = 10^{-3} kg g^{-1})
$\Delta w_{fp}/\Delta t$	mean daily weight gain of weaners (in g $animal^{-1}$ d^{-1}), see Chapter 5.5.1.2

5.5.2 Energy requirements / Energiebedarf

The energy requirements of fattening pigs are calculateed according to the recommendations in GFE (2006), cf. HAENEL et al. (2011a). These recommendations refer to animal weights from 30 kg an^{-1} to 100 kg an^{-1}, but are used in the inventory for all fattening pigs (from below 30 kg an^{-1} to over 100 kg an^{-1}), because no other data are avalaible.

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^{-1} bis 100 kg an^{-1}, werden im Inventar aber für alle Mastschweine verwendet (von unter 30 kg an^{-1} bis über 100 kg an^{-1}), weil keine anderen Daten verfügbar sind.

Der Bedarf an umsetzbarer Energie (ME) umfasst den Bedarf für Erhaltung und Zuwachs:

$$\Sigma ME = \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{m,\,j} + \sum_{j=1}^{k_{fin}} \tau_{day} \cdot ME_{g,\,j} \qquad \textbf{(5.21)}$$

ΣME	total metabolizable energy for the duration of one fattening period (in MJ an^{-1})
τ_{day}	unit time period (τ_{day} = 1 d)
ME_j	total metabolizable energy requirements for day j (in MJ an^{-1} d^{-1})
j	index of day
k_{fin}	number of final day of the fattening period
$\Sigma\, \tau_{day} \cdot ME_{m,\,j}$	total of $ME_{m,\,j}$ for one fattening period (in MJ an^{-1})
$ME_{m,\,j}$	metabolizable energy required for maintenance for day j (in MJ an^{-1} d^{-1})
$\Sigma\, \tau_{day} \cdot ME_{g,\,j}$	total of $ME_{g,\,j}$ for one fattening period (in MJ an^{-1})
$ME_{g,\,j}$	metabolizable energy required for growth for day j (in MJ an^{-1} d^{-1})

The maintenance energy is given by:

Für die Erhaltungsenergie gilt:

$$ME_{m,\,j} = \eta_{ME,\,m} \cdot w_{unit} \cdot \left(\frac{w_j}{w_{unit}} \right)^{0.75} \qquad \textbf{(5.22)}$$

$ME_{m,\,j}$	metabolisable energy required for maintenance for day j (in MJ an^{-1} d^{-1})
$\eta_{ME,\,m}$	specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ kg^{-1} d^{-1}, see below)
w_j	live weight on day j (in kg an^{-1})
w_{unit}	unit weight (w_{unit} = 1 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:

$$\eta_{ME,\,m} = \eta_{ME,\,m,\,n} \cdot \left(a_m - b_m \cdot \frac{w_j - w_n}{w_x - w_n} \right) \qquad \textbf{(5.23)}$$

$\eta_{ME,\,m}$	specific metabolisable energy required for maintenance (in MJ kg^{-1} d^{-1})
$\eta_{ME,\,m,\,n}$	reference value of specific metabolisable energy for maintenance ($\eta_{ME,\,m,\,n}$ = 0.44 MJ kg^{-1} d^{-1}, GFE, 2006, pg. 23))
a_m	constant (a_m = 1.25 MJ MJ^{-1})
b_m	constant (b_m = 0.25 MJ MJ^{-1})
w_j	live weight on day j (in kg an^{-1})
w_n	lower threshold of animal weight (in kg an^{-1}), see below
w_x	upper threshold of animal weight (in kg an^{-1}), see below

GFE (2006) uses w_n = 30 kg an^{-1} and w_x = 100 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.

The energy required for growth is given by

GFE (2006) setzt w_n = 30 kg an^{-1} und w_x = 100 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.

Die für Zuwachs benötigte Energie ergibt sich aus:

$$ME_{g,\,j} = \eta_{ME,\,g,\,j} \cdot \left(\frac{\Delta w}{\Delta t} \right)_j \qquad \textbf{(5.24)}$$

$ME_{g,\,j}$	metabolizable energy requireded for daily growth on day j (in MJ an^{-1} d^{-1})
j	index of day
$\eta_{ME,\,g,\,j}$	specific metabolizable energy required for growth on day j (in MJ kg^{-1}), see below
$(\Delta w/\Delta t)_j$	daily weight gain per animal and day j (in kg an^{-1} 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:

$$\eta_{\mathrm{ME,g,j}} = \frac{\alpha_{\mathrm{p}}}{k_{\mathrm{p}}} \cdot P_{\mathrm{j}} + \frac{\alpha_{\mathrm{f}}}{k_{\mathrm{f}}} \cdot F_{\mathrm{j}} \qquad \textbf{(5.25)}$$

$\eta_{\mathrm{ME,g,j}}$	day-dependent specific metabolizable energy required for growth (in MJ kg^{-1})
j	index of day
α_{p}	ME content of protein (α_{p} = 23.8 MJ kg^{-1}, see GFE, 2006, pg. 32)
α_{f}	ME content of fat (α_{f} = 39.7 MJ kg^{-1}, see GFE, 2006, pg. 33)
k_{p}	partial efficiency (k_{p} = 0.56 MJ MJ^{-1}, see GFE, 2006, pg. 33)
k_{f}	partial efficiency (k_{f} = 0.74 MJ MJ^{-1}, see GFE, 2006, pg. 33)
P_{j}	day-dependent ratio of protein gain to weight gain (in kg kg^{-1}), see below
F_{j}	day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in kg kg^{-1}), see below

The relative protein gain *P* can be obtained by differentiation of Equation 8 in GFE (2006), pg. 30, with with respect to animal weight.

Die relative Proteinzunahme *P* erhält man durch Differenzieren von Gleichung 8 in GFE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht:

$$P_{\mathrm{j}} = a_{\mathrm{P}} - b_{\mathrm{P}} \cdot w_{\mathrm{j}} \qquad \textbf{(5.26)}$$

P_{j}	day-dependent ratio of protein gain to weight gain (in kg kg^{-1}), see below
j	index of day
a_{P}	constant (a_{P} = 0.168 kg kg^{-1})
b_{P}	constant (b_{P} = 2 · 0.0000914 kg^{-1} an)
w_{j}	live weight on day j (in kg an^{-1})

Differentiation of Equation 9 in GFE (2006), pg. 30 with respect to animal weight and the introduction of a reduction factor 0.94 kg kg^{-1} (GFE, 2006, pp. 28 and 31) yields the relative fat gain *F*:

Die Differenzierung von Gleichung 9 in GFE (2006), S. 30, nach dem Tiergewicht sowie die Berücksichtigung eines Reduktionsfaktors von 0,94 kg kg^{-1} (GFE, 2006, S. 28 und 31) ergibt die relative Fettzunahme *F*:

$$F_{\mathrm{j}} = a_{\mathrm{F}} \cdot (b_{\mathrm{F}} + c_{\mathrm{F}} \cdot w_{\mathrm{j}}) \qquad \textbf{(5.27)}$$

F_{j}	day-dependent ratio of fat gain to weight gain (in kg kg^{-1})
j	index of day
a_{F}	constant (a_{F} = 0.94 kg kg^{-1})
b_{F}	constant (b_{F} = 0.1162 kg kg^{-1})
c_{F}	constant (c_{F} = 2 · 0.001389 kg^{-1} an)
w_{j}	live weight on day j (in kg an^{-1})

By analogy to the procedure used for weaners (see Chapter 5.4.2) the summation formula for the ME-requirements (Equation (5.21)) 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 $\eta_{\mathrm{ME,m}}$ is defined separately for the animal weight intervals "„lower than 30 kg an^{-1}", „30 to 100 kg an^{-1}" und „greater than 100 kg an^{-1}", the integration has to be performed separately for these three intervals.

Like for the weaners (Chapter 5.4.2), the integration is performed under the assumption of a constant (i. e. mean) weight gain rate, cf. HAENEL et al. (2011a).

Wie bei den Aufzuchtferkeln (siehe Kapitel 5.4.2) wird die Summenformel für den Gesamt-ME-Bedarf (Gleichung (5.21)) 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 $\eta_{\mathrm{ME,m}}$ (siehe oben) ist die Integration allerdings getrennt für die Tiergewichtbereiche „kleiner als 30 kg an^{-1}", „30 bis 100 kg an^{-1}" und „größer als 100 kg an^{-1}" durchzuführen.

Wie bei den Aufzuchtferkeln (Kapitel 5.4.2) erfolgt die Integration unter der Annahme einer konstanten (d. h. mittleren) täglichen Wachstumsrate, vgl. HAENEL et al. (2011a).

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 $w_1 > w_A$)

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 $w_1 > w_A$):

$$\Sigma ME_{\mathrm{fp}}(w_0, w_1) = \eta_{\mathrm{ME,m,n}} \cdot \left[\frac{\varphi_1(w_0, w_1, w_A) + \varphi_2(w_0, w_1, w_A, w_B) + \varphi_3(w_0, w_1, w_B)}{(\Delta w / \Delta t)^*} \right] + \eta^*_{\mathrm{ME,g}} \cdot (w_1 - w_0) \quad \textbf{(5.28)}$$

$\Sigma ME_{\mathrm{fp}}(w_0, w_1)$	ME required for the fattening phase between the weights w_0 and w_1 (in MJ an^{-1})
$\eta_{\mathrm{ME,m,n}}$	reference value of specific metabolisable energy for maintenance ($\eta_{\mathrm{ME,m,n}}$ = 0.44 MJ kg^{-1} d^{-1}, GFE, 2006, pg. 23)
w_0, w_1	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_0 < w_1$ (in kg an^{-1})
w_A	reference weight according to GfE (2006, pg. 23) (w_A = 30 kg an^{-1})
w_B	reference weight according to GfE (2006, pg. 23) (w_B = 100 kg an^{-1})
$(\Delta w/\Delta t)^*$	mean weight gain during the entire fattening period (in kg an^{-1} d^{-1})

and

$$\varphi_1 = \frac{a_{\mathrm{m}} \cdot w_{\mathrm{unit}}^2}{1.75} \cdot \left[\left(\frac{\min(w_1, w_A)}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{1.75} - \left(\frac{\min(w_0, w_A)}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{1.75} \right] \quad \textbf{(5.29)}$$

$$\varphi_2 = \left\{ \begin{array}{l} \frac{w_{\mathrm{unit}}^2}{1.75} \cdot \left(a_{\mathrm{m}} + \frac{b_{\mathrm{m}} \cdot w_A}{w_B - w_A} \right) \cdot \left[\left(\frac{\max(w_A, \min((w_1, w_B))}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{1.75} - \left(\frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{1.75} \right] - \\ \frac{b_{\mathrm{m}} \cdot w_{\mathrm{unit}}^3}{2.75 \cdot (w_B - w_A)} \cdot \left[\left(\frac{\max(w_A, \min(w_1, w_B))}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{2.75} - \left(\frac{\min(w_B, \max(w_0, w_A))}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{2.75} \right] \end{array} \right\} \quad \textbf{(5.30)}$$

$$\varphi_3 = \frac{w_{\mathrm{unit}}^2}{1.75} \cdot \left[\left(\frac{\max(w_1, w_B)}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{1.75} - \left(\frac{\max(w_0, w_B)}{w_{\mathrm{unit}}} \right)^{1.75} \right] \quad \textbf{(5.31)}$$

$$\eta^*_{\mathrm{ME,g}} = \frac{\alpha_{\mathrm{p}}}{k_{\mathrm{p}}} \cdot \left(a_{\mathrm{P}} - b_{\mathrm{P}} \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) + \frac{\alpha_{\mathrm{f}}}{k_{\mathrm{f}}} \cdot a_{\mathrm{F}} \cdot \left(b_{\mathrm{F}} + c_{\mathrm{F}} \cdot \frac{w_0 + w_1}{2} \right) \quad \textbf{(5.32)}$$

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$	functions of w_0, w_1, w_A, and w_B (in kg^2 an^{-2})
w_0, w_1	animal weights limiting a special fattening phase, with $w_0 < w_1$ (in kg an^{-1})
w_A	reference animal according to GfE (2006, pg. 23) (w_A = 30 kg an^{-1})
w_B	reference animal according to GfE (2006, pg. 23) (w_B = 100 kg an^{-1})
w_{unit}	unit weight (w_{unit} = 1 kg an^{-1})
a_{m}	constant (a_{m} = 1.25 MJ MJ^{-1}, see GfE, 2006, pg. 23)
b_{m}	constant (b_{m} = 0.25 MJ MJ^{-1}, see GfE, 2006, pg. 23)
$\eta^*_{\mathrm{ME,g}}$	effective specific metabolizable energy required for growth, see below (in MJ kg^{-1})
α_{p}	ME coeffcient (α_{p} = 23.8 MJ kg^{-1}, see GfE, 2006, pg. 32)
k_{p}	efficiency coeffcient (k_{p} = 0.56 MJ MJ^{-1}, see GfE, 2006, pg. 33)
a_{P}	constant (a_{P} = 0.168 kg kg^{-1}, see above)
b_{P}	constant (b_{P} = 2 · 0.0000914 kg^{-1} an, see above)
α_{f}	ME coeffcient (α_{f} = 39.7 MJ kg^{-1}, see GfE, 2006, pg. 33)
k_{f}	efficiency coeffcient (k_{f} = 0.74 MJ MJ^{-1}, see GfE, 2000, pg. 33)
a_{F}	constant (a_{F} = 0.94 kg kg^{-1}, see above)
b_{F}	constant (b_{F} = 0.1162 kg kg^{-1}, see above)
c_{F}	constant (c_{F} = 2 · 0.001389 kg^{-1} an, see above)

5.5.3 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

An essential prequisite 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 – in 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 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's 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 ithe inventory are shown in Table 5.24.

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 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 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 Gesamt-Proteinaufnahme 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.

Table 5.24: Fattening pigs, diets used, related energies, and crude protein contents

(X_{DE}: digestibility of energy; X_{ME}: metabolisablity; η_{ME}: content of metabolisable energy, related to fresh matter; x_{XP}: crude 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^{-1}	X_{ME} [a] MJ MJ^{-1}	η_{ME} [a] MJ kg^{-1}	x_{XP} [b] kg kg^{-1}	X_{DOM} [a] kg kg^{-1}	x_{ash} [a] kg kg^{-1}
one single phase			wheat, rye, wheat gluten meal, soybean meal, triticale, rapeseed meal	0.8239	0.8013	13.2	0.163	0.85	0.055
two phases	phase A	up to $w_{50\%}$ [c]		0.8307	0.8119	13.4	0.172	0.86	0.053
	phase B	above $w_{50\%}$ [c]		0.8170	0.7907	13.0	0.152	0.84	0.057

[a] 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.
[b] 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)
[c] Definition of $w_{50\%}$: Start weight plus half the total growth during fattening

The N contents of the feed are derived from the crude protein contents (x_{XP}) by diding 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.

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 N-Gehalte werden mithilfe der Divison 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.

Die in Phase A aufgenommene Futtermasse (Frischmasse) berechnet sich aus dem Bedarf an umsetzbarer Energie und dem ME-Gehalt des Futters in Phase A:

$$m_{\mathrm{F,\,FM,\,A}} = \frac{\Sigma ME_{\mathrm{A}}}{\eta_{\mathrm{ME,\,A}}} \qquad \textbf{(5.33)}$$

$m_{\mathrm{F,\,FM,\,A}}$ amount of feed intake (fresh matter) in phase A (in kg pl^{-1})
ΣME_{A} total of ME intake during phase A (in MJ pl^{-1})
$\eta_{\mathrm{ME,\,A}}$ ME content of feed in phase A, related to fresh matter (in MJ kg^{-1}), see Table 5.24

The calculations for phase B and for songle-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^{-1}. This value is the dry matter content of the feed of sows and weaners[30] 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.

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^{-1} berechnet. Dieser Wert wird in Anlehnung an den typischen Trockenmassegehalt von Sauen- und Aufzuchtferkelfutter[30] angenommen. Die Trockenmasseaufnahme wird nur zu Berichtszwecken berechnet; sie geht nicht in die Emissionsberechnungen ein.

The annual mean of the daily intake of gross energy is obtained according to the subsequent equation.

This equation shows the calculation scheme for two-phase feeding as used as an approximation of multi-phase feeding, see above. The equation can also be

Die übers Jahr gemittelte tägliche Gesamtenergie-Aufnahme ergibt sich aus der nachfolgenden Gleichung:

Diese Gleichung zeigt das Berechnungsschema für eine Zwei-Phasen-Fütterung, wie sie als Approximation der Mehrphasenfütterung verwendet wird, siehe oben.

[30] http://www.definitiv-ba.de/pdf_files/aktuelles/stalljohann-dba2010.pdf

applied to one-phase feeding by omitting the term for phase B.

Die Gleichung kann auch für Ein-Phasen-Fütterung angewendet werden, indem der Summand für Phase B weggelasen wird.

$$GE_{fp} = \frac{m_{F,\,FM,\,A} \cdot \eta_{GE,\,A} + m_{F,\,FM,\,B} \cdot \eta_{GE,\,B}}{\tau_{fp}} \quad \textbf{(5.34)}$$

GE_{fp}	mean daily gross energy requirements of a fattening pig (in MJ pl^{-1} d^{-1})
$m_{F,\,FM,\,A}$	amount of feed intake (fresh matter) in phase A (in kg pl^{-1}), see above
$\eta_{GE,\,A}$	GE content of feed in phase A, related to fresh matter (in MJ kg^{-1}), see below
$m_{F,\,FM,\,B}$	amount of feed intake (fresh matter) in phase B (in kg pl^{-1}), see above
$\eta_{GE,\,B}$	GE content of feed in phase B, related to fresh matter (in MJ kg^{-1}), see below
τ_{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.

Der GE-Gehalt des Futters in Phase A lässt sich anhand der Daten in Table 5.24 bestimmen (analog für Phase B):

$$\eta_{GE,\,A} = \frac{\eta_{ME,\,A}}{X_{ME,\,A}} \quad \textbf{(5.35)}$$

$\eta_{GE,\,A}$	GE content of feed in phase A, related to fresh matter (in MJ kg^{-1})
$\eta_{ME,\,A}$	ME content of feed in phase A, related to fresh matter (in MJ kg^{-1}), see Table 5.24
$X_{ME,\,A}$	metabolizability of feed in phase A (in MJ MJ^{-1})

The GE content of the feed used in single-phase feeding is calculated by analogy.

Der GE-Gehalt des Futters bei einphasiger Fütterung wird analog berechnet.

5.5.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

CH_4 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 $x_{CH4,\,GE}$ as input.

The source of the national methane conversion factor of 0.0046 MJ MJ^{-1} is DÄMMGEN ET. AL. (2012C). (IPCC(2006) does not provide a methane conversion factor for pigs.)

Die CH_4-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Tier-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.5.3) mithilfe des Methanumwandlungsfaktors $x_{CH4,\,GE}$ berechnet.

Der nationale Methanumwandlungsfaktor von 0,0046 MJ MJ^{-1} ist DÄMMGEN ET. AL. (2012C) entnommen. (IPCC(2006) gibt keinen entsprechenden Faktor an.)

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.

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 Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

5.5.5 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdüngermanagement

A Tier 2 approach is used to treat CH_4 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.

Zur Bestimmung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Tier-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.

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^{-1} while the national mean of the ash content is 0,056 kg kg^{-1} (related to dry matter).

Maximum methane producing capacity B_o 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.

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^{-1}, das nationale Mittel des Aschegehaltes liegt im Jahr 2010 bei 0,056 kg kg^{-1} (bezogen auf die Futtertrockenmasse).

Maximale Methan-Freisetzungskapazität B_o und Methanumwandlungsfaktoren (*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_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

5.5.6 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 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_{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.

5.5.7.1 N and TAN excretion / N- und TAN-Ausscheidung

The amount of N taken in with feeds is calculated for typical diet composition and rations in accordance with performance data. The amount of N retained is subtracted.

The following equation shows the calculation scheme for two-phase feeding as used as an approximation of multiphase feeding, see Chapter 5.5.3. The equation can also be applied to one-phase feeding by omitting the term for phase B.

Die mit dem Futter aufgenommene N-Menge wird für typische Futterzusammensetzungen und -mengen leistungsbezogen berechnet. Hiervon wird die im Körper verbleibende N-Menge abgezogen.

Die nachfolgende Gleichung zeigt das Berechnungsschema für eine Zwei-Phasen-Fütterung, wie sie als Approximation der Mehrphasenfütterung verwendet wird, siehe Kapitel 5.5.3. Die Gleichung kann auch für Ein-Phasen-Fütterung angewendet werden, indem der Summand für Phase B weggelasen wird.

$$m_{\mathrm{excr}} = \frac{\alpha}{\tau_{\mathrm{fp}}} \cdot (m_{\mathrm{F,\,FM,\,A}} \cdot x_{\mathrm{N,\,A}} + m_{\mathrm{F,\,FM,\,B}} \cdot x_{\mathrm{N,\,B}} - \Delta w_{\mathrm{fp}} \cdot x_{\mathrm{N,\,pig}}) \quad \textbf{(5.36)}$$

m_{excr} amount of nitrogen excreted (in kg pl^{-1} a^{-1})
α time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})

τ_{fp}	duration of fattening (in d), see Chapter 5.5.1.3
$m_{F, FM, A}$	amount of feed intake (fresh matter) in phase A within one production cycle (in kg pl^{-1}), see Chapter 5.5.3
$m_{F, FM, B}$	amount of feed intake (fresh matter) in phase B within one production cycle (in kg pl^{-1}), see Chapter 5.5.3
$x_{N, A}$	N content of feed in phase A, related to fresh matter (in kg kg^{-1}), derived from the XP content given in Table 5.24
$x_{N, B}$	N content of feed in phase B, related to fresh matter (in kg kg^{-1}), derived from the XP content given in Table 5.24
Δw_{fp}	total weight gain during fattening (in kg an^{-1})
$x_{N, pig}$	nitrogen content of a pig's body ($x_{N, pig}$ = 0.0256 kg kg^{-1}) (LFL, 2004a)

The TAN content of the N excretions is calculated according to Chapter 3.3.3.2.

Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet.

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 5.25Table 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^{-1} d^{-1}	dry matter (DM) kg pl^{-1} d^{-1}	N input (in DM) kg pl^{-1} d^{-1}	TAN kg pl^{-1} d^{-1}
plane floor with bedding	planbefestigter Boden mit Einstreu	0.3 [a]	0.26	$1.5 \cdot 10^{-3}$	$0.75 \cdot 10^{-3}$
deep bedding	Tiefstreu	1.0 [b]	0.86	$5.0 \cdot 10^{-3}$	$2.50 \cdot 10^{-3}$

[a] expert judgement EURICH-MENDEN B/KTBL on the basis of housing system MS0007 in KTBL (2006a)
[b] 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_3 emission factors for housing can be found in Chapter 5.2.2.1.

The mitigation of NH_3 emissions by air scrubbers is taken into account, see Chapter 3.4.5.2.

Die NH_3-Emissionsfaktoren für Ställe finden sich im Kapitel 5.2.2.1.

Die Minderung von NH_3-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_3, N_2O, NO and N_2 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_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die Emissionsfaktoren NH_3, N_2O, NO und N_2 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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

5.5.7.6 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirect N_2O 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.)

(Indirekte N_2O-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 see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

(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 siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

(Unsicherheiten für Weidegang bei Schweinen sind nicht erforderlich, da das Inventar keinen Freilandaufenthalt 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, 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 Minderung von Partikelemissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. 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^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
all types	alle Systeme	1.05	0.14	0.006
Source: EMEP(2019)-3B-19, Table 3.5				

5.5.9 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 5.27: Fattening pigs, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.012	
		CH_4 manure management	EM1005.012	
		NMVOC	EM1007.012	
		NH_3	EM1009.034	EM1009.036
		N_2O	EM1009.105	
		NO	EM1009.136	
		TSP	EM1010.012	
		PM_{10}	EM1010.043	
		$PM_{2.5}$	EM1010.074	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.012	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.012	
		CH_4 manure management	IEF1005.012	
		NMVOC	IEF1007.012	
		NH_3	IEF1009.031	IEF1009.033
		N_2O	IEF1009.098	
		NO	IEF1009.127	
		TSP	IEF1010.011	
		PM_{10}	IEF1010.040	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.069	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.064	AI1005PSH.095
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.056	EXCR.060

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_4	enteric fermentation	2	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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. For the uncertainty of the animal numbers see Chapter 5.1.2.

Tierzahlen werden von den Statistischen Landesämtern bereitgestellt (StatLA C III 1 – vj 4) und sind ohne Umrechnung verwendbar. Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 5.1.2.

$$n_{\mathrm{bo}} = n_{\mathrm{V}} \tag{5.37}$$

n_{bo} number of boars
n_{V} animal numbers of type V in the German census (see Table 5.1)

5.6.1.2 *Animal weight / Tiergewicht*

The mean boar weight is assumed to be 200 kg an^{-1} (expert judgement, see Haenel et al., 2011a).

Due to the simple calculation methodology for emissions from breeding boars, the boar weight is not used in those calculations.

Das mittlere Ebergewicht wird nach Expertenurteil (siehe Haenel et al., 2011a) mit 200 kg an^{-1} angesetzt.

Aufgrund der einfachen Berechnungsmethodik für die Emissionen aus der Zuchteberhaltung geht das Ebergewicht nicht in die Berechnungen 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 pl^{-1} d^{-1}, GfE (2006), pg. 84, recommends a range of 30 to 35 MJ pl^{-1} d^{-1}. A rough estimate based on the data provided in GfE (2006), pg. 83, and the use of ME calculation approach for fattening pigs (see Chapter 5.5.2) indicates that the value of 35 MJ pl^{-1} d^{-1} better matches a mean boar weight of 200 kg an^{-1} than 30 MJ pl^{-1} d^{-1}. Hence the inventory assumes daily ME requirements of 35 MJ pl^{-1} d^{-1} leading to cumulative annual ME requirements of 12775 MJ pl^{-1} a^{-1}.

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 Offizialstatistik 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 pl^{-1} d^{-1} empfiehlt, wird in GfE (2006), S. 84, ein Bereich von 30 bis 35 MJ pl^{-1} d^{-1} angegeben. Eine Überschlagsrechnung mithilfe der in GfE (2006), S. 83, angegebenen Daten und der Berechnungsmethode für Mastschweine (siehe Kapitel 5.5.2) zeigt, dass ein Wert von 35 MJ pl^{-1} d^{-1} besser zu einem Ebergewicht von 200 kg an^{-1} passt als 30 MJ pl^{-1} d^{-1}. Das Inventar geht daher von 35 MJ pl^{-1} d^{-1} aus, was zu einem kumulativen ME-Bedarf von 12775 MJ pl^{-1} a^{-1} führt.

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.

Since the input data are the same for all years of the time series, there is a uniform daily dry matter intake of 2.7 kg pl^{-1} d^{-1} and a daily GE intake GE_{bo} of 44 MJ pl^{-1} d^{-1}.

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.

Da die Eingangsdaten für alle Jahre der Zeitreihe gleich sind, ergibt sich für alle Jahre einheitlich eine tägliche Trockenmasseaufnahme von 2,7 kg pl^{-1} d^{-1} sowie eine tägliche GE-Aufnahme GE_{bo} von 44 MJ pl^{-1} d^{-1}.

5.6.4 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

CH_4 from enteric fermentation is calculated according to a Tier 2 method (see Chapter 3.3.2) that needs the gross energy intake (see Chapter 5.6.3) and the methane conversion factor $x_{CH4, GE}$ as input.

The source of the national methane conversion factor of 0.0071 MJ MJ^{-1} is DÄMMGEN ET. AL. (2012C). (IPCC(2006) does not provide a methane conversion factor 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.

Die CH_4-Emission aus der Verdauung wird mit dem in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Tier-2-Verfahren aus der Gesamtenergie-Aufnahme (siehe Kapitel 5.6.3) mithilfe des Methanumwandlungsfaktors $x_{CH4, GE}$ berechnet.

Der nationale Methanumwandlungsfaktor von 0,0071 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 Tier-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_4 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_o 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 digestability 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^{-1}, the national mean ash content (related to dry matter) amounts to 0.056 kg kg^{-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.

Zur Bestimmung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird ein Tier-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_o und Methanumwandlungsfaktoren (*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^{-1} und der Aschegehalt mit 0,056 kg kg^{-1} (bezogen auf die Futtertrockenmasse) angesetzt.

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 Tier-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 the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

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_{org} and TAN as well as the frequency distributions of housing types and storage facilities, spreading techniques and times before incorporation.

Die Berechnung der Emissionen beruht auf der Kenntnis der N-Ausscheidungen (Mengen und Orte), der N-Einträge mit Stroh, der Umwandlungen von N_{org} und TAN, der Häufigkeit von Stalltypen, Lagertypen, Ausbringungstechniken und Einarbeitungszeiten.

5.6.7.1 N and TAN excretion / N-und TAN-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 TAN content of the N excretions is calculated according to Chapter 3.3.3.2.

Since the input data are the same for all years of the time series, there is a uniform N excretion of 27.8 kg pl^{-1} a^{-1} and a TAN content of around 83% for all years.

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.

Der TAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet.

Da die Eingangsdaten für alle Jahre der Zeitreihe gleich sind, ergibt sich für alle Jahre einheitlich eine N-Ausscheidung von 27,8 kg pl^{-1} a^{-1} und ein TAN-Gehalt von rund 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^{-1} d^{-1} or $2.5 \cdot 10^{-3}$ kg N $(pl \cdot d)^{-1}$ (or $1.25 \cdot 10^{-3}$ kg TAN $(pl \cdot d)^{-1}$, 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^{-1} d^{-1} Strohfrischmasse bzw. $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ kg N $(pl \cdot d)^{-1}$ oder $1{,}25 \cdot 10^{-3}$ kg TAN $(pl \cdot d)^{-1}$.

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_3 emission factors for housing can be found in Chapter 5.2.2.1.

Die NH_3-Emissionsfaktoren für Ställe finden sich im Kapitel 5.2.2.1.

5.6.7.5 Emissions from storage and spreading / Emissionen aus Lager und Ausbringung

The emission factors for NH_3, N_2O, NO and N_2 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_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

5.6.7.6 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-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 see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

(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 siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

(Unsicherheiten für Weidegang bei Schweinen sind nicht erforderlich, da das Inventar keinen Freilandaufenthalt 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 (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.013	
		CH_4 manure management	EM1005.013	
		NMVOC	EM1007.013	
		NH_3	EM1009.037	EM1009.039
		N_2O	EM1009.106	
		NO	EM1009.137	
		TSP	EM1010.013	
		PM_{10}	EM1010.044	
		$PM_{2.5}$	EM1010.075	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.014	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.013	
		CH_4 manure management	IEF1005.013	
		NMVOC	IEF1007.013	
		NH_3	IEF1009.034	IEF1009.036
		N_2O	IEF1009.099	
		NO	IEF1009.128	
		TSP	IEF1010.012	
		PM_{10}	IEF1010.041	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.070	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.096	AI1005PSH.124
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.061	EXCR.065

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, 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 describend 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.

The percentage of pregnant pigs in the population to be reported indicates the proportion of pregnant sows. Averaging over the entire pig population would not make sense.

Schweine sind zusammengefasst als eine Kategorie zu berichten.

Die Aggregierung 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, die Aggregierung allein auf die Daten der vier Berichtskategorien Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine und Eber zu stützen.

Gesamtemissionen und Einstreumengen werden dabei durch jeweilige Addition berechnet. Auf die Aggregierung von emissionserklärenden Daten geht Kapitel 5.7.2 ein.

Damit verbunden ist eine Definition der im Inventar zu berichtenden Schweinegesamtzahl, die von der offiziellen Schweinegesamtzahl abweicht, siehe Kapitel 5.7.1.

Der zu berichtende prozentuale Populationsanteil trächtiger Schweine gibt den Anteil der trächtigen Sauen an. Eine Mittelung über den gesamten Schweinebestand wäre nicht sinnvoll.

5.7.1 Animal numbers /Tierzahlen

The total number of all pigs reported from the German census is given by:

Die Summe aller Schweine aus der amtlichen Statistik ist wie folgt gegeben:

$$n_{\text{pigs,official}} = n_{\text{M}} + n_{\text{N}} + n_{\text{O}} + n_{\text{P}} + n_{\text{Q}} + n_{\text{R}} + n_{\text{S}} + n_{\text{T}} + n_{\text{U}} + n_{\text{V}} \tag{5.38}$$

n_{M} etc. number of animals in census subcategory M, etc. (see Table 5.1)

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:

$$n_{\text{pigs,inventory}} \begin{cases} = (n_{\text{M}} - n_{\text{sp}}) + n_{\text{N}} + n_{\text{O}} + n_{\text{P}} + n_{\text{Q}} + n_{\text{R}} + n_{\text{S}} + n_{\text{T}} + n_{\text{U}} + n_{\text{V}} \\ = n_{\text{so}} + n_{\text{we}} + n_{\text{fp}} + n_{\text{bo}} \end{cases} \tag{5.39}$$

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 / Aggregierung von IEF und Tiercharakteristika

For the aggregation of the animal category “pigs” the mean values of the following quantities are calculated:

Für die Aggregierung der Kategorie „Schweine“ 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 ecretions
- N excretions
- relative content of TAN in N excretions
- Methane conversion factor, enteric fermentation ($x_{CH4, GE}$)
- digestibility of organic matter (X_{DOM})
- digestibility of energy (X_{DE})
- ash conten 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 expilicitly 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 an 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.

- Emissionsfaktoren (IEF)
- Tiergewicht
- Aufnahme von Futter-Trockenmasse (DM)
- Aufnahme von Futter-Gesamtenergie (GE)
- VS-Ausscheidung
- N-Ausscheidung
- Relativer TAN-Gehalt der N-Ausscheidung
- Methanumwandlungsfaktor, Verdauung ($x_{CH4, GE}$)
- Verdaulichkeit organischer Substanz (X_{DOM})
- Verdaulichkeit von Energie (X_{DE})
- Aschegehalt des Futters (x_{ash})
- relative Wirtschaftsdüngersysteme-Anteile
- Methanumwandlungsfaktor, 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 berücksichtig 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 Tierzählungsstatistik 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 4.3.9.)

In Table 5.30 a comparison is made of implied emission factors (IEF) and emission explaining variables.

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleurpäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.9.)

Table 5.30 vergleicht die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärende Variablen.

Only five countries (including Germany) report the animal weight, although the high Danish value is probably not an average for all pigs but the mean final weight of fattening pigs. There are even only three entries for GE reporting (including Germany). In both cases the German values are on a plausible level.

Nur fünf Länder (einschließlich Deutschland) berichten das Tiergewicht, wobei der hohe dänische Wert vermutlich kein Mittelwert für alle Schweine ist, sondern das mittlere Endgewicht von Mastschweinen. Zur GE-Aufnahme finden sich sogar nur drei Angaben (Deutschland einschließlich). In beiden Fällen liegen die deutschen Werte auf einem plausiblen Niveau.

Table 5.30: Pigs, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM)

	mean animal weight	GE intake	VS excretion	N excretion	IEF			
					$CH_{4, ent}$	$CH_{4, MM}$	NH_3 (without spreading)	direct N_2O (without spreading)
	kg an^{-1}	kg pl^{-1} d^{-1}	kg pl^{-1} d^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria	NA	NA	0.30	9.31	1.50	1.15	2.06	0.046
Belgium	63.06	NE	0.22	9.22	1.50	4.46	2.29	0.031
Czech Republic	63.00	NA	NA	15.64	1.50	6.30	2.95	0.071
Denmark	113.00	38.84	0.18	7.67	1.08	3.47	1.17	0.064
France	64.32	NE	0.19	9.36	0.74	4.20	2.92	0.004
Germany	**63.64**	**35.75**	**0.31**	**13.26**	**1.16**	**4.17**	**4.11**	**0.073**
Netherlands	NA	NA	0.40	14.33	1.50	5.52	1.84	0.025
Poland	NA	n/a	0.31	10.75	1.50	1.58	2.61	0.078
Switzerland	NA	26.50	0.31	9.34	1.04	4.10	3.28	0.022
United Kingdom	NE	NE	0.25	10.27	1.50	5.20	2.66	0.176
Median			**0.30**	**9.82**	**1.50**	**4.18**	**2.64**	**0.055**
IPCC (2006)-10.15, 10.21, 10.28, 10.59, 10.80, 10.81, Western Europe, cool region, 10°C/11°C [a]		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 (2019)-3B-16, 31				sows 34.5 / fatteners 12.1			sows 9.3[b] to 17.7 / fatteners 4 to 5.4	

Sources: Germany: Submission 2021; all other countries (except for Austrian NH_3 IEF): UNFCCC (2020), CRF Tables; CEIP (2020), NFR; Austrian NH_3 IEF: (CEIP, 2019), NFR
n/a, NA, NE: No data available for different reasons
[a] IPCC N excretions: calculated using IPCC default animal weights (50 kg for fatteners and 198 kg for sows)
[b] outdoors

The German VS excretions are just above the median. Germany's N excretions, on the other hand, are about a third above the median.

All countries except Denmark, Germany, France and Switzerland use the IPCC default value for the CH_4 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_4 from manure management is close to the median.

For the NH_3 IEF (manure managemenment without spreading) Germany reports the highest value (56% above the median). This is essentially a consequence of the comparatively high N excretions (see above).

For direct N_2O from manure management, the reported data scatter widely. The German IEF is 32 % above the median, which is in line with Czech Republic and Poland.

Die deutschen VS-Ausscheidungen liegen knapp über dem Median. Die deutschen N-Ausscheidungen liegen dagegen um rund ein Drittel über über dem Median.

Beim IEF für CH_4 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_4 aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegt nahe am Median.

Beim NH_3-IEF für das Wirtschaftsdünger-Management (ohne Ausbringung) berichtet Deutschland den höchsten Wert (56 % über dem Median). Dies ist im Wesentlichen eine Folge der vergleichsweise hohen N-Ausscheidungen (siehe oben).

Für direktes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management zeigt sich eine große Streuung. Der deutsche IEF liegt 32 % über dem Median, größenordnungsmäßig passend zu Tschechien und Polen.

Table 5.31 shows the IEFs of TSP, PM and NMVOC. The German TSP-IEF is 32% above the median. Germany is at the median level for PM_{10}, and around 10% below the median for $PM_{2.5}$. The German NMVOC-IEF is 18% above the median.

Table 5.31 zeigt die IEFs von TSP, PM und NMVOC. Der deutsche TSP-IEF liegt 32 % über dem Median. Bei PM_{10} befindet sich Deutschland auf dem Niveau des Medians, bei $PM_{2,5}$ rund 10 % unter dem Median. Der deutsche NMVOC-IEF liegt 18 % über dem Median.

Table 5.31: Pigs, 2018, international comparison of implied emission factors of TSP, PM and NMVOC

	IEF_{TSP}	IEF_{PM10}	$IEF_{PM2.5}$	IEF_{NMVOC}
	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria	0.094	0.042	0.009	0.38
Belgium	0.625	0.093	0.006	0.26
Czech Republic	0.782	0.116	0.005	0.65
Denmark	0.313	0.097	0.004	0.99
France	0.570	0.253	0.048	IE
Germany	**0.787**	**0.115**	**0.005**	**0.65**
Netherlands	0.133	0.133	0.006	0.52
Poland	1.018	0.142	0.006	0.64
Switzerland	0.437	0.101	0.004	0.55
United Kingdom	0.790	0.118	0.005	0.43
Median	**0.598**	**0.115**	**0.006**	**0.55**
EMEP (2019)-3B-18, 19	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 2021; Austria: CEIP (2019), NFR; all other countries: CEIP (2020), NFR, calculated from original data
IE: data included elsewhere

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 (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.014	
		CH_4 manure management	EM1005.014	
		NMVOC	EM1007.014	
		NH_3	EM1009.040	EM1009.042
		N_2O	EM1009.107	
		NO	EM1009.138	
		TSP	EM1010.014	
		PM_{10}	EM1010.045	
		$PM_{2.5}$	EM1010.076	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.014	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.014	
		CH_4 manure management	IEF1005.014	
		NMVOC	IEF1007.014	
		NH_3	IEF1009.037	IEF1009.039
		N_2O	IEF1009.100	
		NO	IEF1009.129	
		TSP	IEF1010.13	
		PM_{10}	IEF1010.042	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.071	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.125	AI1005PSH.156
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.061	EXCR.065

6 Small ruminants / Kleine Wiederkäuer

The term “small ruminants” comprehends sheep and goats. The inventory reports about both species separately. However, calculation procedures are similar.

Die Gruppe der kleinen Wiederkäuern umfasst Schafe und Ziegen. Im Inventar wird über beide Arten getrennt berichtet; die Rechenverfahren sind ähnlich.

6.1 Animal numbers / Tierzahlen

6.1.1 Formation of subcategories / Untergliederung in Subkategorien

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 “adult sheep” (Chapter 6.3) and “lambs” (Chapter 6.4) which reflects different excretion rates. For goats (Chapter 6.6), such a subdivision is not possible because only numbers of the total population are available.

The results of adult sheep and lambs are aggregated into results for the overall "sheep" category to be reported (Chapter 6.5).

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“ (Kapitel 6.3) und „Lämmer“ (Kapitel 6.4). Für Ziegen (Kapitel 6.6) ist eine solche Unterteilung nicht möglich, da nur Zahlen zur Gesamtpopulation verfügbar sind.

Die Ergebnisse von erwachsenen Schafen und Lämmern werden zu Ergebnisse für die zu berichtende Gesamtkategorie „Schafe“ aggregiert (Kapitel 6.5).

6.1.1.1 *Sheep numbers / Schafzahlen*

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 lambes 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.

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 Invenar verwendeten Schafzahlen ab 2010 korrigiert.

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 berechnet. Die Korrektur wird für jedes Bundesland mit den genannten mittleren Verhältniszahlen durchgeführt:

$$\boldsymbol{n_{\mathrm{sh}} = n_{\mathrm{sh}} / x_{\mathrm{ew/sh}}} \quad \textbf{(6.1)}$$

$$\boldsymbol{n_{\mathrm{la}} = n_{\mathrm{sh}} \cdot x_{\mathrm{la/sh}}} \quad \textbf{(6.2)}$$

$$\boldsymbol{n_{\mathrm{as}} = n_{\mathrm{sh}} - n_{\mathrm{la}}} \quad \textbf{(6.3)}$$

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 an^{-1})
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 an^{-1})
n_{as}	total number of adult sheep in the years from 2010 onwards

6.1.1.2 *Goat numbers / Ziegenzahlen*

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 2017 goat number was estimated by extrapolation.

The gota numbers represent the total goat population. A subdivision into adult goats and goat lambs is not possible.

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 Ziegenzahl für 2017 wurde durch Extrapolation geschätzt.

Die Ziegenzahlen umfassen die Gesamtpopulation. Eine Aufteilung in erwachsene Ziegen und Ziegenlämmer ist nicht möglich.

6.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten

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 % confidenz interval amounts to 10 %. A normal distribution is assumed.

The goat 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 unvertainties the inventory assumes a standard error of 10 %. In accordance half the 95 % confidence interval is fixed to 20 % (normal distribution).

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 Angaben zu den Ziegenzahlen 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).

6.2 Parameters common to all small ruminants / Gemeinsame Parameter für alle kleinen Wiederkäuer

6.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftdünger-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_o and the storage-specific methane conversion factor *MCF* where *MCF* gives the fraction of B_o that is typically produced in the various storage systems.

For the values of B_o and *MCF* see Table 6.1. Note the different B_o values for sheep and goats.

Die Entstehung von Methan aus der Wirtschaftsdüngerlagerung wird im Emissionsinventar durch zwei Parameter charakterisiert (siehe Kapitel 3.3.4.1): Die tierspezifische maximale Methan-Bildungsrate B_o und den lagerspezifischen Methanumwandlungsfaktor *MCF*, der angibt, welcher Anteil von B_o in den verschiedenen Lagerungssystemen tatsächlich produziert wird.

Zu den Werte siehe Table 6.1. Zu beachten ist, dass für Schafe und Ziegen unterschiedliche B_o-Werte gelten.

Table 6.1: Sheep and goats, maximum methane producing capacity (B_o) and methane conversion factors (*MCF*) for German temperature conditions

B_o of sheep	B_o von Schafen	0.19 [b]	m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$
B_o of goats	B_o von Ziegen	0.18 [b]	m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$
MCF storage type solid manure (heap)	*MCF* Lagerungsart Festmist (Misthaufen)	0.02 [a]	m^3 m^{-3}
MCF pasture	*MCF* Weide	0.01 [a]	m^3 m^{-3}

[a] IPCC(2006)-10.44 ff; [b] IPCC(2006)-10.82

German data on the uncertainty of CH_4 emissions from manure management of sheep and goats 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 1 approaches to be 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.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der CH4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management von Schafen und Ziegen liegen nicht vor. Hinsichtlich der Unsicherheit des berechneten Emissionsfaktors ist zu berücksichtigen, dass das Rechenverfahren Default-VS-Ausscheidungen verwendet. Es ist also eher ein Tier-1- als ein Tier-2-Verfahren. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-1-Verfahren auf 30 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

6.2.2 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The emission calculations are carried out separately for adult sheep, lambs and goats (see Chapters 6.3, 6.4 and 6.6). However, the same emission factors are used.

According to EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9, the TAN related NH_3 emission factors are: for housing 0.22 kg kg^{-1}; for storage 0.32 kg kg^{-1} for sheep and 0.28 kg kg^{-1} for goats. The N_2O-N emission factor for "housing + storage" is 0,005 kg kg^{-1} (IPCC (2006)-10.62). According to Chapter 3.3.4.3.5, the emission factors for NO-N and N_2 are calculated as 0.0005 and 0.015 kg kg^{-1}, respectively. The emission factors for N_2O-N, NO-N and N_2 are multiplied with the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

For the origin of the data on the frequencies of the different techniques of soild manure spreading see Chapter 3.4.3. The associated emission factors are those used for cattle and pigs, see Chapters 4.2.2.3 and 5.2.2.3.

For grazing the NH_3 emission factor is 0.09 kg kg^{-1}, related to TAN excreted (EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9). For N_2O and NO emissions from animal excreta dropped during grazing see Chapter 11.5.

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Indirect N_2O emissions from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Die Emissionsberechnungen erfolgen für erwachsene Schafe, Lämmer und Ziegen getrennt (siehe Kapitel 6.3, 6.4 und 6.6), aber mit den gleichen Emissionsfaktoren.

Nach EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9, betragen die auf TAN bezogenen NH_3-Emissionsfaktoren für den Stall 0,22 kg kg^{-1} und für das Lager bei Schafen 0,28 kg kg^{-1} und bei Ziegen 0,28 kg kg^{-1}. Der N_2O-N Emissionsfaktor für Stall und Lager zusammen beträgt 0,005 kg kg^{-1} (IPCC (2006)-10.62). Nach Kapitel 3.3.4.3.5 berechnen sich die Emissionsfaktoren für NO-N und N_2 zu 0,0005 bzw. 0,015 kg kg^{-1}. Die Emissionsfaktoren für N_2O-N, NO-N und N_2 werden mit der Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N multipliziert.

Zur Herkunft der Daten über die Häufigkeiten den verschiedenen Festmist-Ausbringungstechniken siehe Kapitel 3.4.3. Als Emissionsfaktoren werden die gleichen Werte wie für Rinder und Schweine verwendet, siehe Kapitel 4.2.2.3 und 5.2.2.3.

Für Weidegang beträgt der NH_3-Emissionsfaktor 0,09 kg kg^{-1} bezogen auf TAN (EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9). Zur Berechnung der N_2O- und NO-Emissionen infolge von Weidegang siehe Kapitel 11.5.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

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 6.2.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Im Inventar gelten gelten alle Schafe ab einem Alter von einem Jahr als erwachsene Schafe.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.2 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

Table 6.2: Adult sheep, calculation methods applied

Species	Origin	Tier	Method applied
CH_4	enteric fermentation	1	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

6.3.1 Animal weights / Tiergewichte

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_4 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.

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.

Schafgewichte werden in der verwendeten einfachen Emissionsberechnungsmethodik nicht benötigt. Allerdings werden für die Festlegung des Emissionsfaktors für CH_4 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.

Gewichte erwachsener Schafe finden sich in der landwirtschaftlichen Literatur, z. B. 40 – 70 kg für Schafe für die Zucht (KTBL, 2004, S. 423), and 70 kg für Mutterschafe (KTBL, 2004, S. 425). In Anbetracht dieser Werte wird das in IPCC (2006)-10.28 angegebene Schafgewicht von 65 kg für erwachsene Schafe übernommen.

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).

There is no national emission factor. The IPCC Tier 1 default emission factor of 8 kg CH_4 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_4 per place and year to be valid for adult German sheep.

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 Tier-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet.

Es gibt keinen nationalen Emissionsfaktor. Der IPCC-Tier-1 Default-Emissionsfaktor von 8 kg CH_4 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 Invenatr für erwachsene Schafe angewendet.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Tier-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_4 emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

The VS excretion of adult sheep is, according to German data, 0.53 kg VS per place and day (HAENEL and RÖSEMANN, 2018).

Methane producing capacity B_o and the Methane conversion factors *MCF* for the relevant storage systems are provided in Chapter 6.2.1. See also Chapter 6.2.1 for the uncertainty of CH_4 emissions from manure management.

CH_4 aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit einem Tier-2-Verfahren berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidung erwachsener Schafe wird nach deutschen Daten mit 0,53 kg VS pro Platz und Tag angesetzt (HAENEL und RÖSEMANN, 2018).

Zur maximalen Methan-Freisetzungskapazität B_o und den Methanumwandlungsfaktoren *MCF* für die relevanten Lagerverfahren sowie die Unsicherheit der der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.1.

6.3.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

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^{-1} a^{-1} is assumed for a ewe without lambs (KTBL, 2004, pg. 427). This value is also used for the other adult sheep.

A fraction of 50 % of the nitrogen excreted is assumed to be TAN (EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9).

For adult sheep, an amount of straw fresh matter of 0.4 kg pl^{-1} d^{-1} is used (VEREINIGUNG DEUTSCHER LANDESSCHAFZUCHTVERBÄNDE, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof). This corresponds to $2.0 \cdot 10^{-3}$ kg N $(pl \cdot a)^{-1}$ and $1{,}0 \cdot 10^{-3}$ kg TAN $(pl \cdot a)^{-1}$.. 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.

For the emission factors for NH_3, N_2O, NO and $_{N2}$ including the indirect N_2O emissions from Manure Management see Chapter 6.2.2.

NO emissions from manure management are reported (as NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Für ein Mutterschaf ohne Lämmer wird in Deutschland eine N-Ausscheidung von 10 kg pl^{-1} a^{-1} angesetzt (KTBL, 2004, S. 427). Dieser Wert wird auch für alle anderen erwachsenen Schafe verwendet.

Der TAN-Gehalt wird mit 50 % angenommen (EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9).

Die tägliche Einstreumenge wird für erwachsene Schafe mit 0,4 kg pl^{-1} d^{-1} Strohfrischmasse angesetzt (VEREINIGUNG DEUTSCHER LANDESSCHAFZUCHTVERBÄNDE, VDL, Landesverband Hessen, Mitteilung Rolf Lückhof). Dies entspricht $2{,}0 \cdot 10^{-3}$ kg N $(pl \cdot a)^{-1}$ und $1{,}0 \cdot 10^{-3}$ kg TAN $(pl \cdot a)^{-1}$. 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.

Zu den Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 einschließlich der indirekten N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

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 (2019)-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 a change in emissions only because of rounded emission factor values, the original emission factors provided by EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, were kept, see Table 6.3.

Zur Berechnungsmethode für Partikelemissionen wird auf Kapitel 3.3.4.5 verwiesen.

Die von EMEP (2019)-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 eine Emissionsänderung zu vermeiden, die nur auf der Rundung der Emissionsfaktoren beruht, werden die ursprünglichen Emissionsfaktoren aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, beibehalten, s. Table 6.3.

For the uncertainty of the emission factors see Chapter 3.3.4.5.

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^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	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 (see Chapter 2.4)

			from	To
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.015	
		CH_4 manure management	EM1005.015	
		NMVOC	EM1007.015	
		NH_3	EM1009.043	EM1009.045
		N_2O	EM1009.108	
		NO	EM1009.139	
		TSP	EM1010.015	
		PM_{10}	EM1010.046	
		$PM_{2.5}$	EM1010.077	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.018	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.015	
		CH_4 manure management	IEF1005.015	
		NMVOC	IEF1007.015	
		NH_3	IEF1009.040	IEF1009.042
		N_2O	IEF1009.101	
		NO	IEF1009.130	
		TSP	IEF1010.014	
		PM_{10}	IEF1010.043	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.072	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.157	AI1005PSH.168
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.071	EXCR.073

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 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_4	enteric fermentation	1	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

6.4.1 Animal weights / Tiergewichte

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_4 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^{-1} for extensive pasturing and 400 g d^{-1} 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_4 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^{-1} für extensive Weidehaltung und 400 g d^{-1} 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).

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), Chapter 6.4.2, the emission factor is 3.6 kg CH_4 (pl · 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 ± 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 Tier-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet. Der Emissionsfaktor wird nach RÖSEMANN et al. (2017), Kapitel 6.4.2, mit 3,6 kg CH_4 (pl · a)$^{-1}$ angesetzt.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Tier-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

CH_4 emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

The VS excretion of lambs is, according to German data, 0.21 kg VS per place and day (HAENEL and RÖSEMANN, 2018).

Methane producing capacity B_o and the Methane conversion factors *MCF* for the relevant storage systems are provided in Chapter 6.2.1. See also Chapter 6.2.1 for the uncertainty of CH_4 emissions from manure management.

Zur Berechnung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Tier-2-Verfahren verwendet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

Die VS-Ausscheidung von Lämmern wird nach deutschen Daten mit 0,21 kg VS pro Platz und Tag angesetzt (HAENEL und RÖSEMANN, 2018).

Zur maximalen Methan-Freisetzungskapazität B_o und den Methanumwandlungsfaktoren *MCF* für die relevanten Lagerverfahren sowie die Unsicherheit der der CH4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.1.

6.4.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 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 kg N (pl · a)$^{-1}$, while grazing lambs excrete 5 kg N (pl · a)$^{-1}$. The inventory uses the mean of these data (4 kg N (pl · a)$^{-1}$.

50 % of the N excreted is assumed to be TAN (EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9).

For lambs, an amount of straw fresh matter of 0.16 kg pl^{-1} d^{-1} is used (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof). This corresponds to $0.8 \cdot 10^{-3}$ kg N (pl · a)$^{-1}$ and $0.4 \cdot 10^{-3}$ kg TAN (pl · a)$^{-1}$.

For the properties of straw and the mineralization of organic N to TAN see Chapter 3.3.4.3.2.

For the emission factors for NH_3, N_2O, NO and $_{N2}$ including the indirect N_2O emissions from Manure Management see Chapter 6.2.2.

NO emissions from manure management are reported (as NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Nach KTBL (2004), S. 427, scheiden Lämmer in Intensivmast 3 kg N (pl · a)$^{-1}$ aus, Lämmer mit Weidemast 5 kg N (pl · a)$^{-1}$. Das Inventar rechnet mit einer mittleren Ausscheidungsrate von 4 kg N (pl · a)$^{-1}$.

50 % der N-Ausscheidungen werden als TAN angesehen (EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9).

Die tägliche Einstreumenge wird für Lämmer mit 0,16 kg pl^{-1} d^{-1} Strohfrischmasse angesetzt (Vereinigung deutscher Landesschafzuchtverbände, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof). Dies entspricht $0,8 \cdot 10^{-3}$ kg N (pl · a)$^{-1}$ und $0,4 \cdot 10^{-3}$ kg TAN (pl · 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 den Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 einschließlich der indirekten N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

6.4.6 Emissions of particulate matter / Partikelemissionen

The method to calculate particle emissions is described in Chapter 3.3.4.50.

Emissions of particulate matter mainly originate from feeding (EMEP (2019)-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 6.6.

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.

Partikelemissionen stammen hauptsächlich aus der Fütterung (EMEP (2019)-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 6.6.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.50.

Table 6.6: Lambs, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
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 6.7: Lambs, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	To
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.016	
		CH_4 manure management	EM1005.016	
		NMVOC	EM1007.016	
		NH_3	EM1009.046	EM1009.048
		N_2O	EM1009.109	
		NO	EM1009.140	
		TSP	EM1010.016	
		PM_{10}	EM1010.047	
		$PM_{2.5}$	EM1010.078	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.019	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.016	
		CH_4 manure management	IEF1005.016	
		NMVOC	IEF1007.016	
		NH_3	IEF1009.046	IEF1009.048
		N_2O	IEF1009.102	
		NO	IEF1009.131	
		TSP	IEF1010.015	
		PM_{10}	IEF1010.044	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.073	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.169	AI1005PSH.180
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.074	EXCR.076

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 inevntory. 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:

Die N-Ausscheidungen von erwachsenen Schafen und Lämmern werden gewichtet gemittelt:

$$m_{\text{excr, mean, sh}} = \frac{n_{\text{as}} \cdot m_{\text{excr, mean, as}} + n_{\text{la}} \cdot m_{\text{excr, mean, la}}}{n_{\text{as}} + n_{\text{la}}} \quad \textbf{(6.4)}$$

$m_{\text{excr, mean, sh}}$	amount of N excreted by sheep (in kg pl^{-1} a^{-1} N)
$m_{\text{excr, mean, as}}$	amount of N excreted by adult sheep (in kg pl^{-1} a^{-1} N)
n_{as}	number of adult sheep (in pl)
$m_{\text{excr, mean, la}}$	amount of N excreted by lambs (in kg pl^{-1} a^{-1} N)
n_{la}	number of lambs (in pl)

VS excretions are calculated by analogy.

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 4.3.9.)

Table 6.8 shows a comparison of the reproted data.

Not all countries report the mean weight of sheep. With the exception of the comparatively high Danish value, the reported weight values are 50 kg (including the German value) or approximately at this level. The IPCC default animal weights for Tier 1 and Tier 2 methodology are inconsistent.

With the VS excretions, likewise, not all countries do report data. Germany is about the same level as Austria and Switzerland.

The N excretions show a large range. Germany is 14% below the median.

As to CH_4 from enteric fermentation some countries use the IPCC default emission factor of 8 kg pl^{-1} a^{-1}. 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^{-1} a^{-1}. Weighted averaging over all Ger-

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleurpäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.9.)

Table 6.8 zeigt die Vergleichsdaten.

Nicht alle Länder berichten das mittlere Schafsgewicht. Mit Ausnahme des vergleichsweise hohen dänischen Wertes betragen die berichteten Gewichtswerte 50 kg (u. a. auch der deutsche Wert) oder liegen ungefähr auf diesem Niveau. Die IPCC-Default-Tiergewichte für Tier-1- und Tier-2-Methodik sind inkonsistent.

Auch bei den VS-Ausscheidungen berichten nicht alle Länder. Deutschland liegt hier ungefähr auf dem Niveau von Österreich und der Schweiz.

Die N-Ausscheidungen streuen breit. Deutschland liegt hier 14 % unter dem Median.

Bei CH_4 aus der Verdauung verwenden einige Länder den IPCC-Default-Emissionsfaktor von 8 kg pl^{-1} a^{-1}. Dieser Tier-1-EF wird von Deutschland ebenfalls verwendet, allerdings nur für erwachsene Schafe. Für Lämmer beträgt der deutsche EF 3,6 kg pl^{-1} a^{-1}. Daher gehört der

man sheep including lambs yields an overall emission factor that is located in the lower range of the values presented in Table 6.8.

The range of the IEF values for CH4 from manure management extends over an order of magnitude. Germany is 43% above the median and close tot he values of Austria and France.

The NH3 emission factors even spread over almost two orders of magnitude. The German value is in the middle range (approx. 17% above the median).

Also the IEF values for direct N_2O from manure management extend over more than one order of magnitude.

The German value, together with the Danish value, is at the median level.

über Lämmer und erwachsene Schafe gemittelte deutsche EF zu den niedrigeren EFs im Bereich der Vergleichswerte.

Die IEF-Werte für CH_4 aus dem Wirtschaftsdünger-Management erstrecken sich über eine Größenordnung. Deutschland liegt 43 % über dem Median und dabei in der Nähe der Werte von Österreich und Frankreich.

Die NH_3-Emissionsfaktoren streuen sogar über fast zwei Größenordnungen. Der deutsche Wert liegt im mittleren Bereich (ca. 17 % über dem Median).

Auch der IEF für direktes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management streut über mehr als eine Größenordnung. Der deutsche Wert liegt zusammen mit dem dänischen Wert auf dem Niveau des Medians.

Table 6.8: Sheep, 2018, 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			
				$CH_{4,\ ent}$	$CH_{4,\ MM}$	NH_3 (without spreading)	direct N_2O (without spreading)
	kg an^{-1}	kg pl^{-1} d^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria	NA	0.40	13.10	8.00	0.31	2.42	0.067
Belgium	50.00	NE	7.60	8.00	0.19	0.71	0.018
Czech Republic	50.00	NA	15.51	8.00	0.19	0.33	0.055
Denmark	70.00	0.47	6.64	6.71	0.20	0.40	0.029
France	54.50	0.59	11.15	12.94	0.32	0.70	0.022
Germany	**50.00**	**0.41**	**7.77**	**6.36**	**0.28**	**0.82**	**0.029**
Netherlands	NA	NE	13.80	8.00	0.19	0.25	0.007
Poland	NA	NA	9.50	8.00	0.19	1.02	0.044
Switzerland	NA	0.40	8.47	8.94	1.24	1.29	0.084
United Kingdom	48.57	0.25	5.02	4.56	0.12	0.05	0.002
Median			**8.98**	**8.00**	**0.19**	**0.70**	**0.029**
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries [a]	Tier 1: 65 Tier 2: 48.5	0.40	20.17 [b]	8.00	0.19		
EMEP (2019)-3B-16, 31			15.5			0.40	

Sources: Germany: Submission 2021; all other countries (except Austrian NH_3 IEF) : UNFCCC (2020), CRF Tables; CEIP (2020), NFR; Austrian NH_3 IEF: CEIP (2019), NFR
NA, NE: No data available for different reasons
[a] IPCC N excretions: calculated using the IPCC Tier 1 default animal weight (65 kg)
[b] calculated for the IPCC Tier 1 animal weight of 65 kg

6.5.4 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 6.9: Sheep, collective description, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.017	
		CH_4 manure management	EM1005.017	
		NMVOC	EM1007.017	
		NH_3	EM1009.049	EM1009.051
		N_2O	EM1009.110	
		NO	EM1009.141	
		TSP	EM1010.017	
		PM_{10}	EM1010.048	
		$PM_{2.5}$	EM1010.079	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.020	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.017	
		CH_4 manure management	IEF1005.017	
		NMVOC	IEF1007.017	
		NH_3	IEF1009.046	IEF1009.048
		N_2O	IEF1009.103	
		NO	IEF1009.132	
		TSP	IEF1010.016	
		PM_{10}	IEF1010.045	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.074	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.181	AI1005PSH.196
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.077	EXCR.079

6.6 Goats / Ziegen

The emissions are calculated according to the methods compiled in Table 6.10.

For the definition of the methods see Chapter 3.2.3.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt nach den in Table 6.10 zusammengestellten Methoden.

Zur Methodendefinition siehe Kapitel 3.2.3.

Table 6.10: Goats, calculation methods applied

Species	Origin	Tier	Method applied
CH_4	enteric fermentation	1	IPCC
CH_4	manure management	2	IPCC
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	1	EMEP
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

6.6.1 Animal weights and management details / Tiergewichte und Haltungsdetails

IPCC (2006) reports contradictary weights for goats, 40 kg an^{-1} in IPCC (2006)-10.28 and 38.5 kg an^{-1} in IPCC (2006)-10.82. In the absence of data describing the German goat population, the German inventory assumes a mean weight of 40 kg. However, due to the use of a Tier 1 approach, the animal weight is not used to perform amission calculations at present.

As no data is available it is assumed that 50 % of the animals are housed permanently, whereas 50 % are grazing all day (grazing period: 250 d a^{-1}). (Source: VEREINIGUNG DEUTSCHER LANDESSCHAFZUCHTVERBÄNDE, VDL, Landesverband Hessen, private communication Rolf Lückhof).

Due to lack of appropriate data the inventory assumes the same amount like for adult sheep: 0.4 kg pl^{-1} d^{-1} straw fresh matter.

IPCC (2006) gibt für Ziegen unterschiedliche Gewichte an: 40 kg an^{-1} in IPCC (2006)-10.28, 38,5 kg an^{-1} in IPCC (2006)-10.82. In Ermangelung von Daten zur Beschreibung der deutschen Ziegenpopulation nimmt das deutsche Inventar ein mittleres Gewicht von 40 kg an. Das Ziegengewicht geht allerdings nicht in die deutschen Emissionsberechnungen ein, da ein Tier-1-Verfahren verwendet wird.

Da keine Daten verfügbar sind, wird angenommen, dass 50 % der Ziegen nur im Stall sind, 50 % ganztägig auf der Weide. Die Weideperiode beträgt 250 d a^{-1}. (Quelle: VEREINIGUNG DEUTSCHER LANDESSCHAFZUCHTVERBÄNDE, VDL, Landesverband Hessen, Privatmitteilung Rolf Lückhof).

In Ermangelung ziegenspezifischer Daten wird die tägliche Einstreumenge wie für erwachsene Schafe mit 0,4 kg pl^{-1} d^{-1} Strohfrischmasse angesetzt.

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 $EF_{CH4,\,ent,\,sh}$ is 5 kg CH_4 $(pl \cdot a)^{-1}$, 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 Tier-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet. Der default-Emissionsfaktor $EF_{CH4,\,ent,\,sh}$ ist 5 kg CH_4 $(pl \cdot a)^{-1}$, siehe IPCC(2006)-10.28.

Nach IPCC(2006)-10.33 ist die Unsicherheit von Emissionsfaktoren, die auf Tier-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 Wirtschaftdünger-Management

CH_4 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^{-1} d^{-1}.

Methane producing capacity B_o and the Methane conversion factors MCF for the relevant storage systems are provided in Chapter 6.2.1. See also Chapter 6.2.1 for

Die Berechnung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management erfolgt mit der Gleichung des Tier-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^{-1} d^{-1} angesetzt.

Zur maximalen Methan-Freisetzungskapazität B_o und den Methanumwandlungsfaktoren MCF für die relevanten Lagerverfahren sowie die Unsicherheit der der CH_4-

the uncertainty of CH_4 emissions from manure management.

Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.1.

6.6.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

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 $(pl \cdot a)^{-1}$ for all goats (LFL, 2003). All calculations are based on this figure. A fraction of 50 % of the nitrogen excreted is assumed to be TAN (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

For the amount of beeding material see Chapter 6.6.1. This amount corresponds to $2.0 \cdot 10^{-3}$ kg N $(pl \cdot a)^{-1}$ and $1.0 \cdot 10^{-3}$ kg TAN $(pl \cdot a)^{-1}$). 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.

For the emission factors for NH_3, N_2O, NO and $_{N2}$ including the indirect N_2O emissions from Manure Management see Chapter 6.2.2.

NO emissions from manure management are reported (as NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Offiziell verfügbare deutsche Zahlen (LFL, 2003) sehen für alle Ziegen eine einheitliche Ausscheidung von 11 kg N $(pl \cdot a)^{-1}$ vor. Dieser Wert wird in den Rechnungen verwendet. Der TAN-Gehalt wird mit 50 % angesetzt (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

Zur Einstreumenge siehe Kapitel 6.6.1. Sie entspricht $2{,}0 \cdot 10^{-3}$ kg N $(pl \cdot a)^{-1}$ und $1{,}0 \cdot 10^{-3}$ kg TAN $(pl \cdot a)^{-1}$. Da für Weidezeiten keine Einstreu berücksichtigt wird, hängt die im Inventar für das gesamte Jahr verwendete Einstreumenge von der Weidedauer ab.

Für die Eigenschaften von Stroh und der Mineralisierung von organisch gebundenem N zu TAN wird auf Kapitel 3.3.4.3.2 verwiesen.

Zu den Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O, NO und N_2 einschließlich der indirekten N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 6.2.2.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

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 (2019)-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 a change in emissions only because of rounded emission factor values, 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 (2019)-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 eine Emissionsänderung zu vermeiden, die nur auf der Rundung der Emissionsfaktoren beruht, werden die ursprünglichen Emissionsfaktoren aus EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, beibehalten, s. Table 6.3.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 3.3.4.5.

Table 6.11: Goats, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.139	0.056	0.017
Source: see text				

6.6.7 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 4.3.9.)

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleurpäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.9.)

Table 6.12: Goats, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM)

	mean animal weight	VS excretion	N excretion	IEF			
				$CH_{4, ent}$	$CH_{4, MM}$	NH_3 (without spreading)	direct N_2O (without spreading)
	kg an^{-1}	kg pl^{-1} d^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria	NA	0.30	12.30	5.00	0.26	3.30	0.091
Belgium	50.00	NE	8.65	5.00	0.13	1.44	0.059
Czech Republic	50.00	NA	23.36	5.00	0.13	0.33	0.101
Denmark	60.00	1.03	16.58	13.10	0.45	0.99	0.071
France	51.76	0.92	14.34	14.95	0.78	2.67	0.097
Germany	**40.00**	**0.30**	**11.00**	**5.00**	**0.22**	**1.62**	**0.061**
Netherlands	NA	NA	19.70	5.00	0.13	2.20	0.204
Poland	NA	NA	8.00	5.00	0.13	0.82	0.035
Switzerland	NA	0.30	11.38	9.78	1.18	2.30	0.158
United Kingdom	NE	0.30	20.60	5.00	0.13	0.30	0.056
Median			**13.32**	**5.00**	**0.17**	**1.53**	**0.081**
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries [a]	40 (Tier 1) 38.5 (Tier 2)	0.30	18.69	5	0.13		
EMEP (2019)-3B-16, 31			15.5			0.40	

Sources: Germany: Submission 2021; all other countries (except Austrian NH_3 IEF) : UNFCCC (2020), CRF Tables; CEIP (2020), NFR; Austrian NH_3 IEF: CEIP (2019), NFR
NA, NE: No data available for different reasons
[a] IPCC N excretions: calculated using the IPCC Tier 1 default animal weight (40 kg)

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. Germany uses the IPCC default value provided for Tier 1 methodology. Like for sheep the IPCC default values for the Tier 1 and the Tier 2 methodology are inconsistent, even if the difference is not as high as with sheep.

VS excretions are reported by only six countries, too. The Danish and French VS excretions appear very high. Germany, like Switzerland and the United Kingdom, uses the IPCC default value for VS excretions.

The comparison of N excretions show a very wide variation, which cannot be explained by the data available.

Germany lies on the same level as Switzerland.

Germany and most of the other countries calculate CH_4 emissions from enteric fermentation using the IPCC default emission factor, which is markedly lower than the values of Denmark, France and Switzerland.

Half of the countries use the IPCC default value for CH_4 from manure management. The Swiss value is strikingly high. The German value is 25 % higher than the median.

The NH_3 emission factors cannot easily be compared. The N excretions have a major influence. If one there-

Die Hälfte der Länder geben kein Tiergewicht an, vermutlich, weil mit der Tier-1-Methodik gerechnet wurde, in der das Tiergewicht ohne Bedeutung ist. Deutschland verwendet den IPCC-Defaultwert der Tier-1-Methodik. Wie bei den Schafen sind die IPCC-Default-Gewichtswerte für das Tier-1- und das Tier-2-Verfahren inkonsistent, auch wenn der Unterschied nicht so erheblich wie bei den Schafen ist.

Bei den VS-Ausscheidungen berichten nur sechs Länder. Die dänischen und französischen VS-Ausscheidungen erscheinen sehr hoch. Deutschland verwendet wie die Schweiz und das Vereinigte Königreich den IPCC-Defaultwert für VS-Ausscheidungen.

Der Vergleich der N-Ausscheidungen zeigt erhebliche Unterschiede, die anhand der verfügbaren Daten nicht erklärbar sind. Deutschland liegt ungefähr auf dem Niveau der Schweiz.

Deutschland und die meisten anderen Länder berechnen CH_4 aus der Verdauung mit dem IPCC-Default-Emissionsfaktor. Dieser ist deutlich niedriger als die Werte von Dänemark, Frankreich und der Schweiz.

Für CH_4 aus dem Wirtschaftsdünger-Management verwendet die Hälfte der Länder den IPCC-Defaultwert. Der schweizerische Wert ist auffallend hoch. Der deutsche Wert liegt 25 % über dem Median.

Die NH_3- und N_2O-Emissionsfaktoren sind nur schwer direkt vergleichbar. Einen großen Einfluss haben die N-

fore compares the quotients "emission / excretion", Germany forms the median for both NH_3 and N_2O.

Ausscheidungen. Vergleicht man daher die Quotienten „Emission/Ausscheidung", bildet Deutschland sowohl bei NH_3 als auch bei N_2O den Median.

6.6.8 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 6.13: Goats, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.018	
		CH_4 manure management	EM1005.018	
		NMVOC	EM1007.018	
		NH_3	EM1009.052	EM1009.054
		N_2O	EM1009.111	
		NO	EM1009.142	
		TSP	EM1010.018	
		PM_{10}	EM1010.049	
		$PM_{2.5}$	EM1010.080	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.021	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.018	
		CH_4 manure management	IEF1005.018	
		NMVOC	IEF1007.018	
		NH_3	IEF1009.049	IEF1009.051
		N_2O	IEF1009.104	
		NO	IEF1009.133	
		TSP	IEF1010.017	
		PM_{10}	IEF1010.046	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.075	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.197	AI1005PSH.212
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.080	EXCR.082

7 Horses, asses and mules / Pferde, Esel und Maultiere

7.1 Animal numbers / Tierzahlen

7.1.1 Formation of subcategories and consideration of mules and asses / Untergliederung in Subkategorien und Berücksichtigungvon Maultieren und Eseln

In CRF/NFR emissions are reported for horses altogether.

The category „horses“ is subdivided into the subcategories “heavy horses” (see Chapter 7.3) and “light horses and ponies” (see Chapter 7.4). As the emission of those two subcategories are different, they are calculated separately.

As of the 2010 agricultural census, it is no longer horses but equidae that are counted in official surveys. The category “Equidae” includes horses, asses and mules in a non-separable manner.

In keeping with data of the INTERESSEN-GEMEINSCHAFT FÜR ESEL UND MAULTIERE (Interest assocation for mules and asses – IGEM), the annual average population of mules and asses before 2010 has been estimated at 8,500 animals.

From this follows that mules and asses in Germany have only a very small importance. Hence, the German inventory does not have a separate category for mules and asses. Their emissions are automatically included in the emissions of horses as of the time series year 2010. To maintain consistency, for the years before 2010 the numbers of mules and asses were added to the horse numbers, namely to the category of small horses and ponies, as mules and asses correspond, in size and weight, to the small horses and ponies rather than the big horses.

For the inventory calculations only those horses are relavant that are reported in agricultural statistics (STATLA C III 1 – vj 4, , see also Chapter 3.4.2.1).

Data gaps within the time series of the animal numbers numbers were closed by linear interpolation. Missing data at the end of the time series were estimated by extrapolation.

Chapter 7.5 describes the aggregation of the resulting data of the two sub-categories. This aggregation is needed to enable emission reporting for the overall category “horses”.

In CRF/NFR werden die Emissionen für Pferde insgesamt berichtet.

Wegen der unterschiedlich hohen Emissionen von Großpferden einerseits und Kleinpferden und Ponys andererseits werden die Emissionen separat berechnet: Siehe Kapitel 7.3 für Großpferde und Kapitel 7.4 für Kleinpferde/Ponys.

Ab der Landwirtschaftszählung 2010 werden in offiziellen Erhebungen nicht mehr Pferde, sondern Equiden gezählt, die neben den Pferden in nicht separierbarer Weise auch Esel und Maultiere umfassen.

Die Zahl der Esel und Maultiere vor 2010 wurde nach Daten der INTERESSENGEMEINSCHAFT FÜR ESEL UND MAULTIERE (IGEM) auf 8.500 Esel und Maultiere pro Jahr geschätzt.

Daraus lässt sich ablesen, dass Maultieren und Eseln in Deutschland nur eine sehr geringe Bedeutung haben. Daher verzichtet das deutsche Inventar auf eine separate Kategorie für Esel/Maultiere. Ihre Emissionen werden ab dem Zeitreihenjahr 2010 zwangsläufig bei den Pferden mitberechnet. Zur Wahrung der Konsistenz wurden die Zahlen von Maultieren und Eseln für die Zeitreihenjahre vor 2010 ebenfalls den Pferden zugeschlagen, und zwar der Kategorie der Kleinpferde und Ponys, da Esel und Maultiere in Größe und Gewicht eher den Kleinpferden und Ponys als den Großpferden entsprechen.

Das Inventar berechnet Emissionen nur für diejenigen Pferde, die in den landwirtschaftlichen Statistiken (STATLA C III 1 – vj 4, , siehe auch Kapitel 3.4.2.1) ausgewiesen werden.

Datenlücken innerhalb der Zeitreihen der Tierzahlenahlen wurden durch lineare Interpolation, Datenücken am Ende der zeitreihe durch Extrapolation geschlossen.

Kapitel 7.5 beschreibt die für die Emissionsberichterstattung erforderliche Aggregierung der Teilergebnisse aus den beiden Unterkategorien zum Gesamtergebnis für „Pferde“.

7.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten

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.

Die Unsicherheit der Tierzahlen wird mit 5 % (Standardfehler) bzw. 10 % (halbes 95 %-Konfidenzintervall) bei normaler Verteilung geschätzt.

7.2 Parameters common to all horses / Gemeinsame Parameter für alle Pferde

7.2.1 Methane from manure management / Methan aus dem Wirtschaftsdünger-Management

CH_4 emissions from manure management are quantified using the Tier 2 equation, see Chapter 3.3.4.1.

CH_4 aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit der Tier-2-Gleichung berechnet (s. Kapitel 3.3.4.1).

For the maximum methane producing capacity B_o and the *MCF* values see the subsequent table. For the VS excretion see the respective subchapters for heavy horses and light horses/ponies.

For all horses the duration of the grazing period is assumed to be 180 d a^{-1}, with 10 h d^{-1}.

Zur maximalen Methan-Produktionskapazität B_o und den *MCF*-Werten siehe nachfolgende Tabelle. Zur VS-Ausscheidung siehe entsprechendes Unterkapitel bei Großpferden und Kleinpferden/ Ponys.

Für alle Pferde wird von einer Weideperiode von 180 d a^{-1} mit 10 h d^{-1} ausgegangen.

Table 7.1: Horses, Maximum methane producing capacity (B_o) and methane conversion factors (*MCF*)

maximum methane producing capacity B_o	maximale Methanbildungs-Kapazität B_o	0.3 [b]	m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$
MCF storage type solid manure (heap)	*MCF* Lagerungsart Festmist (Misthaufen)	0.02 [a]	m^3 m^{-3}
MCF pasture	*MCF* Weide	0.01 [a]	m^3 m^{-3}

[a] IPCC(2006)-10.44 ff; [b] IPCC(2006)-10.82

7.2.2 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

The emission calculations are carried out separately for heavy horses on the one hand and light horses/ ponies on the other hand (see Chapters 7.3 and 7.4). However, the same emission factors are used.

The NH_3-N emission factors for housing (0.22 kg kg^{-1}), storage (0.35 kg kg^{-1}) and grazing (0.35 kg kg^{-1}) are taken from EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7. The emission factors are related to TAN.

The N_2O-N emission factor for housing and storage is 0,005 kg kg^{-1} (IPCC (2006)-10.62). According to Chapter 3.3.4.3.5, the emission factors for NO-N and N_2 are calculated as 0.0005 and 0.015 kg kg^{-1}, respectively. The emission factors for N_2O-N, NO-N and N_2 are applied to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

Frequencies for the different techniques of solid manure spreading are known from ASE 2016 and RAUMIS data, see Chapter 3.4.3. The associated emission factors are those used for cattle and pigs, see Chapters 4.2.2.3 and 5.2.2.3.

N_2O and NO emissions resulting from grazing are calculated according to Chapter 11.5. For the duration of grazing see Chapter 7.2.1.

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Indirect N_2O emissions from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Die Emissionsberechnungen erfolgen für Großpfere einerseits und Kleinpferde/Ponys andererseits getrennt (siehe Kapitel 7.3 und 7.4), aber mit den gleichen Emissionsfaktoren.

Die NH_3-N-Emissionsfaktoren für Stall (0,22 kg kg^{-1}), Lager (0,35 kg kg^{-1}) und Weide (0,35 kg kg^{-1}), jeweils bezogen auf vorhandenes TAN, werden EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, entnommen.

Der N_2O-N-Emissionsfaktor für Stall und Lager beträgt 0,005 kg kg^{-1} (IPCC (2006)-10.62). Nach Kapitel 3.3.4.3.5 berechnen sich die Emissionsfaktoren für NO-N und N_2 zu 0,0005 bzw. 0,015 kg kg^{-1}. Die Emissionsfaktoren für N_2O-N, NO-N und N_2 beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Aus ASE 2016 und RAUMIS-Daten sind Häufigkeiten zu den verschiedenen Festmist-Ausbringungstechniken bekannt, siehe Kapitel 3.4.3. Als Emissionsfaktoren werden die gleichen wie für Rinder und Schweine verwendet, siehe Kapitel 4.2.2.3 und 5.2.2.3.

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N_2O und NO werden nach Kapitel 11.5 berechnet. Zur Weidegangsdauer siehe Kapitel 7.2.1.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

7.3 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_4	enteric fermentation	1	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 7.5.1.

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^{-1} d^{-1} 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 CH4 emission factor for enteric fermentation of light horses/ponies, see Chapter 7.4.1.

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 7.5.1.

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^{-1} d^{-1} 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_4 aus der Verdauung von Kleinpferden/Ponys benötigt, siehe Kapitel 7.4.1.

7.3.2 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

CH_4 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_4 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 7.3.1. Hence the German inventory adopts the IPCC Tier 1 default emission factor of 18 kg CH_4 per place and year for German heavy horses.

Die CH_4-Emissionen aus der Verdauung werden nach dem Tier-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet.

Es gibt keinen nationalen Emissionsfaktor. Der IPCC-Tier-1-Defaultwert von 18 kg CH_4 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 7.3.1. Daher übernimmt das deutsche Inventar den IPCC-Emissionsfaktor 18 kg pl^{-1} a^{-1} 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 ± 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 Tier-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.

7.3.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH_4 emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.3.4.1.

The VS excretion of heavy horses is, according to German data, 2.59 kg VS per place and day (HAENEL and RÖSEMANN, 2018).

Methane producing capacity B_o and the Methane conversion factors *MCF* are listed in

Table 7.1 (Chapter 7.2.1).

German data on the uncertainty of 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 1 approaches to be 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.

CH_4 aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird mit einem Tier-2-Verfahren (Kapitel 3.3.4.1) berechnet.

Die VS-Ausscheidung großer Pferde wird nach deutschen Daten mit 2,59 kg VS pro Platz und Tag angesetzt (HAENEL und RÖSEMANN, 2018).

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität B_o und die Methanumwandlungsfaktoren *MCF* sind in

Table 7.1 (Kapitel 7.2.1) aufgelistet.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der 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 Tier-1- als ein Tier-2-Verfahren. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-1-Verfahren auf 30 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

7.3.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

7.3.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

According to DLG (2005), pg 55, saddle-horses with a weight of 500 to 600 kg an^{-1} with mixed stabling and grazing and occasional work excrete 53.6 kg N ($pl \cdot a^{-1}$). A fraction of 0.6 kg kg^{-1} is assumed to be TAN (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9).

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 kg pl^{-1} d^{-1} (KTBL, 2006b, pg. 640) or $39.9 \cdot 10^{-3}$ kg N ($pl \cdot a^{-1}$) ($20.0 \cdot 10^{-3}$ kg TAN ($pl \cdot a^{-1}$), respectively).

For the emission factors see Chapter 7.2.2.

For indirect N_2O emissions from manure management see Chapter 7.2.2.

NO emissions from manure management are reported (as NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitpferden bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht 500 bis 600 kg an^{-1}) und leichter Arbeit 53,6 kg N ($pl \cdot a^{-1}$) ausgeschieden. Der relative TAN-Anteil wird mit 0,6 kg kg^{-1} (EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9) 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 kg pl^{-1} d^{-1} Strohfrischmasse (KTBL, 2006b, S. 640) bzw. $39{,}9 \cdot 10^{-3}$ kg N ($pl \cdot a^{-1}$), entsprechend $20{,}0 \cdot 10^{-3}$ kg TAN ($pl \cdot a^{-1}$).

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.2.2.

Zu indirekten N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 7.2.2.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

7.3.6 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^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.48	0.22	0.14
Source: EMEP (2019)-3B-55, Table A1.7				

7.3.7 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 (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.019	
		CH_4 manure management	EM1005.019	
		NMVOC	EM1007.019	
		NH_3	EM1009.055	EM1009.057
		N_2O	EM1009.112	
		NO	EM1009.143	
		TSP	EM1010.019	
		PM_{10}	EM1010.050	
		$PM_{2.5}$	EM1010.081	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.022	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.019	
		CH_4 manure management	IEF1005.019	
		NMVOC	IEF1007.019	
		NH_3	IEF1009.052	IEF1009.054
		N_2O	IEF1009.105	
		NO	IEF1009.134	
		TSP	IEF1010.018	
		PM_{10}	IEF1010.047	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.076	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.213	AI1005PSH.223

7.4 Light horses and ponies / Kleinpferde und Ponys

Light horses and ponies are horses whose size measured from the top of the withers to the ground falls below 148 cm. As described in Chapter 7.1.1, the category "small horses / ponies" for the period before 2010 explicitly includes the numbers of mules and asses known for that time, thereafter only implicitly. For sake of simplicity, this animal category is referred to as "small horses / ponies" without mentioning mules and asses.

IPCC (2006) does not provide an adequate description of light horses. The definitions used in IPCC (2006) (weight, energy requirements) are only applicable to the category "heavy horses" in the German inventory, see Chapter 7.3.1. The calculation methods are therefore modified for small horses.

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. Wie in Kapitel 7.1.1 beschrieben, umfasst die Kategorie „Kleinpferde/Ponys“ für die Zeit vor 2010 explizit auch die für diese Zeit bekannten Esel- und Maultierzahlen, danach nur noch implizit. Im Folgenden ist vereinfachend insgesamt von „Kleinpferden/Ponys“ die Rede.

IPCC (2006) bietet keine adäquate Beschreibung von Kleinpferden an. Die in IPCC (2006) verwendeten Definitionen (Gewicht, Energiebedarf) sind lediglich auf die Kategorie „Großpferde“ im deutschen Inventar anwendbar, siehe Kapitel 7.3.1. Die Berechnungsmethoden werden daher für Kleinpferde angepasst.

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_4	enteric fermentation	1	IPCC / national
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
PM_{10}, $PM_{2.5}$	manure management	2	EMEP

7.4.1 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 7.5.1.

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 is serves as a basis for the estimation of the CH_4 emission factor for enteric fermentation of light horses/ponies:

According to the (rounded) difference of the DE intakes between heavy horses und 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 7.3.1): 73 MJ pl^{-1} d^{-1}.

The estimation of the emission factor for CH_4 from enteric fermentation of light horses/ponies is described in the supsequent 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 7.5.1.

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_4 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 7.3.1) um - gerundet - ein Drittel geringere Aufnahme an Gesamtenergie (GE) angenommen: 73 MJ pl^{-1} d^{-1}.

Auf die Schätzung des Emissionsfaktors für CH_4 aus der Verdauung von Kleinpferden/Ponys geht das nachfolgende Kapitel ein.

7.4.2 Methane from enteric fermentation / Methane aus der Verdauung

CH_4 emissions from enteric fermentation are calculated according to the Tier 1 approach (Chapter 3.3.2).

While for heavy horses the emission factor is 18 kg pl^{-1} a^{-1} (see Chapter 7.3.2), the inventory uses an emission factor for light horses/ponies that is lower by one third, resulting in 12 kg pl^{-1} 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 kg pl^{-1} 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 ± 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 (normal distribution).

CH_4 aus der Verdauung wird nach dem Tier-1-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.2) berechnet.

Während für Großpferde der Emissionsfaktor bei 18 kg pl^{-1} a^{-1} liegt (siehe Kapitel 7.3.2), wird im Inventar für Kleinpferde entsprechend dem geringeren Energiebedarf (siehe Kapitel 7.4.1) ein proportional zum Energiebedarf um ein Drittel geringerer CH_4-Emissionsfaktor von 12 kg pl^{-1} a^{-1} angesetzt. (Dieses Ergebnis steht in guter Übereinstimmung mit dem Ergebnis von 11,4 kg pl^{-1} 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 Tier-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 (Normalverteilung).

7.4.3 Methane from manure management / Methan aus Wirtschaftsdünger-Management

CH_4 emissions from manure management are quantified using the Tier 2 procedure, see Chapter 3.3.4.1.

The VS excretion of light horses an ponies is, according to German data, 1.73 kg VS per place and day (HAENEL and RÖSEMANN, 2018).

Methane producing capacity B_o and the Methane conversion factors *MCF* are listed in Table 7.1 (Chapter 7.2.1).

German data on the uncertainty of 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 1 approaches to be 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.

Zur Bestimmung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Tier-2-Verfahren (siehe Kapitel 3.3.4.1) angewandt.

Die VS-Ausscheidung kleiner Pferde und Ponys wird nach deutschen Daten mit 1,73 kg VS pro Platz und Tag angesetzt (HAENEL und RÖSEMANN, 2018).

Die maximale Methan-Freisetzungskapazität B_o und die Methanumwandlungsfaktoren *MCF* sind in Table 7.1 (Kapitel 7.2.1) aufgelistet.

Deutsche Zahlen zur Unsicherheit der 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 Tier-1- als ein Tier-2-Verfahren. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-1-Verfahren auf 30 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

7.4.4 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

7.4.5 Emissions of nitrogen species / Emissionen von Stickstoff-Spezies

According to DLG (2005), pg. 55, light horses with a weight of 300 kg an^{-1} with mixed stabling and grazing and occasional work excrete 33.4 kg N $(pl \cdot a)^{-1}$. A fraction of 0.6 kg kg^{-1} is assumed to be TAN (EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9).

Nach DLG (2005), S. 55, werden von Reitponys bei gemischter Stall-/Weidehaltung (Gewicht 300 kg an^{-1}) und leichter Arbeit 33,4 kg N $(pl \cdot a)^{-1}$ ausgeschieden. Der relative TAN-Anteil wird mit 0,6 kg kg^{-1} (EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9) angesetzt.

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. Due to lack of data 5 kg pl^{-1} d^{-1} of straw fresh matter containing 24.9 · 10^{-3} kg N (pl · a)$^{-1}$ or 12.5 · 10^{-3} kg TAN (pl · a)$^{-1}$ are used in relation to the amount used with heavy horses.

For the emission factors see Chapter 7.2.2.

For indirect N_2O emissions from manure management see Chapter 7.2.2.

NO emissions from manure management are reported (as NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4.

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. In Ermangelung von Daten werden in Relation zu den Großpferden 5 kg pl^{-1} d^{-1} Strohfrischmasse bzw. 24,9 ·10^{-3} kg N (pl · a)$^{-1}$ angenommen (entsprechend 12,5 · 10^{-3} kg TAN (pl · a)$^{-1}$).

Zu den Emissionsfaktoren siehe Kapitel 7.2.2.

Zu indirekten N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 7.2.2.

NO aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

7.4.6 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(2019)-3B-55, Table A1.7. 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. Wegen des im Vergleich mit Großpferden geringeren Gewichts werden die Emissionsfaktoren für Esel und Maultiere nach EMEP(2019)-3B-55, Table A1.7, 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 kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.34	0.16	0.10
Source: see text				

7.4.7 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 (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.020	
		CH_4 manure management	EM1005.020	
		NMVOC	EM1007.020	
		NH_3	EM1009.058	EM1009.060
		N_2O	EM1009.113	
		NO	EM1009.144	
		TSP	EM1010.020	
		PM_{10}	EM1010.051	
		$PM_{2.5}$	EM1010.082	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.023	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.020	
		CH_4 manure management	IEF1005.020	
		NMVOC	IEF1007.020	
		NH_3	IEF1009.055	IEF1009.057
		N_2O	IEF1009.106	
		NO	IEF1009.135	
		TSP	IEF1010.019	
		PM_{10}	IEF1010.048	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.077	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.224	AI1005PSH.234

7.5 Horses– collective description / Pferde - zusammenfassende Daten

7.5.1 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^{-1}.

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^{-1} d^{-1}.

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^{-1}.

In analoger Weise erhält man als mittlere Aufnahme an Gesamtenergie (GE) aller Equiden von 101 MJ pl^{-1} d^{-1}.

Diese Mittelwerte sind wegen der Einfachheit der verwendeten Methoden ohne Einfluss auf die Emissionsberechnung.

7.5.2 Mean VS and N excretion rates / Mittlere VS- und N-Ausscheidungen

The mean excretions of VS and N are calculated as follows (weighted mean):

Die mittleren VS- und N-Ausscheidungen werden wie folgt berechnet (gewichtetes Mittel):

$$VS_{\text{mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot VS_{\text{mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot VS_{\text{mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad \textbf{(7.1)}$$

$$m_{\text{excr, mean, horses}} = \frac{n_{\text{ho}} \cdot m_{\text{excr, mean, ho}} + n_{\text{po}} \cdot m_{\text{excr, mean, po}}}{n_{\text{ho}} + n_{\text{po}}} \quad \textbf{(7.2)}$$

$VS_{\text{mean, horses}}$	mean amount of VS excreted by horses (in kg pl^{-1} a^{-1})
n_{ho}	number of heavy horses (in pl)
$VS_{\text{mean, ho}}$	mean amount of VS excreted by heavy horses (in kg pl^{-1} a^{-1})
$VS_{\text{mean, po}}$	mean amount of VS excreted by light horses, ponies, asses and mules (in kg pl^{-1} a^{-1})
n_{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^{-1} a^{-1})
$m_{\text{excr, mean, ho}}$	mean amount of N excreted by heavy horses (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{excr, mean, po}}$	mean amount of N excreted by light horses, ponies, asses and mules (in kg pl^{-1} a^{-1})

7.5.3 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 4.3.9.)

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.

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleurpäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.9.)

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 miteinander verglichen.

Table 7.8 provides the implied emission factors (IEF) and emission explaining variables.

Table 7.8 zeigt die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) und emissionserklärenden Variablen.

Table 7.8: Horses, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for enteric fermentation (ent) and manure management (MM)

	mean animal weight	VS excretion	N excretion	IEF			
				$CH_{4, ent}$	$CH_{4, MM}$	NH_3 (without spreading)	direct N_2O (without spreading)
	kg an^{-1}	kg pl^{-1} d^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria	NA	2.13	47.90	18.00	2.81	14.57	0.301
Belgium	462	NE	56.27	16.98	1.46	5.67	0.248
Czech Republic	616	NA	58.46	18.00	1.56	3.80	0.193
Denmark [a]	600	3.70	39.56	21.81	2.72	4.34	0.311
France	543	2.05	50.19	20.80	1.62	6.38	0.164
Germany	**490**	**2.39**	**48.82**	**16.58**	**3.14**	**13.67**	**0.409**
Netherlands	NA	NA	62.60	17.98	1.56	5.05	0.255
Poland	NA	NA	55.00	18.00	1.56	1.58	0.027
Switzerland	NA	1.59	34.77	13.76	2.29	6.82	0.215
United Kingdom	NE	2.13	57.28	18.00	1.56	2.17	0.617
Median			**52.59**	**18.00**	**1.59**	**5.36**	**0.251**
IPCC (2006)-10.28, 10.40, 10.59, 10.82, Western Europe, cool region, developed countries [a]	Tier 1: 550 Tier 2: 377	2.13	52.20	18	1.56		
EMEP (2019)-3B-16, 31			47.5			7.0	

Sources: Germany: Submission 2021; all other countries (except Austrian NH_3 IEF) : UNFCCC (2020), CRF Tables; CEIP (2020), NFR; Austrian NH_3 IEF: CEIP (2019), NFR
NA, NE: No data available for different reasons
[a] IPCC N excretions: calculated using the IPCC Tier 1 default animal weight (550 kg)

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 German value lies between those of Belgium and France. Like for sheep and goats the IPCC default values for Tier 1 and Tier 2 methodology are inconsistent.

As to the VS excretions, four countries do not provide data. The United Kingdom uses the IPCC default value. The German value is 12 % above the IPCC default.

The N excretions range from 34.8 kg pl^{-1} a^{-1} (Switzerland) to 62.6 kg pl^{-1} a^{-1} (Netherlands). With 48.8 kg pl^{-1} a^{-1}, Germany is roughly on par with Austria (47.9 kg pl^{-1} a^{-1}).

As to the IEF for CH_4 from enteric fermentation some countries use the IPCC default emission factor 18 kg pl^{-1} a^{-1}. 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.

The IEF values for CH_4, NH_3 and N_2O from manure management range over large ranges, for NH_3 and N_2O about an order of magnitude. These international differences cannot be explained by the available information.

Die Hälfte der Länder geben kein Tiergewicht an, vermutlich, weil das Tiergewicht in der Tier-1-Methodik ohne Bedeutung ist. Der deutsche Wert legt zwischen denen von Belgien und Frankreich. Wie bei den Schafen und den Ziegen sind die IPCC-Defaultwerte für Tier-1- und Tier-2-Verfahren inkonsistent.

Bei den VS-Ausscheidungen machen vier Länder keine Angaben. Österreich und das Vereinigte Königreich verwenden den IPCC-Defaultwert. Deutschland liegt 12 % über dem IPCC-Defaultwert.

Die N-Ausscheidungen bewegen sich in einem Bereich von 34,8 kg pl^{-1} a^{-1} (Schweiz) bis 62,6 kg pl^{-1} a^{-1} (Niederlande). Deutschland liegt mit 48,8 kg pl^{-1} a^{-1} ungefähr auf dem Niveau von Österreich (47,9 kg pl^{-1} a^{-1}).

Beim IEF für CH_4 aus der Verdauung greifen einige Länder auf den IPCC-Defaultwert von 18 kg pl^{-1} a^{-1} 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 tierkategoriespezifischen Emissionsfaktoren (und damit implizit auch der resultierende IEF) wurden durch das ERT des In-Country-Review im September 2016 akzeptiert.

Die IEF-Werte für CH_4, NH_3 und N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management erstrecken sich über große Spannbreiten, bei NH_3 und N_2O ca. eine Größenordnung. Diese internationalen Unterschiede können mit den verfügbaren Informationen nicht erklärt werden.

7.5.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 7.9: Horses, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	EM1004.021	
		CH_4 manure management	EM1005.021	
		NMVOC	EM1007.021	
		NH_3	EM1009.061	EM1009.063
		N_2O	EM1009.114	
		NO	EM1009.145	
		TSP	EM1010.021	
		PM_{10}	EM1010.052	
		$PM_{2.5}$	EM1010.083	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.024	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	IEF1004.021	
		CH_4 manure management	IEF1005.021	
		NMVOC	IEF1007.021	
		NH_3	IEF1009.058	IEF1009.060
		N_2O	IEF1009.107	
		NO	IEF1009.136	
		TSP	IEF1010.020	
		PM_{10}	IEF1010.049	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.078	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005PSH.235	AI1005PSH.253
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.083	EXCR.085

8 Poultry / Geflügel

8.1 Animal numbers / Tierzahlen

8.1.1 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 animal numbers used and their derivation are explained in the respective subchapters of the subsequent poultry category chapters.

The results obtained for the subcategories 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 verwendeten Tierzahlen bzw. ihre Berechnung werden in den entsprechenden Unterkapiteln der einzelnen Geflügelkategorien erläutert.

Die Ergebnisse der Unterkategorien 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 [a]**	**weight 2 [a]**
AA [b]	Legehennen	laying hens	lh	laying hens	$w_{start, lh}$	$w_{fin, lh}$
AB [b]	Junghennen	pullets	pu	pullets	45 g an^{-1}	$w_{start, lh}$
AC	Schlacht- und Masthähne und –hühner sowie sonstige Hähne einschl. der hierfür bestimmten Küken	hens and cocks produced for slaughtering	br	broilers	—	—
AD	Gänse	geese	ge	geese	7 kg an^{-1}	
AE	Enten	ducks	du	ducks	3 kg an^{-1}	
AF	Truthühner	turkeys	tm	turkeys, males	60 g an^{-1}	$w_{fin, tm}$
			tf	turkeys, females		$w_{fin, tf}$

[a] weight 1: weight at the beginning of the respective period, weight 2: weight at the end of the respective period; w_{start}: variable start weight, weight w_{fin}: variable final weight
[b] For the distinction between pullets and laying hens in German censuses see Chapters 8.3 and 8.5.

8.1.2 Uncertainties / Unsicherheiten

For poultry numbers a standard error of 5 % is assumed (normal distrubution). Then half the 95 % confidence interval is 10 %.

Für Geflügelzahlen wird ein Standardfehler von 5 % angenommen (Normalverteilung). Das halbe 95 %-Konfidenzintervall beträgt 10 %.

8.2 Emission factors for nitrogen emissions / Emissionsfaktoren für Stickstoffemissionen

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 N2O, NO and N2 from housing, storage and spreading / N2O, NO und N2 aus Stall, Lager und Ausbringung

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.

The emission factors are related to the sum of nitrogen excreted and N input with bedding material.

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.

According to IPCC (2006), the anaerobic digestion of manue 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).

Indirect N_2O emissions from manure management (housing, storage; without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6.

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.

Die Emissionsfaktoren beziehen sich auf die Summe aus ausgeschiedenem und durch Einstreu eingebrachtem N.

Die resultierenden, für alle Geflügelkategorien einheitlichen partiellen Emissionsfaktoren für N_2O, NO und N_2 sind in Table 8.2 angegeben.

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).

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall, Lager; ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet.

Table 8.2: Poultry, partial emission factors for N2O-N, NO-N, and N2-N from housing and storage (applied to Nexcr + Nstraw)

N_2O	poultry manure	Geflügelkot	0.001	kg kg^{-1}
NO	poultry manure	Geflügelkot	0.0001	kg kg^{-1}
N_2	poultry manure	Geflügelkot	0.003	kg kg^{-1}

Source: see text

As a result of the application of manure and of digestates from the anerobic digestion of animal manures, direct and indirect N_2O and NO emissions result, see Chapters 11.2 and 12.

Als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Wirtschaftsdünger-Gärresten ergeben sich direkte und indirekte N_2O- sowie NO-Emissionen, siehe Kapitel 11.2 und 12.

8.2.2 NH_3 emission factors / NH_3-Emissionsfaktoren

The NH_3 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_3-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_3-Emissionsfaktoren für Stall und Lager unterscheiden sich für die verschiedenen Geflügelkategorien. Sie werden daher in den nachfolgenen Geflügel-Kapiteln gesondert behandelt.

Die partiellen NH_3-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_3-N from application of poultry manure (related to UAN)

Application type	Ausbringungstechnik	Emission factor (kg kg^{-1})
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_3-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 4.8).

Für die Ausbringung von Gärresten aus der Vergärung von Geflügelkot sind keine NH_3-N-Emissionsfaktoren verfügbar. Nach Kapitel 3.3.4.4.3 wurden daher die Emissionsfaktoren für die Ausbringung von unbehandelter *Rindergülle* übernommen, siehe Table 4.8.

8.2.3 Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4 and 11.2.2.

The uncertainty of N excretion is discussed in Chapter 14.4.1. For the uncertainty of the amount of N spreaded see Chapter 11.2.1.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4 und 11.2.2.

Die Unsicherheit der N-Ausscheidung wird in Kapitel 14.4.1 diskutiert. Zur Unsicherheit der zur Ausbringung kommenden N-Menge siehe Kapitel 11.2.1.

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_4	enteric fermentation		no method
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 the years between the surveys the poultry numbers 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). The missing numbers of laying hens for 2017 and 2018 were estimated by extrapolation, see Chapter 3.4.2.2.

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 by 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. In den Zwischenjahren wurden die Geflügelzahlen durch lineare Interpolation geschätzt. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist dabei im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Die für 2017 und 2018 fehlenden Legehennenzahlen wurden durch Extrapolation geschätzt, siehe Kapitel 3.4.2.2.

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:

$$n_{\mathrm{lh}} = \left(n_{\mathrm{AA}} + n_{\mathrm{AB}}\right) \cdot \frac{\tau_{\mathrm{round,lh}}}{\tau_{\mathrm{round,lh}} + \tau_{\mathrm{round,pu}}} \qquad \textbf{(8.1)}$$

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 (i. e. laying hens) in the German census until 2007, see Table 8.1
n_{AB}	animal place numbers of type AB (i. e. laying pullets) 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 the uncertainty of the animal numbers see Chapter 8.1.2.

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 $n_{lh} = n_{AA.}$.

Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 8.1.2.

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 ($\tau_{lifespan, lh}$), KTBL (2004), pg. 481, provides a value of 434 days and for the duration of the production cycle ($\tau_{round, lh}$) a value of 441 days. According to KTBL (2014), pg. 720, the duration of production cycle of 441 days marks the upper threshold, along eith 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.

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 ($\tau_{lifespan, lh}$) mit 434 Tagen und die Durchgangsdauer ($\tau_{round, lh}$) 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 Modellansatz, der von 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 wurde in Table 8.5 vor 2010 jedes zweite Jahr weggelassen.

Table 8.5: Laying hens, performance data

quantity [a]	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
w_{start}	1.550	1.520	1.370	1.360		1.276	1.245	1.303			1.293	1.293								
w_{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	297.9	298.0	297,7
egg weight	64.6	65.4	64.4	63.1		62.6	63.8	65.3	64.0	62.8	64.4	64.4								

[a] Units: (live weights in kg an^{-1}; average number of eggs produced per hen in eg pl^{-1} a^{-1}; mean egg weight in g eg^{-1}

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. The data corresponding to the solid lines in Figure 8.1 are used as input data for the emission calculation (in kg, rounded to two decimals): Initial weight 1990 1.57 kg, from 1998 onwards 1.29 kg; Final weight 1990 2.10 kg, from 1998 onwards 1.89 kg. These values are, due to lack of regional differentiation of the underlying input data, assumed to be valid for entire Germany.

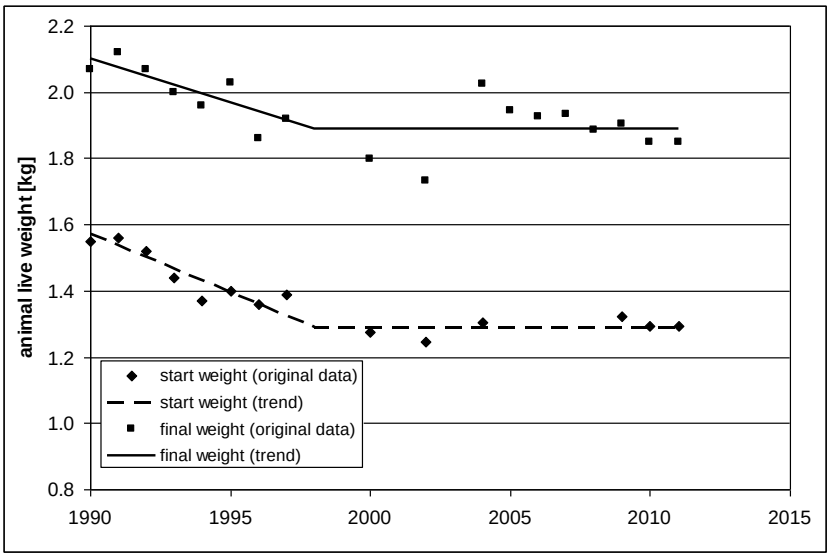
Based on the trends the animal weights are assumed to constant as of 1998. They are maintained for the years after 2011 until more recent data will be available.

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. Die den durchgezogenen Linien in Figure 8.1 entsprechenden Daten werden als Eingangsdaten für die Emissionsberechnung verwendet (in kg, gerundet auf zwei Dezimalstellen): Anfangsgewicht 1990 1,57 kg, ab 1998 einschließlich 1,29 kg; Endgewicht 1990 2,10 kg, ab 1998 einschließlich 1,89 kg. Diese Werte werden mangels räumlicher Differenzierung der zugrunde liegenden Eingangsdaten 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

Die Eigewichte zeigen keinen signifikanten Trend und werden in den Emissionsberechnungen für alle Jahre

egg weight (64.3 g per egg) for all years of the time series. This value is used for entire Germany.

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 per place (averaged over the lifespan as laying hen) are given by the following relation:

Für den über die Lebensdauer als Legehenne gemittelten Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz gilt:

$$ME_{\mathrm{lh}} = ME_{\mathrm{m}} + ME_{\mathrm{f}} + ME_{\mathrm{egg}} + ME_{\mathrm{g}} \quad \textbf{(8.2)}$$

ME_{lh}	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_{egg}	daily metabolisable energy for egg production (in MJ pl^{-1} d^{-1})
ME_{g}	daily metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl^{-1} d^{-1})

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.

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:

Die Berechnung von ME_{m} erfolgt in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur gemäß

$$ME_{\mathrm{m}} = \left(\eta_{\mathrm{ME,\,m}} + \eta_{\mathrm{ME,\,mt}}\right) \cdot \frac{1}{\tau_{\mathrm{lifespan,lh}}} \cdot \Sigma W \quad \textbf{(8.3)}$$

ME_{m}	daily metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl^{-1} d^{-1})
$\eta_{\mathrm{ME,\,m}}$	specific metabolisable energy required for daily maintenance ($\eta_{\mathrm{ME,\,m}}$ = 0,48 MJ kg^{-1} d^{-1}, cf. GFE, 2000, eq. 1.2.4.1)
$\eta_{\mathrm{ME,\,mt}}$	specific metabolisable energy required for daily maintenance under low temperature conditions (in MJ kg d^{-1}), see below
$\tau_{\mathrm{lifespan,\,lh}}$	lifespan of laying hens (in d), see Chapter 8.3.2
ΣW	cumulative metabolic weight (in kg d pl^{-1})

With $\eta_{\mathrm{ME,\,mt}} > 0$ 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 $\eta_{\mathrm{ME,\,mt}} = 0$.

According to HAENEL and DÄMMGEN (2007b), ΣW is a function of $w_{\mathrm{start,\,lh}}$ and $w_{\mathrm{fin,\,lh}}$, combined with a characteristic time parameter $\tau_{\mathrm{char,\,g,\,lh}}$. ($\tau_{\mathrm{char,\,g,\,lh}}$ = 56 d). This parameter corresponds to about half of the time after the hen has moved in, in which the hen is still gaining significant weight.

For the choice of $\tau_{\mathrm{lifespan,\,lh}}$ see also Chapter 8.3.2.

Mit $\eta_{\mathrm{ME,\,mt}} > 0$ 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 $\eta_{\mathrm{ME,\,mt}} = 0$ gerechnet.

Nach HAENEL und DÄMMGEN (2007b) wird ΣW als Funktion von Start- und Endgewicht mithilfe eines charakteristischen Zeitparameters ($\tau_{\mathrm{char,\,g,\,lh}}$ = 56 d) berechnet. Dieser Parameter entspricht ungefähr der Hälfte der Zeit nach der Einstallung, in der die Henne noch nennenswert zunimmt. Zur Wahl von $\tau_{\mathrm{lifespan,\,lh}}$ siehe auch Kapitel 8.3.2.

$$\sum W = w_{\mathrm{m,ref}} \cdot \left[\tau_{\mathrm{char,\,g,\,lh}} \cdot \left(\frac{w_{\mathrm{start}}}{w_{\mathrm{m,\,ref}}} \right)^{0.75} + \left(\tau_{\mathrm{lifespan}} - \tau_{\mathrm{char,\,g,\,lh}} \right) \cdot \left(\frac{w_{\mathrm{fin}}}{w_{\mathrm{m,\,ref}}} \right)^{0.75} \right] \quad \textbf{(8.4)}$$

$\sum W$	cumulative metabolic weight (in kg d an^{-1})
$w_{\mathrm{m,\,ref}}$	reference weight ($w_{\mathrm{m,\,ref}}$ = 1 kg an^{-1})
$\tau_{\mathrm{char,\,g,\,lh}}$	time scale of growth (in d)
w_{start}	animal weight at the beginning of egg production (in kg an^{-1})
$\tau_{\mathrm{lifespan,\,lh}}$	lifespan of laying hens (in d), see Chapter 8.3.2
w_{fin}	animal weight at the end of egg production (in kg an^{-1})

8.3.3.3 *Metabolisable energy needed to obtain food / Energiebedarf für Nahrungsaufnahme*

The mean daily energy requirements ME_f to obtain food depends on the housing system. ME_f is calculated according to GfE (2000, pg. 29) as follows:

Der mittlere tägliche Energiebedarf ME_f für die Nahrungsaufnahme hängt vom Haltungssystem ab. Er wird nach GFE (2000, S. 29) wie folgt berechnet:

$$ME_{\mathrm{f}} = c_{\mathrm{aer}} \cdot (ME_{\mathrm{m}} + ME_{\mathrm{egg}} + ME_{\mathrm{g}}) \quad \textbf{(8.5)}$$

ME_f	metabolisable energy needed to obtain food (in MJ pl^{-1} d^{-1})
c_{aer}	coefficient for additional energy requirements needed to obtain food (in MJ MJ^{-1})
ME_m	metabolisable energy required for maintenance (in MJ pl^{-1} d^{-1})
ME_{egg}	metabolisable energy for egg production (in MJ pl^{-1} d^{-1})
ME_g	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl^{-1} d^{-1})

The coefficient c_{aer} is 0.10 MJ MJ^{-1} for a deep bedding house, and 0.15 MJ MJ^{-1} 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 coefficient factor c_{aer} = 0.10 MJ MJ^{-1} is used. For tempered cages or small group housing systems there is no energy requirements ME_f (c_{aer} = 0).

Der Koeffizient c_{aer} beträgt 0,10 MJ MJ^{-1} für Bodenhaltung und 0,15 MJ MJ^{-1} für Freilandhaltung. Für Volierenhaltung ist kein Wert bekannt; er dürfte dem der Bodenhaltung am nächsten kommen und wird deshalb mit 0,10 MJ MJ^{-1} angesetzt. Für temperierte Käfighaltung bzw. Kleingruppenhaltung fällt kein Energiebedarf ME_f an (c_{aer} = 0).

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 η_{egg}:

Der mittlere tägliche Bedarf berechnet sich aus der mittleren Masse eines Eies, der mittleren Eizahl pro Tag und einem spezifischen Energiebedarf η_{egg} nach:

$$ME_{\mathrm{egg}} = \eta_{\mathrm{ME,\,egg}} \cdot \frac{n_{\mathrm{eggs}}}{\alpha} \cdot \mu_{\mathrm{egg}} \quad \textbf{(8.6)}$$

ME_{egg}	metabolisable energy required for egg production (in MJ pl^{-1} d^{-1})
$\eta_{ME,\,egg}$	specific metabolisable energy required for egg production ($\eta_{ME,\,egg}$ = 9.6 MJ kg^{-1}, cf. GFE, 2000, eq. 1.2.4.1)
n_{eggs}	number of eggs per place and **year** (in eg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 8.3.2
α	time units conversion factor (α = 365 d a-1)
μ_{egg}	mean egg weight (in kg eg^{-1}), 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 comsumption for growth:

Der mittlere tägliche Bedarf ergibt sich aus der mittleren Gewichtszunahme und dem spezifischen Energiebedarf:

$$ME_{\mathrm{g}} = \eta_{\mathrm{ME,\,g}} \cdot \frac{\Delta w_{\mathrm{lh}}}{\tau_{\mathrm{lifespan,lh}}} \tag{8.7}$$

ME_{g}	metabolisable energy consumed for growth (in MJ pl^{-1} d^{-1})
$\eta_{\mathrm{ME,\,g}}$	specific metabolisable energy required for growth ($\eta_{\mathrm{ME,\,g}}$ = 23 MJ kg^{-1}, cf. GfE, 2000, eq. 1.2.4.1)
Δw_{lh}	weight gain during lifespan as laying hen, according to Chapter 3.1.2.5 (in kg an^{-1})
$\tau_{\mathrm{lifespan,\,lh}}$	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). A regional and temporal differentiation is not possible in the absence of statistical surveys. For the same reason, N-reduced feeding cannot be taken into account.

From the data in Table 8.6 follows a digestibility of energy X_{DE} = 0.791 MJ MJ^{-1} and a metabolisability of energy X_{ME} = 0.733 MJ MJ^{-1}.

The digestibility of protein X_{DXP} is not available. The digestibility of energy X_{DE} is used instead.

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). Eine regionale und zeitliche Differenzierung ist mangels statistischer Erhebungen nicht möglich. Aus dem gleichen Grund kann auch die N-reduzierte Fütterung nicht berücksichtigt werden.

Mit den Daten in Table 8.6 ergibt sich für die Energie-Verdaulichkeit X_{DE} = 0,791 MJ MJ^{-1} und die Energie-Umsetzbarkeit X_{ME} = 0,733 MJ MJ^{-1}.

Die Verdaulichkeit von Protein X_{DXP} ist nicht bekannt. Ersatzweise wird die Verdaulichkeit von Energie X_{DE} verwendet.

Table 8.6: Laying hens, diet used in feeding modelling

The specific energies η_{GE} (gross energy), η_{DE} (digestible energy) and η_{ME} (metbolizable 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	η_{GE} in MJ kg^{-1}	η_{DE} in MJ kg^{-1}	η_{ME} in MJ kg^{-1}	X_{XP} in kg kg^{-1}	X_{DOM} in kg kg^{-1}	x_{ash} in kg kg^{-1}
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 TIERNAHRUNG GMBH & CO. KG (Kleine-Klausing, private communication)
- Energy content, XP content, ash content and digestibility of organic matter in normal feed components: BEYER et al. (2004)
- XP content of N reduced feed: KTBL (2004), cf. discussion in HAENEL and DÄMMGEN (2007b)

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:

Der spezifische N-Gehalt des Futters ergibt sich aus dem XP-Gehalt (Division durch 6.25).

Die über die Lebensdauer gemittelte tägliche Futteraufnahme (Trockenmasse) wird wie folgt berechnet:

$$m_{\mathrm{F,\,DM}} = \frac{ME_{\mathrm{lh}}}{\eta_{\mathrm{ME,\,feed}}} \tag{8.8}$$

$m_{\mathrm{F,\,DM}}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl^{-1} d^{-1})
ME_{lh}	daily requirements of metabolisable energy (in MJ pl^{-1} d^{-1})
$\eta_{\mathrm{ME,\,feed}}$	content of metabolisable energy in feed, related to dry matter (MJ kg^{-1}), see Table 8.6

The inventory does not calculate the amount of gross energy GE as is not needed for the VS calculation method used in the present inventory.

Die GE-Aufnahme mit dem Futter wird im Inventar nicht berechnet, da sie für die aktuell verwendete VS-Berechnungsmethode nicht benötigt wird.

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_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 approach described in DÄMMGEN et al. (2011a), see Chapter 3.3.3.1.

For the required data see Capter 8.3.4.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity B_o is 0.39 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$. 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^3 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_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 Tier-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-Freisetzungskapazität B_o 0,39 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$. 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^3 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_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

8.3.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 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_{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. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

8.3.8.1 N and UAN excretion / N- und UAN-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 Aussscheidungen 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.

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{eggs}} - m_{\text{g}} \quad \textbf{(8.9)}$$

m_{excr}	annual amount of nitrogen excreted (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{feed}	annual amount of nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{eggs}	annual amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{g}	annual amount of nitrogen retained with growth (in kg pl^{-1} a^{-1})

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:

Die Menge des jährlich auf einem mittleren Tierplatz mit dem Futter aufgenommenen Stickstoffs ist eine Funktion von Futteraufnahme und Rohprotein (XP)-Gehalt im Futter:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot m_{\text{F, DM}} \quad \textbf{(8.10)}$$

m_{feed}	annual amount of nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$x_{\text{N, XP}}$	nitrogen content of crude protein (x_{N} = 1/6.25 kg kg^{-1})
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in feed, related to dry matter (in kg kg^{-1}), see Table 8.6
$m_{\text{F, DM}}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl^{-1} d^{-1}), see Chapter 8.3.4

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:

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 Ausscheidungsberechnungen 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:

$$\boldsymbol{m_{\text{eggs}} = n_{\text{eggs}} \cdot x_{\text{XP, eggs}} \cdot x_{\text{N}} \cdot \mu_{\text{egg}}} \quad \textbf{(8.11)}$$

m_{eggs}	amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl^{-1} a^{-1})
n_{eggs}	number of eggs per place and year (in eg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 8.3.2
$x_{\text{XP, eggs}}$	crude protein content of eggs (in kg kg^{-1}), see below
x_{N}	nitrogen content of crude protein (x_{N} = 1/6.25 kg kg^{-1})
μ_{egg}	average egg mass (in kg eg^{-1}), see Chapter 8.3.2

The information on $x_{\text{XP, eggs}}$ provided by the literature varies, e.g. 0.112 kg kg^{-1} XP in GFE (2000, pg. 58) and 0.121 kg kg^{-1} XP in GEFLÜGELJAHRBUCH (2005, pg. 212). The value used in this inventory (0.119 kg kg^{-1} XP) is based on the N content of eggs provided in LFL (2006a), Table 8.

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zu $x_{\text{XP, eggs}}$, z. B. 0,112 kg kg^{-1} in GFE (2000, S. 58) und 0,121 kg kg^{-1} im GEFLÜGELJAHRBUCH (2005, S. 212). Der für das Inventar verwendete Wert 0,119 kg kg^{-1} beruht auf Angaben in LFL (2006a), Tabelle 8, zum N-Gehalt von Eiern.

The N retention is obtained from the weight gain, the lifespan as laying hen and the mean XP content of the animals:

Aus der Gewichtszunahme, der Lebensdauer als Legehenne und dem mittleren N-Gehalt der Tiere folgt für die N-Retention:

$$\boldsymbol{m_{\text{g}} = x_{\text{N, ref, lh}} \cdot \alpha \cdot \frac{\Delta w_{\text{lh}}}{\tau_{\text{lifespan, lh}}}} \quad \textbf{(8.12)}$$

m_{g}	annual amount of nitrogen retained with growth (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{\text{N, ret, lh}}$	N retained per kg live weight of a laying hen ($x_{\text{N, ret, lh}}$ = 0.035 kg kg^{-1}, see LFL, 2006a, Tabelle 8)
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
Δw_{lh}	weight gain during lifespan as laying hen, according to Chapter 3.1.2.5 (in kg an^{-1})
$\tau_{\text{lifespan, lh}}$	lifespan of laying hens (in d), see Chapter 8.3.2

The amount of UAN in the amount of N excreted is calculated according to Chapter 3.3.3.2:

Die UAN-Menge im ausgeschiedenen N wird nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet:

$$UAN_{\mathrm{excr}} = X_{\mathrm{DXP}} \cdot m_{\mathrm{feed}} - m_{\mathrm{g}} - m_{\mathrm{eggs}} \quad \textbf{(8.13)}$$

UAN_{excr}	amount of UAN excreted (in kg pl^{-1} a^{-1})
X_{DXP}	crude protein digestibility X_{DXP} (in kg kg^{-1})
m_{feed}	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_g	annual amount of nitrogen retained with growth (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{eggs}	amount of nitrogen exported with eggs (in kg pl^{-1} a^{-1})

As X_{DXP} is not available, the digestibility of energy X_{DE} (see Chapter 8.3.4) is used instead.

Da X_{DXP} nicht bekannt ist, wird mit der Verdaulichkeit von Energie X_{DE} (siehe Kapitel 8.3.4) gerechnet.

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 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 kg pl^{-1} a^{-1} N according to Döhler et al., 2002, pg. 14A. The emission factors provided by Eurich-Menden et

Die verschiedenen Legehennen-Haltungsformen sind mit unterschiedlichen Emissionspotentialen verbunden (Döhler et al., 2002, S. 60).

Seit der Submission 2011 beschränkt sich die Emissionsberichterstattung auf die Berücksichtigung dreier Haltungsformen: Käfig/Kleingruppenhaltung, Voliere/Bodenhaltung sowie Freiland. Die emissionsrelevante Differenzierung zwischen Käfigen/Kleingruppenhaltung mit Kotgrube, belüftetem oder unbelüftetem Kotband geschieht implizit durch einen gewichteten mittleren 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 kg pl^{-1} a^{-1} N (Döhler et al., 2002, S. 14A), während für die Umrechnung der Emissionsfaktoren aus Eurich-Menden et al.

al. (2011) were converted on the basis of the DLG default N excretion of 0,786 kg N (pl · a)$^{-1}$ referring to a housing utilization of 94 % (see DLG, 2005, pg. 47). This is equivalent to 0,836 kg N (pl · 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 used as of 2010 (KTBL-working group „Emissionsfaktoren Tierhaltung", see EURICH-MENDEN et al., 2011). As described for the housing system "aviary/floor management" the emission factors had to be converted by analogy.

On the basis of a national consensus 1,1 times the emission factor for "aviary/floor management" is applied in the inventory for "free range" (KTBL-working group „Emissionsfaktoren Tierhaltung", see EURICH-MENDEN et al., 2011).
Table 8.7 provides an overview of the emission factors used for the submission 2012.

Some laying hen houses are equipped with air scrubbing systems. Those air scrubbing systems remove both NH_3 and particulate matter from the house exhaust air. For further details see Chapter 3.4.5.2.

(2011) das DLG-Standardniveau der N-Ausscheidung zugrunde gelegt wurde. Dieser beläuft sich auf 0,836 kg N (pl · a)$^{-1}$ (abgeleitet aus 0,786 kg N (pl · 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 ab dem Zeitreihen 2010 der Emissionsfaktor für Volieren verwendet wird (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung", siehe EURICH-MENDEN et al., 2011). Dazwischen wird linear interpoliert. Insgesamt war ebenfalls eine Umrechnung 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 gibt einen Überblick über die ab der Submission 2012 eingesetzten Emissionsfaktoren.

In einem Teil der Legehennenhaltung werden Abluftreinigungsanlagen eingesetzt. Diese Anlagen filtern sowohl NH_3 als auch Staub aus der Stallabluft. Zu weiteren Details siehe Kapitel 3.4.5.2.

Table 8.7: Laying hens, partial emission factors for NH_3 losses from housing (in kg NH_3-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_3-Nemission factor for storage, the value given in EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9, is used: 0.08 kg kg^{-1}. 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).

For the NH_3-N emission factors for spreading see Chapter 8.2.2, Table 8.3.

Der partielle NH_3-N-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9, mit 0,08 kg kg^{-1} 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. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Zu den NH_3-N-Emissionsfaktoren für die Ausbringung siehe Kapitel 8.2.2, Table 8.3.

The factors for direct N_2O, NO and N_2 are combined factors for housing and storage. They are given in Table 8.2 (Chapter 8.2.1).

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_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die für Stall und Lager zusammen geltenden Emissionsfaktoren für direktes N_2O, NO und N_2 sind Table 8.2 (Kapitel 8.2.1) 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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

The uncertainty of the NH_3 emission factor characterizing the overall 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 N_2O 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_2 emission factors, the uncertainty of the N_2O emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

Die Unsicherheit des NH_3-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogenene NH_3-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager" wird auf Kapitel 14.4.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N_2-Emissionsfaktor wird die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

8.3.8.4 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) wird nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

8.3.8.5 *Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4. The uncertainty of the activity data (amounts of N) is adopted from Chapter 4.3.7.6.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range.)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4. Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten (N-Mengen) wird wie in Kapitel 4.3.7.6 angesetzt.

(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.

The mitigation of PM emissions by air scrubbers is taken into account, see Chapter 3.4.5.2.

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.

Die Minderung von Partikelemissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. Kapitel 3.4.5.2.

Table 8.8: Laying hens, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
all types	alle Systeme	0.19	0.04	0.003
Source: EMEP (2019)-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 (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	EM1005.022	
		NMVOC	EM1007.022	
		NH_3	EM1009.064	EM1009.066
		N_2O	EM1009.115	
		NO	EM1009.146	
		TSP	EM1010.022	
		PM_{10}	EM1010.053	
		$PM_{2.5}$	EM1010.084	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.026	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	IEF1005.022	
		NMVOC	IEF1007.022	
		NH_3	IEF1009.061	IEF1009.063
		N_2O	IEF1009.108	
		NO	IEF1009.137	
		TSP	IEF1010.021	
		PM_{10}	IEF1010.050	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.079	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.001	AI1005POU.020
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.086	EXCR.087

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_4	enteric fermentation		no method
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 the years between the surveys the poultry numbers 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). The missing broiler numbers for 2017 and 2018 were estimated by keeping the 2016 numbers, see Chapter 3.4.2.2.

For animal number uncertainty see Chapter 8.1.2.

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. In den Zwischenjahren wurden die Geflügelzahlen durch lineare Interpolation geschätzt. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist dabei im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Die für 2017 und 2018 fehlenden Masthähnchenzahlen wurden durch Beibehaltung des Wertes von 2016 geschätzt, siehe Kapitel 3.4.2.2.

Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 8.1.2.

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 statistiscal 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. Is 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 are 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.

The forementioned assumptions for the duration of broiler fattening were not used in the emission calcula-

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 Mastdauerverhältnisse 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.

Diese Annahmen zur Mastdauer gehen nicht unmittelbar in die Emissionsberechnung ein, sondern dienen

tions but to estimate the emission-relevant feed conversion factor (see Chapter 8.4.8.2).

der Schätzung des emissionsrelevanten Futterverwertungskoeffizienten (siehe Kapitel 8.4.8.2).

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).

Die Offizialstatistik 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 gemitteltes Gewicht von 1 kg unterstellt.

8.4.2.2.2 *Broiler meat production / Hähnchenfleischproduktion*

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 only for 2006 and the years before to be realistic.

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 as best as possible.

Table 8.11 shows the time series resulting from this concept and used in the inventory.

Die zur Berechnung der Emissionen benötigten Brutto-Hähnchenfleischproduktion $\Sigma w_{BMP,\,gross}$ wird durch die deutsche Offizialstatistik 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 nur bis 2006 als realistisch einzustufen.

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 aus diesem Konzept resultierende und im Inventar verwendete Zeitreihe.

Table 8.11: Broilers, national total of German broiler meat production (in Gg a^{-1})

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
317.0	322.7	344.3	348.7	364.5	360.8	387.9	402.8	444.4	460.2
2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
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**	**2017**	**2018**	**2019**
1065.7	1156.0	1178.3	1212.9	1268.0	1298.8	1300.2	1316.7	1344.0	1333.9

Sources: see text.

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

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

second last year of the time series has been modified in comparison to last year's submission.

wurde der Wert für das vorletzte Jahr der Zeitreihe gegenüber der letztjährigen Submission aktualisiert.

8.4.3 Energy requirements / Energiebedarf

The ME requirements are not calculated since they are not needed to estimate feed intake (see subsequent chapter).

Der ME-Bedarf wird nicht berechnet, da er für die Berechnung der Futteraufmnahme nicht benötigt wird, siehe das nachfolgende Kapitel.

8.4.4 Feed and energy intake / Futter- und Energieaufnahme

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 German 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:

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 Futterverwertungskoffizienten sowie mittlere Futtereigenschaften.

Demnach wird, ausgehend vom deutschen 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:

$$m_{\mathrm{F,\,FM}} = x_{\mathrm{feed,\,br}} \cdot \frac{1}{n_{\mathrm{br}}} \cdot \frac{\Sigma w_{\mathrm{BMP,\,gross}}}{x_{\mathrm{br,\,cw}}} \qquad \textbf{(8.14)}$$

$m_{\mathrm{F,\,FM}}$	annual feed intake per broiler place, fresh matter (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{\mathrm{feed,\,br}}$	mean feed conversion factor: diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in kg kg^{-1}), see below
n_{br}	annual mean of the total number of German broiler places (see Chapter 8.4.1)
$\Sigma w_{\mathrm{BMP,\,gross}}$	German gross broiler meat production, see Chapter 8.4.2.2.2
$x_{\mathrm{br,\,cw}}$	relative carcass weight, i. e. ratio of carcass weight to final live weight (in kg kg^{-1})

A relative carcass weight of $x_{\mathrm{br,\,cw}}$ = 0.73 kg kg^{-1} is used (Federal Statistical Office, personal communication).

This immediately leads to the annual intake of dry matter:

Der Ausschlachtungsgrad $x_{\mathrm{br,\,cw}}$ wird mit 0,73 kg kg^{-1} angesetzt (Statistisches Bundesamt, persönliche Mitteilung M. Dieterle).

Daraus ergibt sich direkt die jährliche Trockenmasseaufnahme:

$$m_{\mathrm{F,\,DM}} = x_{\mathrm{DM}} \cdot m_{\mathrm{F,\,FM}} \qquad \textbf{(8.15)}$$

$m_{\mathrm{F,\,DM}}$	annual feed intake, dry matter (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\mathrm{F,\,FM}}$	annual feed intake, fresh matter (in kg pl^{-1} a^{-1})
x_{DM}	dry matter content of feed (kg kg^{-1}), see below

The dry matter content of feed is assumed to be 88 %.

The feed conversion factor $x_{\mathrm{feed,\,br}}$ 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 kg kg^{-1} was derived for 1990. For 2010 a feed conversion factor of 1.72 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 are is no evidence of a change

Der Trockenmassegehalt des Futters wird mit 88 % angesetzt.

Der Koeffizient für die Futterverwertung ($x_{\mathrm{feed,\,br}}$) 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 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 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:

Since no representative values are known for the digestibility of energy, crude protein and organic matter, the inventory uses the energy digestibility of pullets given in Section 8.5.4 (0.779 MJ MJ^{-1}) in all three cases.

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 aformentioned feed properties are assumed to be constant with time and space.

In contrast to that, the mean content of crude protein ($x_{XP, feed}$) is estimated as times series using data given in HAENEL UND DÄMMGEN (2009a), see Table 8.12. The content of crude protein is needed for the calculation of N intake wirh feed, see Chapter 8.4.8.2. The 2007 content of crude protein of standard diets can be assumed to be representative also for the subsequent years (cf. HALLE AND TZSCHENTKE, 2009; SIMON AND STEGEMANN, 2009; DAMME AND LEMME, 2010; HILLER ET AL., 2011; HILLER UND NANNEN, 2015). For the years after 2015 new information is not yet available; hence the value of crude 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:

Da für die Verdaulichkeiten von Energie, Rohprotein und organischer Substanz keine repräsentativen Werte bekannt sind, verwendet das Inventar in allen drei Fällen die in Kapitel 8.5.4 angegebene Energie-Verdaulichkeit von Junghennen (0,779 MJ MJ^{-1}).

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 8.4.8.2) 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). Für die Jahre 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 crude protein content in feed $x_{XP, feed}$ (kg kg^{-1}), related to fresh matter

1990	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**
0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.230	0.220
2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
0.220	0.220	0.220	0.210	0.210	0.210	0.205	0.205	0.205	0.205
2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205	0.205

Sources: see text.

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.

8.4.5 Methane from enteric fermentation / Methan aus der Verdauung

For poultry, emissions from enteric fermentation are not calculated (IPCC(2006)-10.27).

Für Geflügel werden Emissionen aus der Verdauung nicht berechnet (IPCC(2006)-10.27).

8.4.6 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 Capter 8.4.4.

The manure of broilers is stored as solid.

Zur Berechnung der CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management wird das Tier-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 8.4.4.

Der Mist von Masthähnchen und –hühnchen wird trocken gelagert.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity B_o and the methane conversion factor *MCF* are 0.36 m^3 kg^{-1} and 0.015 kg kg^{-1} 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_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.

Nach IPCC(2006)-10.82 betragen die maximale Methan-Freisetzungskapazität B_o 0,36 m^3 kg^{-1} und der Methanumwandlungsfaktor *MCF* für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen 0,015 kg kg^{-1}.

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 Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

8.4.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

8.4.8 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. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

8.4.8.1 *N and UAN excretion / N- und UAN-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 Aussscheidungen werden in Abhängigkeit von Leistung und Fütterung berechnet.

Die jährliche N-Ausscheidung auf einem mittleren Tierplatz (zur Tierplatzdefinition siehe Kapitel 3.1.2.2) ergibt sich über die N-Bilanz. Mangels räumlicher Differenzierung der Eingangsdaten ist das Ergebnis für alle Bundesländer gleich.

$$m_{\mathrm{excr}} = m_{\mathrm{feed}} - m_{\mathrm{g}} \qquad \textbf{(8.16)}$$

m_{excr}	amount of nitrogen excreted (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 8.4.8.1
m_{feed}	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1}) , see Chapter 8.4.8.2
m_g	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl^{-1} a^{-1}) , see Chapter 8.4.8.3

The amount of UAN in the amount of N excreted is calculated according to Chapter 3.3.3.2:

Die UAN-Menge im ausgeschiedenen N wird nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet:

$$UAN_{\mathrm{excr}} = X_{\mathrm{DXP}} \cdot m_{\mathrm{feed}} - m_{\mathrm{g}} \qquad \textbf{(8.17)}$$

UAN_{excr}	amount of UAN excreted (in kg pl^{-1} a^{-1})
X_{DXP}	crude protein digestibility X_{DXP} (in kg kg^{-1})

m_{feed}	amount of nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_g	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 8.4.8.3

As X_{DXP} is not available, the digestibility of energy X_{DE} (see Chapter 8.4.4) is used instead.

Da X_{DXP} nicht bekannt ist, wird mit der Verdaulichkeit von Energie X_{DE} (siehe Kapitel 8.4.4) gerechnet.

8.4.8.2 *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:

$$m_{feed} = x_{N,\,XP} \cdot x_{XP,\,feed} \cdot m_{F,\,FM} \qquad \textbf{(8.18)}$$

m_{feed}	annual nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{N,\,XP}$	nitrogen content of crude protein (x_N = 1/6.25 kg kg^{-1})
$x_{XP,\,feed}$	crude protein content of feed, related to fresh matter (in kg kg^{-1}), see Chapter 8.4.4
$m_{F,\,FM}$	annual feed intake, fresh matter (in kg pl^{-1} a^{-1}), see Chapter 8.4.4

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 Ausscheidungsberechnungen für das Inventar durchgängig mit nicht N-reduziertem Futter (siehe Table 8.12).

8.4.8.3 *N retention in the animal / N-Retention im Tierkörper*

In order to calculate the N excretion in Chapter 8.4.8.1 the N retention per animal place and year (m_g) must be known. It is calculated as follows:

Zur Berechnung der N-Ausscheidung in Kapitel 8.4.8.1 wird die N-Retention pro Tierplatz und Jahr (m_g) benötigt. Diese berechnet sich wie folgt:

$$m_g = x_{N,\,ret} \cdot \frac{1}{n_{br}} \cdot \frac{\Sigma w_{BMP,\,gross}}{x_{br,\,cw}} \qquad \textbf{(8.19)}$$

m_g	amount of nitrogen retained with growth (in kg pl^{-1} a^{-1})
$x_{N,\,ret}$	specific N retention as function of duration of fattening, gender-averaged (in kg kg^{-1}), see below
n_{br}	mean annual number of animal places (see Chapter 8.4.1)
$\Sigma w_{BMP,\,gross}$	gross broiler meat production, see Chapter 8.4.2.2.2
$x_{br,\,cw}$	relative carcass weight, i. e. ratio of carcass weight to final live weight (in kg kg^{-1}), see Chapter 8.4.2.2.2

LFL (2006a), Table 8, quantify the specific N retention with $x_{N,\,ret}$ = 0.035 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 $x_{N,\,ret}$ = 0,035 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):

$$x_{N,\,ret} = a_{ret} + b_{ret} \cdot k_{fin} + c_{ret} \cdot k_{fin}^{\,2} \qquad \textbf{(8.20)}$$

$x_{N,\,ret}$	specific N retention as function of duration of fattening, gender-averaged (in kg kg^{-1})
k_{fin}	number of final day of fattening period
a_{ret}	constant (a_{ret} = 2.3806·10^{-2} kg kg^{-1} N)
b_{ret}	constant (b_{ret} = 2.5244·10^{-4} kg kg^{-1} N)
c_{ret}	constant (c_{ret} = -1.9964·10^{-6} kg kg^{-1} N)

Based on a mean fattening duration of 40 days in 1990 (see Chapter 8.4.2.1), Equation (8.20) yields a N

Nach Kapitel 8.4.2.1 beträgt die mittlere Mastdauer für 1990 40 Tage und für 2010 37 Tage. Nach Gleichung

retention of $x_{N, ret}$ = 0.0304 kg kg^{-1}. For 2010, with a mean fattening duration of 37 days, one obtains $x_{N, ret}$ = 0.0307 kg kg^{-1}. In order to avoid underestimation of N excretions (and, as a consequence, N emissions) the inventory calculation used $x_{N, ret}$ = 0.03 kg kg^{-1}.

(8.20) ergibt sich damit $x_{N, ret}$ = 0,0304 kg kg^{-1} für 1990 und $x_{N, ret}$ = 0,0307 kg kg^{-1} für 2010. Zu Vermeidung einer Unterschätzung der N-Ausscheidung (und damit der N-Emissionen) wurden die Inventarberechnungen mit $x_{N, ret}$ = 0,03 kg kg^{-1} durchgeführt.

8.4.8.4 *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.

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.

8.4.8.5 *Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren*

The partial 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 NH_3 emission factor can be taken as a constant which is set to the higher value listed in Table 8.13.

Some broiler houses are equipped with air scrubbing systems. Those air scrubbing systems remove both NH_3 and particulate matter from the house exhaust air. For further details see Chapter 3.4.5.2.

Der partielle NH_3-N-Emissionsfaktor für den Stall basiert auf den Ergebnissen der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (EURICH-MENDEN et al., 2011), die die NH_3-Emission pro Tierplatz und Jahr in Abhängigkeit von der Mastdauer angibt, siehe Table 8.13. Für das Inventar ist eine Umrechnung von NH_3 auf 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.

In einem Teil der Masthähnchenhaltung werden Abluftreinigungsanlagen eingesetzt. Diese Anlagen filtern sowohl NH_3 als auch Staub aus der Stallabluft. Zu weiteren Details siehe Kapitel 3.4.5.2.

Table 8.13: Broilers, derivation of partial emission factors for NH_3-N losses from housing

Fattening period d	EF [a] kg NH_3 (pl · a)$^{-1}$	EF [b] kg NH_3-N (pl · a)$^{-1}$	Standard N excretion [c] kg N (pl · a)$^{-1}$	EF related to standard N excretion kg NH_3-N (kg N_{excr})$^{-1}$	EF used in the inventory kg NH_3-N (kg N_{excr})$^{-1}$
33	0.035	0.029	0.319	0.090	0.090
42	0.0486	0.040	0.469	0.085	

[a] Source: EURICH-MENDEN et al. (2011)
[b] Source: EURICH-MENDEN et al. (2011), data multiplied by 14/17 to transform from NH_3 to NH_3-N units
[c] Source: DLG (2005), pg. 49/50

For the partial NH_3-Nemission factor for storage, the value given in EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9, is used: 0.30 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).

The emission factors for N_2O, NO and N_2 are combined factors for house and storage, see Chapter 8.2.1, Table 8.2.

For the NH_3-N emission factors for spreading see Chapter 8.2.2, Table 8.3.

Der partielle NH_3-N-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2019)-3B-31, Table 3.9, mit 0,30 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. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Die Emissionsfaktoren für N_2O, NO und N_2 glten für Stall und Lager zusammen, siehe Kapitel 8.2.1, Table 8.2.

Zu den NH_3-N-Emissionsfaktoren für die Ausbringung siehe Kapitel 8.2.2, Table 8.3.

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_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The uncertainty of the NH_3 emission factor characterizing the overall 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 N_2O 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_2 emission factors, the uncertainty of the N_2O emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Unsicherheit des NH_3-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogenene NH_3-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager" siehe Kapitel 14.4.1. Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N_2-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

8.4.8.6 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

8.4.8.7 *Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4.

The uncertainty of the activity data (amounts of N) is adopted from Chapter 4.3.7.6.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten (N-Mengen) wird wie in Kapitel 4.3.7.6 angesetzt.

(Hinweis: Nur für Legehennen gibt es die Möglichkeit für Freilandaufenthalt („Weidegang").)

8.4.9 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 8.14. 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, see Chapter 3.4.5.2.

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.

Die Minderung von Partikelemissionen durch Abluftreinigungsanlagen wird berücksichtigt, s. Kapitel 3.4.5.2.

Table 8.14: Broilers, emission factors for particle emissions from housing

Housing type	Haltungssystem	Emission factor for TSP kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.04	0.02	0.002
Source: EMEP (2019)-3B-19, Table 3.5				

8.4.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 8.15: Broilers, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	EM1005.023	
		NMVOC	EM1007.023	
		NH_3	EM1009.067	EM1009.069
		N_2O	EM1009.116	
		NO	EM1009.147	
		TSP	EM1010.023	
		PM_{10}	EM1010.054	
		$PM_{2.5}$	EM1010.085	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.027	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	IEF1005.023	
		NMVOC	IEF1007.023	
		NH_3	IEF1009.064	IEF1009.066
		N_2O	IEF1009.109	
		NO	IEF1009.138	
		TSP	IEF1010.022	
		PM_{10}	IEF1010.051	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.080	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.021	AI1005POU.036
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.088	EXCR.089

8.5 Pullets / Junghennen

Pullets are young hens between hatching and the beginning of egg production (18th 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 Einstallung als Legehenne (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_4	enteric fermentation		
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 the years between the surveys the poultry numbers 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). The missing pullet numbers for 2017 and 2018 were estimated by keeping the 2016 numbers, see Chapter 3.4.2.2.

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 by 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. In den Zwischenjahren wurden die Geflügelzahlen durch lineare Interpolation geschätzt. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist dabei im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Die für 2017 und 2018 fehlenden Junghennenzahlen wurden durch Beibehaltung des Wertes von 2016 geschätzt, siehe Kapitel 3.4.2.2.

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 Legehenne 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:

$$n_{\mathrm{pu}} = \left(n_{\mathrm{AA}} + n_{\mathrm{AB}}\right) \cdot \frac{\tau_{\mathrm{round,pu}}}{\tau_{\mathrm{round,lh}} + \tau_{\mathrm{round,pu}}} \qquad \textbf{(8.21)}$$

n_{pu} modified of pullet places considered, used in the inventory for the years 1990 - 2007
n_{AA} animal place numbers of type AA (i. e. laying hens) in the German census until 2007, see Table 8.1
n_{AB} animal place numbers of type AB (i. e. laying pullets) 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, based on the modified 2007 animal numbers (see above).

For the uncertainty of the animal numbers see Chapter 8.1.2.

Die nächste Geflügelzählung nach 2007 fand 2010 statt. Ab dieser Zählung wurden die Tierzahlen von Junghennen und Legehennen entsprechend der Haltungspraxis erhoben. Daher entfällt ab 2010 eine Umrechnung nach Gleichung (8.21) 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 zugrunde gelegt wurden.

Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 8.1.2.

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 and DÄMMGEN, 2007a). The start weight is 45 g , see DAENISCHESSEN (2006). The final weight of pullets equals the start weight of laying hens, see Chapter 8.3.2.

Lebensdauer, Anfangs- und Endgewicht sowie Eigewicht 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 Einstallung als Legehenne (siehe KTBL, 2004, S. 481) mit 128 Tagen angesetzt. HAENEL und DÄMMGEN (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 enstpricht dem Anfangsgewicht der Legehennen (siehe Kapitel 8.3.2).

8.5.3 Energy requirements /Energiebedarf

The daily requirements of metabolizable energy per animal place consist of three partial requirements:

Der Tagesbedarf an metabolisierbarer Energie pro Tierplatz setzt sich aus drei Teilbedarfen zusammen:

$$ME_{\mathrm{pu}} = ME_{\mathrm{m}} + ME_{\mathrm{f}} + ME_{\mathrm{g}} \qquad \textbf{(8.22)}$$

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})

The three terms on the right-hand side of the equation cannot be calculated in the inventory model because the data needed are not available. Hence the daily ME requirements can only be deduced from the knowledge of the ME content of the feed and the (mean) daily ME requirements:

Die drei Terme auf der rechten Seite dieser Gleichung können im Inventarmodell mangels Daten nicht berechnet werden. Daher kann nur aus der aufgenommenen Futtermenge und dem ME-Gehalt des Futters auf den (mittleren) täglichen Gesamt-ME-Bedarf zurückgeschlossen werden:

$$ME_{\mathrm{pu}} = \eta_{\mathrm{ME,\ feed}} \cdot m_{\mathrm{F,\ FM}} \qquad \textbf{(8.23)}$$

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

The determination of the feed intake and the ME content of the feed are described in the following chapter 8.5.4.

Die Ermittlung der aufgenommenen Futtermenge und des ME-Gehalts des Futters werden im nachfolgenden Kapitel 8.5.4 beschrieben.

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 (fresh matter). As no data on the intake of metabolizable energy (ME) is mentioned by 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 MJ kg^{-1}, related to fresh matter.

Die Junghennen-Fütterung erfolgt in der Regel in vier bis fünf Phasen, mindestens aber in zwei Phasen.

KTBL (2006), S. 576, gibt den Futterbedarf für 4 Phasen an, siehe Table 8.17 (Frischmasse). Da KTBL keine entsprechenden Angaben zur Aufnahme an umsetzbarer Energie (ME) 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 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) [a] kg	ME content [b] MJ kg^{-1}
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 [c]

Sources: [a] KTBL (2006), pg. 576; [b] HALLE (2002), Table 1; [c] 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):

$$m_{\mathrm{F,\ FM}} = x_{\mathrm{feed,\ pu}} \cdot \frac{\Delta w_{\mathrm{pu}}}{\tau_{\mathrm{lifespan,pu}}} \qquad \textbf{(8.24)}$$

$m_{F,\ FM}$ daily feed intake, fresh matter (in kg pl^{-1} d^{-1})
$x_{feed,\ pu}$ pullet diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in kg kg^{-1}), see below
Δw_{pu} weight gain during lifetime as pullet (in kg an^{-1}), see Chapter 8.5.2
$T_{lifespan,\ pu}$ 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 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 kg kg^{-1}, siehe HAENEL und DÄMMGEN (2007a).

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über alle Tage eines Durchgangs):

$$m_{\mathrm{F,\ DM}} = x_{\mathrm{DM}} \cdot m_{\mathrm{F,\ FM}} \qquad \textbf{(8.25)}$$

$m_{F,\ DM}$ 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

The inventory assumes a dry matter content of pullet feed of 0.88 kg kg^{-1} and a nitrogen content of 0.0247 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 crude 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 MJ kg^{-1} and a mean specific DE content of $\eta_{DE,\ feed}$ = 12.28 MJ kg^{-1} (both related to fresh matter) which results in a digestibility of energy X_{DE} = 0.779 MJ MJ^{-1} and a metabolizability of energy X_{ME} = 0.711 MJ MJ^{-1} (HAENEL and DÄMMGEN, 2007a).

Für das Junghennenfutter wird ein Trockenmassegehalt von 0,88 kg kg^{-1} und ein auf Trockenmasse bezogener N-Gehalt von 0,0247 kg kg^{-1} angenommen. 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 MJ kg^{-1} und ein mittlerer spezifischer DE-Gehalt von $\eta_{DE,\ feed}$ = 12,28 MJ kg^{-1}, sowie die Verdaulichkeit von Energie X_{DE} = 0,779 MJ MJ^{-1} und die Umsetzbarkeit von Energie X_{ME} = 0,711 MJ MJ^{-1} (HAENEL und DÄMMGEN, 2007a).

Since no representative values are known for the digestibility of crude protein and organic matter, the inventory uses the energy digestibility in both cases (see above).

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 crude protein content of 0.146 kg kg^{-1} (averaged over all feeding phases). This corresponds to a fresh matter N content of 0.0234 kg kg^{-1}. Related to dry matter (using a dry matter content of 88 kg kg^{-1}, see above), this leads to a N content of 0.0206 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.

Da für die Verdaulichkeiten von Rohprotein und organischer Substanz keine repräsentatven Werte bekannt sind, verwendet das Inventar in beiden Fällen die Energie-Verdaulichkeit (s. o.).

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 kg kg^{-1}, entsprechend einem N-Gehalt in der Futterfrischmasse von 0,0234 kg kg^{-1}, ableiten. Bezogen auf Trockenmasse (bei einem Trockenmassegehalt von 0,88 kg kg^{-1}, s. o) ist das ein N-Gehalt von 0,0206 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.

8.5.5 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).

8.5.6 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 Capter 8.5.4.

IPCC (2006) does not provide B_o and *MCF* default data for pullets. Hence, as there are no national data, Germany uses the high B_o value provided by IPCC (2006), Table 10A-9, for laying hens: 0.39 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$. For the MCF the inventory uses the value provided by IPCC (2006) for laying hens, broilers, ducks and turkeys (0.015 m^3 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_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 Tier-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_o und *MCF* an. In Ermamgelung eines nationalen Wertes wird in konservativer Weise der in IPCC (2006), Table 10A-9 angegebene hohe B_o-Wert von Legehennen verwendet: 0,39 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$. Für den MCF wird der in IPCC (2006) für Legehennen, Masthähnchen, Enten und Puten angegebene Wert angesetzt: 0,015 m^3 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_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-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 the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

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. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

8.5.8.1 N and UAN excretion / N- und UAN-Ausscheidung

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.

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \tag{8.26}$$

m_{excr}	annual nitrogen excretion (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{feed}	annual nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{g}	annual nitrogen retention with growth (in kg pl^{-1} a^{-1})

The annual feed intake on an average animal place is given by:

Für die jährliche Futteraufnahme auf einem mittleren Tierplatz gilt:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N}} \cdot m_{\text{F, DM}} \tag{8.27}$$

m_{feed}	annual nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
x_{N}	nitrogen content of feed, related to dry matter (in kg kg^{-1}), see Chapter 8.5.4
$m_{\text{F, DM}}$	daily feed intake, dry matter (in kg pl^{-1} d^{-1}), see Chapter 8.5.4

LFL (2006a), Table 8, report a specific N retention of 0.035 kg kg^{-1} N. Thus, N retained on an average animal place amounts to

Die spezifische Retention beträgt nach LFL (2006a), Tabelle 8, 0,035 kg kg^{-1} N. Daraus folgt für die N-Retention auf einem mittleren Tierplatz:

$$m_{\text{g}} = \alpha \cdot x_{\text{N, ret, pu}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{pu}}}{\tau_{\text{lifespan,pu}}} \tag{8.28}$$

m_{g}	annual nitrogen retention with growth (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$x_{\text{N, ret, pu}}$	nitrogen retained per kg weight gain (in kg kg^{-1}), see above
Δw_{pu}	weight gain during lifetime as pullet, according to Chapter 3.1.2.5 (in kg an^{-1}), see Chapter 8.5.2
$T_{\text{lifespan, pu}}$	duration of lifetime as pullet (in d), see Chapter 8.5.2

The amount of UAN in the amount of N excreted is calculated according to Chapter 3.3.3.2, see for example the UAN calculation for broilers (Chapter 8.4.8.1). As the digestibility of crude protein is not available, the digestibility of energy (see Chapter 8.5.4) is used instead.

Die UAN-Menge im ausgeschiedenen N wird wie bei den Masthähnchen (siehe Kapitel 8.4.8.1) nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet. Da die dafür benötigte Verdaulichkeit von Rohprotein nicht bekannt ist, wird mit der Verdaulichkeit von Energie (siehe Kapitel 8.5.4) gerechnet.

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 kg per place and year is assumed. For the properties of straw see Chapter 3.3.4.3.2.

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 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 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 NH_3 emission factor used in the inventory is 0.09 kg kg^{-1} related to N excretion (see Chapters 8.3.8.3 and 8.4.8.5). This emission factor is adopted for pullets accordingly.

For storage no partial 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 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).

The EF for N_2O, NO and N_2 are combined factors for house and storage, see Chapter 8.2.1, Table 8.2.

For the NH_3-N emission factors for spreading see Chapter 8.2.2, Table 8.3.

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_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The uncertainty of the NH_3 emission factor characterizing the overall 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 N_2O 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_2 emission factors, the uncertainty of the N_2O 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 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 NH_3-Emissionsfaktor von 0,09 kg kg^{-1} (siehe Kapitel 8.3.8.3 und 8.4.8.5). Dieser Emissionsfaktor wird für Junghühner übernommen.

Für das Lager ist kein partieller NH_3-N-Emissionsfaktor bekannt. Es wird der für Masthähnchen in EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, angegebene Wert übernommen: 0,17 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. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Die Emissionsfaktoren für N_2O, NO und N_2 gelten für Stall und Lager zusammen, siehe Kapitel 8.2.1, Table 8.2.

Zu den NH_3-N-Emissionsfaktoren für die Ausbringung siehe Kapitel 8.2.2, Table 8.3.

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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Unsicherheit des NH_3-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogenene NH_3-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 14.4.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N_2-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

8.5.8.4 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and EF.

(Indirect N_2O emissions from agricultural soils after spreading of manures or digestated manures are reported in Sector 3.D. For the calculation see Chapter 12.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und EF.

(Indirektes N_2O infolge Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Wirtschaftsdünger-Gärresten wird 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 see Chapter 4.2.2.4. The uncertainty of the activity data (amounts of N) is adopted from Chapter 4.3.7.6.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4. Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten (N-Mengen) wird wie in Kapitel 4.3.7.6 angesetzt.

(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 (2019)-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 (2019)-3B-19, Table 3.5 gibt für Junghennen keine EF an. Unter der Annahme vergleichbarer Verhältnisse bei der Junghennen- und Masthähnchen-Haltung werden die EF 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^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	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 (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	EM1005.024	
		NMVOC	EM1007.024	
		NH_3	EM1009.070	EM1009.072
		N_2O	EM1009.117	
		NO	EM1009.148	
		TSP	EM1010.024	
		PM_{10}	EM1010.055	
		$PM_{2.5}$	EM1010.086	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.029	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	IEF1005.024	
		NMVOC	IEF1007.024	
		NH_3	IEF1009.067	IEF1009.069
		N_2O	IEF1009.110	
		NO	IEF1009.139	
		TSP	IEF1010.023	
		PM_{10}	IEF1010.052	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.081	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.037	AI1005POU.053
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.090	EXCR.091

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 accounte 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_4	enteric fermentation		
CH_4	manure management	2	IPCC
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	1	EMEP
N_2O, NO, N_2	manure management	1	IPCC
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 the years between the surveys the poultry numbers 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). The missing goose numbers for 2017 and 2018 were estimated by keeping the 2016 numbers, see Chapter 3.4.2.2.

For the uncertainty of the animal numbers see Chapter 8.1.2.

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. In den Zwischenjahren wurden die Geflügelzahlen durch lineare Interpolation geschätzt. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist dabei im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Die für 2017 und 2018 fehlenden Gänsezahlen wurden durch Beibehaltung des Wertes von 2016 geschätzt, siehe Kapitel 3.4.2.2.

Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 8.1.2.

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^{-1}. Predominant is a mean weight gain ("Mittelmast") (KTBL, 2005a, pg. 719).

Due to the simple calculation methodology for emissions from geese, the goose weight is not used in those calculations.

Gänse werden in Deutschland praktisch ausschließlich so produziert, dass sie im November/Dezember mit einem Gewicht von ca. 7 kg an^{-1} geschlachtet werden. Regelform der Mast ist die Mittelmast (KTBL, 2005a, S. 719).

Aufgrund der einfachen Berechnungsmethodik für die Emissionen aus der Gänsehaltung geht das Gänsegewicht nicht in die Berechnungen ein.

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_4 emissions from manure management are quantified using the Tier 2 methodology, see Chapter 3.3.4.1.

Die CH_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden mit dem Tier-2-Verfahren berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.1.

This method requires the knowledge of VS excretions. However, due to the lack of a description of feed 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 quals 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 kg pl^{-1} a^{-1} (ca. 0,023 kg pl^{-1} 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_o 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_o is also taken from ducks: 0.36 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$. For the MCF the inventory uses the value provided by IPCC (2006) for laying hens, broilers, ducks and turkeys (0.015 m^3 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_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 dafür benötigten VS-Ausscheidungen können mangels Beschreibung der Futter- und Energieaufnahme 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 kg pl^{-1} a^{-1} (ca. 0,023 kg pl^{-1} 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_o und *MCF* an. Da aber die Schätzung der VS-Ausscheidung auf Enten-Daten beruht (s. o.), wird auch der B_o-Wert von Enten verwendet: 0,36 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$. Für den MCF wird der in IPCC (2006) für Legehennen, Masthähnchen, Enten und Puten angegebene Wert angesetzt: 0,015 m^3 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_4-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management liegen nicht vor. IPCC(2006)-10.48 schätzt die Unsicherheit bei Anwendung von Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

8.6.5 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 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.

According to DLG (2005), pg. 53, geese excrete 554 g an^{-1} = 554 g pl^{-1} a^{-1} 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 (2019)-3B-31, Table 3.9).

A spatial and temporal differentiation of N and UAN excretion is not possible due to a lack of corresponding input data.

Die Berechnung der Emissionen der Stickstoff-Spezies beruht auf Vorgaben zur N-Ausscheidung und deren UAN-Gehalt sowie Annahmen zur Ausbringung.

DLG (2005), S. 53, gibt für die N-Ausscheidung 554 g an^{-1} = 554 g pl^{-1} a^{-1} an. Dieser Wert ist trotz höheren Tiergewichts niedriger als die N-Ausscheidung von Enten. Dies ist darauf zurück zu führen, dass ein Gänseplatz im Mittel nur bis zu einem halben Jahr besetzt ist.

Der UAN-Gehalt der N-Ausscheidungen wird nach EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9, mit 70 % angenommen.

Eine räumlicher und zeitliche Differenzierung von N- und UAN-Ausscheidung ist mangels entsprechender Eingangsdaten nicht möglich.

Due to lack of data, N inputs with bedding material are not taken into account.

As no national value is available for the NH_3-N housing emission factor, the EMEP default emission factor of 0.57 kg kg^{-1} (related to UAN excretion; for UAN see Chapter 3.3.3.2) is used in the inventory (EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9).

For the partial NH_3-N emission factor for storage, the value given in EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9, is used: 0.16 kg kg^{-1}. The factor relates to the UAN amount entering the storage.

The emission factors for direct N_2O, NO and N_2 comprise manure management (housing/storage without spreading), see Chapter 8.2.1, 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_x), but are not accounted regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Indirect N_2O emissions from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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 NH_3-N emission factors for spreading see Chapter 8.2.2, Table 8.3.

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4.

The uncertainty of the activity data (amounts of N) is adopted from Chapter 4.3.7.6.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

N-Einträge durch Einstreu werden mangels Daten nicht berücksichtigt.

In Ermangelung eines nationalen Wertes für den partiellen NH_3-N-Emissionsfaktor für den Stall wird nach EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9, ein NH_3-N-Emissionsfaktor von 0,57 kg kg^{-1} bezogen auf die UAN-Ausscheidung angesetzt.

Der partielle NH_3-N-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP (2019)-3B-31, Table 3.9, mit 0,16 kg kg^{-1} angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Die Emissionsfaktoren für direktes N_2O, NO und N_2 gelten für für das Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung), siehe Kapitel 8.2.1, 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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

Zu den NH_3-N-Emissionsfaktoren für die Ausbringung siehe Kapitel 8.2.2, Table 8.3.

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten (N-Mengen) wird wie in Kapitel 4.3.7.6 angesetzt.

(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 $PM_{2.5}$ emission factor provided by EMEP (2019)-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 $PM_{2.5}$ factor provided by EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, was 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.

Der von EMEP (2019)-3B-19, Table 3.5, angegebene Emissionsfaktor für $PM_{2.5}$ 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.

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 kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.24	0.24	0.032
Source: EMEP (2019)-3B-553, Table A1.7 (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 (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	EM1005.024	
		NMVOC	EM1007.024	
		NH_3	EM1009.070	EM1009.072
		N_2O	EM1009.117	
		NO	EM1009.148	
		TSP	EM1010.024	
		PM_{10}	EM1010.055	
		$PM_{2.5}$	EM1010.086	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.029	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	IEF1005.024	
		NMVOC	IEF1007.024	
		NH_3	IEF1009.067	IEF1009.069
		N_2O	IEF1009.110	
		NO	IEF1009.139	
		TSP	IEF1010.023	
		PM_{10}	IEF1010.052	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.081	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.037	AI1005POU.053
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.090	EXCR.091

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_4	enteric fermentation		
CH_4	manure management	2	IPCC
NMVOC	manure management	1	EMEP
NH_3	manure management	2	EMEP
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 the years between the surveys the poultry numbers 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). The missing duck numbers for 2017 and 2018 were estimated by keeping the 2016 numbers, see Chapter 3.4.2.2.

For the uncertainty of the animal numbers see Chapter 8.1.2.

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. In den Zwischenjahren wurden die Geflügelzahlen durch lineare Interpolation geschätzt. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist dabei im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Die für 2017 und 2018 fehlenden Entenzahlen wurden durch Beibehaltung des Wertes von 2016 geschätzt, siehe Kapitel 3.4.2.2.

Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 8.1.2.

8.7.2 Animal weights and duration of fattening period / Tiergewichte und Mastdauer

The duckling weight is 0,055 kg an^{-1}, the final weight 3.0 kg an^{-1} (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^{-1}, das mittlere Endgewicht 3,0 kg an^{-1} (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:

$$ME_{\mathrm{du}} = \eta_{\mathrm{ME,\,feed}} \cdot m_{\mathrm{F,\,FM}} \tag{8.29}$$

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):

$$m_{\mathrm{F,\,FM}} = x_{\mathrm{feed,\,du}} \cdot \frac{\Delta w_{\mathrm{du}}}{\tau_{\mathrm{lifespan,du}}} \tag{8.30}$$

$m_{F,\,FM}$	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
Δw_{du}	animal weight gain during lifespan as defined in Chapter 3.1.2.4 (in kg an^{-1}), see below
$T_{lifespan,\,du}$	duration of lifetime (in d), see Chapter 8.7.2

The feed conversion factor $x_{feed,\,du}$ is estimated by linear interpolation of feed intake 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:

$$x_{\mathrm{feed,\,du}} = \frac{1}{\Delta w_{\mathrm{du}}} \cdot \left[F_{\mathrm{du,\,1}} + (w_{\mathrm{fin}} - w_1) \cdot \frac{F_{\mathrm{du,\,2}} - F_{\mathrm{du,\,1}}}{w_2 - w_1}\right] \tag{8.31}$$

$x_{feed,\,du}$	duck diet mass (fresh matter) needed for animal weight gain (in kg kg^{-1})
Δw_{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 Δw_{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}.

This leads to the daily intake of dry matter (average over lifespan):

Die Gewichtszunahme Δw_{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}.

Daraus ergibt sich die tägliche Trockenmasseaufnahme (Mittelwert über Lebensdauer):

$$m_{\mathrm{F,\,DM}} = x_{\mathrm{DM}} \cdot m_{\mathrm{F,\,FM}} \tag{8.32}$$

$m_{F,\,DM}$	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.

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

Since no representative values are known for the digestibility of energy, crude protein and organic 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).

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.

Da für die Verdaulichkeiten von Energie, Rohprotein und organischer Substanz keine repräsentatven Werte

the inventory uses the energy digestibility of pullets given in Section 8.5.4 (0.779 MJ MJ^{-1}) in all three cases.

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.

bekannt sind, verwendet das Inventar in allen drei Fällen die in Kapitel 8.5.4 angegebene Energie-Verdaulichkeit von Junghennen (0,779 MJ MJ^{-1}).

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 Capter 8.7.4.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity B_o and the methane conversion factor *MCF* are 0.36 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$ and 0.01 m^3 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 m^3 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 Tier-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_o 0,36 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$ und der Methanumwandlungsfaktor *MCF* für alle in Deutschland vorkommenden Jahresmitteltemperaturen 0,01 m^3 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 m^3 m^{-3} 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 Tier-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 the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

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

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. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

8.7.8.1 *N and UAN excretion / N- und UAN-Ausscheidung*

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 alle 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.

$$m_{\text{excr}} = m_{\text{feed}} - m_{\text{g}} \tag{8.33}$$

m_{excr}	annual nitrogen excretion (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{feed}	annual nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
m_{g}	annual nitrogen retention with growth (in kg pl^{-1} a^{-1})

The annual feed intake is given by:

Für die jährliche Futteraufnahme gilt:

$$m_{\text{feed}} = \alpha \cdot x_{\text{N, XP}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot m_{\text{F, FM}} \tag{8.34}$$

m_{feed}	annual nitrogen intake with feed (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$x_{\text{N, XP}}$	nitrogen content of crude protein ($x_{\text{N, XP}}$ = 1/6.25 kg kg^{-1})
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in duck diet (kg kg^{-1}), see Chapter 8.7.4
$m_{\text{F, FM}}$	daily feed intake, averaged over lifespan, fresh matter (in kg pl^{-1} 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 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 kg kg^{-1} angesetzt. Daraus folgt für die N-Retention auf einem mittleren Tierplatz:

$$m_{\text{g}} = \alpha \cdot x_{\text{N, ret, du}} \cdot \frac{\Delta w_{\text{du}}}{\tau_{\text{lifespan,du}}} \tag{8.35}$$

m_{g}	annual nitrogen retention with growth (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$x_{\text{N, ret, du}}$	N retention per kg weight gain (in kg kg^{-1}), see above
Δw_{du}	animal weight gain during lifespan as defined in Chapter 3.1.2.4 (in kg an^{-1}), see below
$T_{\text{lifespan, du}}$	duration of lifetime (in d), see Chapter 8.7.2

The amount of UAN in the amount of N excreted is calculated according to Chapter 3.3.3.2, see for example the UAN calculation for broilers (Chapter 8.4.8.1). As the digestibility of crude protein is not available, the digestibility of energy (see Chapter 8.7.4) is used instead.

Die UAN-Menge im ausgeschiedenen N wird wie bei den Masthähnchen (siehe Kapitel 8.4.8.1) nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet. Da die dafür benötigte Verdaulichkeit von Rohprotein nicht bekannt ist, wird mit der Verdaulichkeit von Energie (siehe Kapitel 8.7.4) gerechnet.

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 animals 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.

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 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 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 emisson factor is 0.146 kg NH_3 (pl · 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 kg an^{-1}) and using the number of production cycles given in DLG (2005), pg. 52 (6.5 cycles per year). It approximatley yields half the N excretion given in DLG (2005): 0.751 kg N per place and year. This value is used for the conversion of the above mentioned KTBL emission factor of 0.146 kg NH_3 (pl · a)$^{-1}$ to the N excretion-related value of 0.160 kg NH_3-N (kg · a)$^{-1}$.

For the partial NH_3 emission factor for storage, the value given in EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, is used: 0.24 kg kg^{-1} 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).

The emission factors for N_2O, NO and N_2 are combined factors for house and storage, see Chapter 8.2.1, Table 8.2.

For the NH_3-N emission factors for spreading see Chapter 8.2.2, Table 8.3.

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_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The uncertainty of the NH_3 emission factor characterizing the overall 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 N_2O 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_2 emission factors, the uncertainty of the N_2O emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

Der NH_3-Emissionsfaktor für den Stall basiert auf den Ergebnissen der KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (EURICH-MENDEN et al., 2011), die die NH_3-Emission pro Tierplatz und Jahr mit 0,146 kg NH_3 (pl · a)$^{-1}$ angibt. Für das Inventar ist eine Umrechnung auf NH_3-N sowie der Bezug auf die ausgeschiedene N-Menge erforderlich. DLG (2005), S. 52, gibt eine Standard-N-Ausscheidung von 1,482 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 kg an^{-1}) liefert unter Berücksichtigung von 6,5 Durchgängen pro Jahr (DLG, 2005, S. 52) denn auch ungefähr die Hälfte der DLG-Standdard-N-Ausscheidung: 0,751 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 kg NH_3 (pl · a)$^{-1}$), so dass sich der Emissionsfaktor schließlich zu 0,160 kg NH_3-N pro kg N-Ausscheidung und Jahr ergibt.

Der partielle NH_3-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, mit 0,24 kg kg^{-1} N angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

Die Emissionsfaktoren für N_2O, NO und N_2 glten für Stall und Lager zusammen, siehe Kapitel 8.2.1, Table 8.2.

Zu den NH_3-N-Emissionsfaktoren für die Ausbringung siehe Kapitel 8.2.2, Table 8.3.

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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Unsicherheit des NH_3-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogenene NH_3-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des N2O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ wird auf Kapitel 14.4.1 verwiesen.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N_2-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

8.7.8.4 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and emission factor.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und Emissionsfaktor.

(Indirekte N_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

8.7.8.5 *Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4.

The uncertainty of the activity data (amounts of N) is adopted from Chapter 4.3.7.6.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten (N-Mengen) wird wie in Kapitel 4.3.7.6 angesetzt.

(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 $PM_{2.5}$ emission factor provided by von EMEP (2019)-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 $PM_{2.5}$ factor provided by EMEP(2013)-3B-53, Table A3-4, was 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.

Der von EMEP (2019)-3B-19, Table 3.5, angegebenen Emissionsfaktor für $PM_{2.5}$ 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

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^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.14	0.14	0.018
Source: EMEP (2019)-3B-55, Table A1.7 (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 (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	EM1005.026	
		NMVOC	EM1007.026	
		NH_3	EM1009.076	EM1009.078
		N_2O	EM1009.119	
		NO	EM1009.150	
		TSP	EM1010.026	
		PM_{10}	EM1010.057	
		$PM_{2.5}$	EM1010.088	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.032	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	IEF1005.026	
		NMVOC	IEF1007.026	
		NH_3	IEF1009.073	IEF1009.075
		N_2O	IEF1009.112	
		NO	IEF1009.141	
		TSP	IEF1010.025	
		PM_{10}	IEF1010.054	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.083	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.069	AI1005POU.083
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.094	EXCR.095

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.

Turkey production in Germany is quasi industrial with uniform conditions. Hence, there is no need for regional differentiation.

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 quasi-industrielle Putenmast verläuft in Deutschland unter einheitlichen Bedingungen. Damit erübrigt sich eine regionale Differenzierung.

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_4	enteric fermentation		no method
CH_4	manure management	2	IPCC / national
NMVOC	manure management	1	EMEP / national
NH_3	manure management	2	EMEP / national
N_2O, NO, N_2	manure management	2	IPCC / national
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 the years between the surveys the poultry numbers 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). The missing turkey numbers for 2017 and 2018 were estimated by keeping the 2016 numbers, see Chapter 3.4.2.2.

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:

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. In den Zwischenjahren wurden die Geflügelzahlen durch lineare Interpolation geschätzt. Der auffällig starke Anstieg zwischen 2010 und 2013 ist dabei im Wesentlichen auf die der Zählung 2013 zugrunde liegende Berichtskreisrevision (siehe Kapitel 3.4.2.1) zurückzuführen ist. Die für 2017 und 2018 fehlenden Putenzahlen wurden durch Beibehaltung des Wertes von 2016 geschätzt, siehe Kapitel 3.4.2.2.

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:

$$n_{\mathrm{tu}} = n_{\mathrm{tm}} + n_{\mathrm{tf}} \quad \textbf{(8.36)}$$

$$n_{\mathrm{tm}} = n_{\mathrm{tu}} \cdot x_{\mathrm{tm}} \quad \textbf{(8.37)}$$

$$n_{\mathrm{tf}} = n_{\mathrm{tu}} \cdot (1 - x_{\mathrm{tm}}) \quad \textbf{(8.38)}$$

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^{-1})

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 xisting data were averaged and the result (55, 7 %) is used for all years from 1990 onwards.

For animal number uncertainty see Chapter 8.1.2.

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.

Zur Unsicherheit der Tierzahlen siehe Kapitel 8.1.2.

8.8.2 Animal weights and fattening period durations / Tiergewichte und Mastdauern

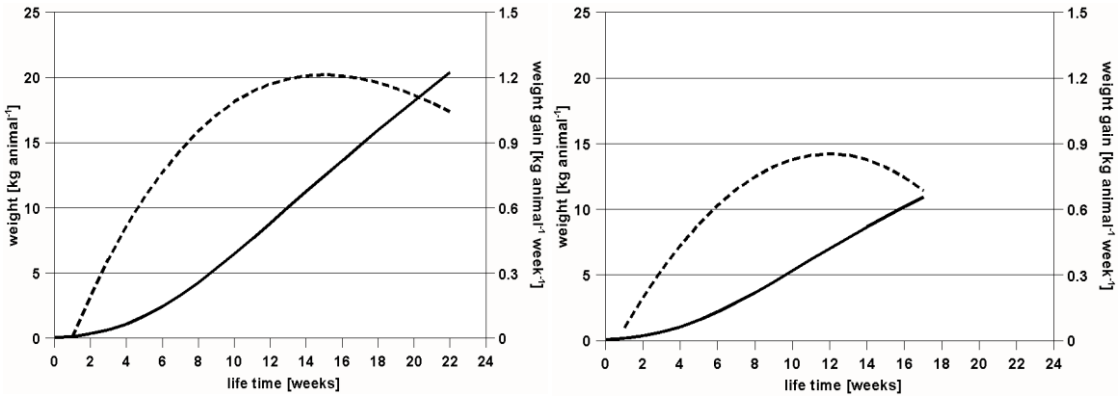
In Germany, the predominant genotype is B.U.T Big 6 (B.U.T.: British United Turkeys Ltd.). The inventory uses a default start weight of 60 g an^{-1} (HAUS DÜSSE, 2008). Males have a typical slaughter weight of 18 to 21.5 kg an^{-1}, typical production time is 19 to 23 weeks. Females are slaughtered with 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 ff). 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^{-1} (HAUS DÜSSE, 2008). Hähne erreichen ein typisches Mastendgewicht von 18 bis 21,5 kg an^{-1} bei einer Mastdauer von 19 bis 23 Wochen. Hennen werden mit 8,5 bis 10,5 kg an^{-1} 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, 2000-2017). There is no regional differentiation. However, as turkey rearing is quite uniform all over Germany, the data sets are considered applicable at national level.

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 2013 to 2017, the poultry yearbooks show no change compared to the 2013 figures. As there is thus no trend, the values of 2017 have been maintained for 2018 and 2019. 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, 2000-2017) 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 2013 bis 2017 weisen die Geflügeljahrbücher keine Veränderung gegenüber den Werte von 2013 auf. Da es somit keinen Trend gibt, wurden die Werte von 2017 für 2018 und 2019 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 maly turkey population of 55.7 %. This value is the arithmetic mean of the fractions reported in the poultry alamancs during

Das Puten-Anfangsgewicht wird nicht offiziell erhoben und daher einheitlich für alle Jahre der Zeitreihe mit 0,06 kg angesetzt (HAUS DÜSSE, 2008).

Für die gewichtete Aggregierung der Ergebnisse von weiblichen und männlichen Puten zum Puten-Gesamtergebnis wird ein Anteil der männlichen Population von 55,7 % zugrunde gelegt. Dieser Wert stellt ei-

the years 2000 to 2009. It is assumed constant, as no more up-to-data values have been reported in the years after 2009.

nen 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

$\tau_{lifespan}$: duration of fattening period; w_{fin}: final weight; x_{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		all turkeys
	$\tau_{lifespan, tm}$ d	$w_{fin, tm}$ kg	$\tau_{lifespan, tf}$ d	$w_{fin, tf}$ kg	$x_{feed, tm/tf}$ kg kg^{-1}
1990	*150.8*	*18.01*	*103.90*	*8.06*	*2.827*
1991	*150.8*	*18.01*	*103.90*	*8.06*	*2.827*
1992	*150.8*	18.01	*103.90*	8.06	*2.827*
1993	150.8	18.01	103.90	8.06	2.827
1994	150.8	18.01	103.90	8.06	2.827
1995	150.8	18.01	103.90	8.06	2.827
1996	150.8	18.01	103.90	8.06	2.827
1997	150.8	18.01	103.90	8.06	2.827
1998	150.8	18.01	103.90	8.06	2.827
1999	150.8	18.01	103.90	8.06	2.827
2000	147.5	19.83	111.00	10.05	2.640
2001	146.8	20.00	111.50	10.01	2.660
2002	146.0	19.51	112.00	9.87	2.680
2003	146.0	20.30	112.00	10.10	2.680
2004	145.0	20.32	111.00	10.07	2.710
2005	146.0	20.64	111.00	10.20	2.730
2006	146.0	21.14	112.50	10.69	2.700
2007	145.0	21.04	111.00	10.57	2.680
2008	141.0	20.52	108.00	10.17	2.670
2009	145.0	21.15	111.00	10.83	2.620
2010	*144.5*	*21.08*	*111.00*	*10.77*	*2.635*
2011	144.0	21.00	111.00	10.70	2.650
2012	143.0	21.50	113.00	10.79	2.720
2013	145.0	21.40	113.00	10.86	2.690
2014	145.0	21.40	113.00	10.86	2.690
2015	145.0	21.40	113.00	10.86	2.690
2016	145.0	21.40	113.00	10.86	2.690
2017	145.0	21.40	113.00	10.86	2.690
2018	*145.0*	*21.40*	*113.00*	*10.86*	*2.690*
2019	*145.0*	*21.40*	*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; 2015, p. 93; 2016, p. 71; 2017, p. 91); for further information see text.

8.8.3 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:

$$ME_{tf\,/\,tm} = \eta_{ME,\,feed} \cdot m_{F,\,FM,\,tf\,/\,tm} \qquad \textbf{(8.39)}$$

ME_{tf} / tm requirements of metabolisable energy (in MJ pl^{-1} d^{-1} ME)
$\eta_{ME,\,feed}$ content of metabolisable energy in turkey diet, related to fresh matter (in MJ kg^{-1} ME), see Chapter 8.8.4
$m_{F,\,FM,\,tf\,/\,tm}$ feed intake (fresh matter) of female or male turkeys (in kg pl^{-1} d^{-1}), see Chapter 8.8.4

8.8.4 Feed intake and feed properties / Futteraufnahme und Futtereigenschaften

In order to calculate VS excretions (see Chapter 8.8.6) the input data needed are the amount fo feed taken in per place and year as well as dry matter content and digestibility of the feed.

The daily feed intake (fresh matter) is calculated separately for male and female turkeys. Equation (8.40) shows the calculation for female turkeys but applies to male turkeys by analogy.

Für die VS-Ausscheidungsberechnung (siehe Kapitel 8.8.6) werden als Eingangsgrößen die pro Tierplatz und Jahr aufgenommene Futtermenge sowie Trockenmassegehalt und Verdaulichkeit des Futters benötigt.

Die tägliche Futtermenge (Frischmasse) wird für weibliche und männliche Puten getrennt berechnet. Gleichung (8.40) zeigt dies für die weiblichen Puten. Die Berechnung für die männlichen Puten erfolgt analog.

$$m_{\mathrm{F,\,FM,\,tf}} = x_{\mathrm{feed,\,tf}} \cdot \frac{w_{\mathrm{fin,\,tf}} - w_{\mathrm{start,tf}}}{\tau_{\mathrm{lifespan,tf}}} \qquad \textbf{(8.40)}$$

$m_{\mathrm{F,\,FM,\,tf}}$	feed intake (fresh matter) of female turkeys (in kg pl^{-1} d^{-1})
$x_{\mathrm{feed,\,tf}}$	intake of diet mass (fresh matter) per unit of animal weight gain (in kg kg^{-1}), see Chapter 8.8.2
w_{start}	start weight (in kg), see Chapter 8.8.2
$w_{\mathrm{fin,\,tf}}$	final weight of female turkeys (in kg), see Chapter 8.8.2
$\tau_{\mathrm{lifespan,\,tf}}$	duration of lifetime of female turkeys (in d), see Chapter 8.8.2

The dry matter intake is calculated from the fresh matter intake by multiplication with a typical dry matter content of 0.88 kg kg^{-1} (U. MEYER, Friedrich Löffler Institute, personal communication).

The unknown digestibility of energy $X_{\mathrm{DE,\,tu}}$ is approximated by the digestibility of organic matter (67 %) as provided by SESKEVICIENE et al. (2005), i. e. $X_{\mathrm{DE,\,tu}}$ = $X_{\mathrm{DOM,\,tu}}$ = 0,67 MJ MJ^{-1}. The digestibility of crude protein ($X_{\mathrm{DXP,\,tu}}$) is determined according to SESKEVICIENE et al. (2005): 0.78 kg kg^{-1}.

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 8.8.8.1. 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 account for in the inventory.

For the mean specific ME content of the feed (ηME, 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.

Die Trockenmasseaufnahme wird aus der Frischmasseaufnahme durch Multiplikation mit einem typischen Trockenmassegehalt von 0,88 kg kg^{-1} (U. MEYER, Friedrich-Löffler-Institut, persönliche Kommunikation) berechnet.

Die nicht bekannte Verdaulichkeit von Energie $X_{\mathrm{DE,\,tu}}$ wird durch die von SESKEVICIENE et al. (2005) angegebene Verdaulichkeit von organischer Substanz approximiert: $X_{\mathrm{DE,\,tu}}$ = $X_{\mathrm{DOM,\,tu}}$ = 0,67 MJ MJ^{-1}. Die Verdaulichkeit von Rohprotein ($X_{\mathrm{DXP,\,tu}}$) wird nach SESKEVICIENE et al. (2005) mit 0,78 kg kg^{-1} angesetzt.

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 8.8.8.1. 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 (ηME, 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 [a] kg	feed intake, females [a] kg	x_N [a] kg kg^{-1}	x_N, N reduced feed [a] kg kg^{-1}	$\eta_{ME,\ feed}$[b] MJ kg^{-1}
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^{-1})				0.0305 males 0.0339 females	0.0294 males 0.0331 females	11.93 males 11.52 females

[a] Source: DLG, 2005, pg. 51
[b] Source: KTBL (2006), pg. 618

8.8.5 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).

8.8.6 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 Capter 8.8.4.

According to IPCC(2006)-10.82, the maximum methane producing capacity B_o and the methane conversion factor *MCF* are 0.36 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$ and 0.015 m^3 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_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 Tier-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 8.8.4.

Nach IPCC(2006)-10.82 liegt die maximale Methan-Freisetzungskapazität B_o bei 0,36 m^3 CH_4 (kg VS)$^{-1}$, und der Methanumwandlungsfaktor *MCF* wird mit 0,015 m^3 m^{-3} angesetzt.

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 Tier-2-Verfahren auf 20 %. Dieser Wert wird im Sinne von IPCC (2006a), Kapitel 3, als halbes 95 %-Konfidenzintervall interpretiert. Es wird Normalverteilung angenommen.

8.8.7 NMVOC emissions / NMVOC-Emissionen

The calculation of the NMVOC emissions of alle animals except cattle are calculated with a Tier 1 methodology, see Chapters 3.3.4.2.1 and 3.3.4.2.3.

Agricultural NMVOC emissions are reported, but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

Die NMVOC-Emissionen von allen Tieren außer den Rindern werden mit einer Tier-1-Methode berechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.1 und 3.3.4.2.3.

Landwirtschaftliche NMVOC-Emissionen werden zwar berichtet, aber bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

8.8.8 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. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

8.8.8.1 N and UAN excretion / N- und UAN-Ausscheidung

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), 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:

Die jährliche N-Ausscheidung auf einem mittleren Tierplatz (zur Tierplatzdefinition siehe Kapitel 3.1.2.2) wird über die N-Bilanz berechnet. Da die Eingangsdaten als räumlich konstant angenommen werden (siehe Kapitel 8.8.2), ist das Ergebnis für alle Bundesländer gleich.

Die Berechnung wird für die weiblichen Puten dargestellt, gilt analog aber auch für männliche Puten:

$$m_{\text{excr, tf}} = m_{\text{feed, tf}} - m_{\text{g, tf}} \quad \textbf{(8.41)}$$

$m_{\text{excr, tf}}$	annual nitrogen excretion (female turkeys) (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{feed, tf}}$	annual nitrogen intake with feed (female turkeys) (in kg pl^{-1} a^{-1})
$m_{\text{g, tf}}$	annual nitrogen retention with growth (female turkeys) (in kg pl^{-1} a^{-1})

with

$$m_{\text{feed, tf}} = \alpha \cdot m_{\text{F, FM, tf}} \cdot x_{\text{N}} \quad \textbf{(8.42)}$$

$m_{\text{feed, tf}}$	annual nitrogen intake with feed (female turkeys) (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$m_{\text{F, FM, tf}}$	daily intake of feed, fresh matter (female turkeys) (in kg pl^{-1} d^{-1}), see Chapter 8.8.4
x_{N}	mean nitrogen content of feed (in kg kg^{-1}), see Chapter 8.8.4

and

$$m_{\text{g, tf}} = \alpha \cdot x_{\text{N, ret, tu}} \cdot \frac{w_{\text{fin, tf}} - w_{\text{start,tf}}}{\tau_{\text{lifespan,tf}}} \quad \textbf{(8.43)}$$

$m_{\text{g, tf}}$	annual nitrogen retention with growth (female turkeys) (in kg pl^{-1} a^{-1})
α	time units conversion factor (α = 365 d a^{-1})
$x_{\text{N, ret, tu}}$	mean N content of turkeys ($x_{\text{N, ret, tu}}$ = 0.035 kg kg^{-1}, see LFL, 2006a, Tabelle 8)
w_{start}	start weight (in kg), see Chapter 8.8.2
$w_{\text{fin, tf}}$	final weight of female turkeys (in kg), see Chapter 8.8.2
$\tau_{\text{lifespan, tf}}$	duration of lifetime of female turkeys (in d), see Chapter 8.8.2

The amount of UAN in the amount of N excreted is calculated according to Chapter 3.3.3.2, see for example the UAN calculation for broilers (Chapter 8.4.8.1). For the digestibility of crude protein see Chapter 8.8.4.

Die UAN-Menge im ausgeschiedenen N wird wie bei den Masthähnchen (siehe Kapitel 8.4.8.1) nach Kapitel 3.3.3.2 berechnet. Für die Verdaulichkeit von Rohprotein siehe Kapitel 8.8.4.

8.8.8.2 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.

8.8.8.3 *Partial emission factors / Partielle Emissionsfaktoren*

For male and female turkeys the KTBL working group on emission factors for animal husbandry (KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“,EURICH-MENDEN et al., 2011) provide emission factors of 0.680 kg NH_3 and 0.387 kg NH_3, 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 NH3-N emission factor for storage, the value given in EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, is used: 0.24 kg kg^{-1}. The emission factor relates to the UAN amount entering the storage.

Für Hähne gibt die KTBL-Arbeitsgruppe „Emissionsfaktoren Tierhaltung“ (EURICH-MENDEN et al., 2011) (Landtechnik-Artikel) einen platzbezogenen Stall-Emissionsfaktor von 0,680 kg NH_3 pro Platz und Jahr an, für Hennen 0,387 kg NH_3 pro Platz und Jahr. Die für das Inventar erforderliche Umrechnung auf NH_3-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 NH3-N-Emissionsfaktor für das Lager wird nach EMEP(2013)-3B-27, Table 3.7, mit 0,24 kg kg^{-1} angesetzt. Der Faktor bezieht sich auf die UAN-Menge, die ins Lager gelangt.

Table 8.29: Turkeys, derivation of partial emission factors for NH_3 losses from housing

	EF [a] kg NH_3 (pl · a)$^{-1}$	EF [b] kg NH_3-N (pl · a)$^{-1}$	standard N excretion [c] kg N per animal	standard N excretion [d] kg N (pl · a)$^{-1}$	EF related to standard N excretion kg NH_3-N (kg N_{excr})$^{-1}$	EF used in the inventory [e] kg NH_3-N (kg N_{excr})$^{-1}$
cocks	0.680	0.560	0.973	2.200	0.2545	0.222
hens	0.387	0.319	0.564	1.676	0.1902	

[a] Source: EURICH-MENDEN et al. (2011)
[b] Source: EURICH-MENDEN et al. (2011), data multiplied by 14/17 to transform from NH_3 to NH_3-N units
[c] Source: DLG (2005), pg. 51
[d] Derived from the standard N excretion per animal by multiplying with the number of production cycles per year
[e] see text

The emission factors for N_2O, NO and N_2 are combined factors for house and storage, see Chapter 8.2.1, Table 8.2.

For the NH_3-N emission factors for spreading see Chapter 8.2.2, 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 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_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 3.3.4.2.

The uncertainty of the NH_3 emission factor characterizing the overall 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 N_2O emission factor cobined for animal house and storage see Chapter 14.4.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO and N_2 emission factors, the uncertainty of the N_2O emission factor is adopted (see Chapter 14.4.2).

Die Emissionsfaktoren für N_2O, NO und N_2 glten für Stall und Lager zusammen, siehe Kapitel 8.2.1, Table 8.2.

Zu den NH_3-N-Emissionsfaktoren für die Ausbringung siehe Kapitel 8.2.2, Table 8.3.

Die Vergärung von Geflügelkot incl. Gärrestlagerung stellt einen eigenständigen Lagertyp dar. Die zugehörigen Emissionsfaktoren werden berechnet (siehe Kapitel 3.3.4.4.1).

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_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 3.3.4.2.

Die Unsicherheit des NH_3-Emissionsfaktors, der die auf tierplatzbezogenene NH_3-Gesamtemissionen aus Stall, Lager und Ausbringung beschreibt, wird im Inventar berechnet, siehe Kapitel 14.5.

Für die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors für die Kombination „Stall/Lager“ siehe Kapitel 14.4.1.

Mangels Daten zu den Unsicherheiten von NO- und N2-Emissionsfaktors wird die Unsicherheit des N_2O-Emissionsfaktors übernommen, siehe Kapitel 14.4.2.

8.8.8.4 *Indirect N_2O from manure management / Indirektes N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

Indirect N_2O emissions from manure management (housing/storage without spreading) are calculated according to Chapter 3.3.4.3.6. See Chapter 3.3.4.3.6 also for the uncertainties of activity data and EF.

(Indirect N_2O 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.)

Indirekte N_2O-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (Stall/Lager ohne Ausbringung) werden nach Kapitel 3.3.4.3.6 berechnet. Siehe dort auch wegen der Unsicherheiten von Aktivitätswert und EF.

(Indirekte N_2O-Emissionen als Folge der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten werden im Sektor 3.D berichtet. Zur Berechnung siehe Kapitel 12.)

8.8.8.5 *Uncertainties of emission factors and activity data / Unsicherheiten von Emissionsfaktoren und Aktivitätsdaten*

For the uncertainties of the emission factors see Chapter 4.2.2.4.

The uncertainty of the activity data (amounts of N) is adopted from Chapter 4.3.7.6.

(Note that only for laying hens there is an option of being held in free range ("grazing").)

Zu den Unsicherheiten der Emissionsfaktoren siehe Kapitel 4.2.2.4.

Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten (N-Mengen) wird wie in Kapitel 4.3.7.6 angesetzt.

(Hinweis: Nur für Legehennen gibt es die Möglichkeit für Freilandaufenthalt („Weidegang").)

8.8.9 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 8.30. 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^{-1} a^{-1}	Emission factor for PM_{10} kg pl^{-1} a^{-1}	Emission factor for $PM_{2.5}$ kg pl^{-1} a^{-1}
straw based	strohbasiert	0.11	0.11	0.02
Source: EMEP (2019)-3B-19, Table 3.5				

8.8.10 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 8.31: Turkeys, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	EM1005.027	EM1005.029
		NMVOC	EM1007.027	EM1007.029
		NH_3	EM1009.079	EM1009.087
		N_2O	EM1009.120	EM1009.122
		NO	EM1009.151	EM1009.153
		TSP	EM1010.027	EM1010.029
		PM_{10}	EM1010.058	EM1010.060
		$PM_{2.5}$	EM1010.089	EM1010.091
Activity data	Aktivitäten		AC1005.033	AC1005.035
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	IEF1005.027	IEF1005.029
		NMVOC	IEF1007.027	IEF1007.029
		NH_3	IEF1009.076	IEF1009.084
		N_2O	IEF1009.113	IEF1009.115
		NO	IEF1009.142	IEF1009.144
		TSP	IEF1010.026	IEF1010.028
		PM_{10}	IEF1010.055	IEF1010.057
		$PM_{2.5}$	IEF1010.084	IEF1010.086
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.084	AI1005POU.129
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.096	EXCR.097

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 Aggregierung der Daten wird in Kapitel 8.9.1 beschrieben.(Zu Grundprinzipien der Aggregierung 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.

$$n_{\text{poultry}} = n_{\text{AA}} + n_{\text{AB}} + n_{\text{AC}} + n_{\text{AD}} + n_{\text{AE}} + n_{\text{AF}} = n_{\text{lh}} + n_{\text{br}} + n_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} + n_{\text{du}} + n_{\text{tu}} \quad \textbf{(8.44)}$$

n_{AA} etc. number of animals in census subcategory AA, etc. (see Table 8.1)
n_{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 distrubution). 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 form 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.)

$$w_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot w_{\text{mean,lh}} + n_{\text{br}} \cdot w_{\text{mean,br}} + n_{\text{pu}} \cdot w_{\text{mean,pu}} + n_{\text{ge}} \cdot w_{\text{mean,ge}} + n_{\text{du}} \cdot w_{\text{mean,du}} + n_{\text{tu}} \cdot w_{\text{mean,tu}}}{n_{\text{poultry}}} \quad \textbf{(8.45)}$$

$w_{\text{mean, poultry}}$ mean weight of poultry (in kg an^{-1})
n_{lh} number of places of laying hens (in pl)
$w_{\text{mean, lh}}$ mean weight of laying hens (in kg an^{-1})
etc.
n_{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.

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.

- The mean weight of geese, ducks, female and male and turkeys is calculated in a simplified manner as half the final fattening weight.
- 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.

- Das mittlere Gewicht von Enten, weiblichen und männlichen Puten wird vereinfachend mit der Hälfte des Mastendgewichtes gleichgesetzt
- Bei Gänsen wird das mittlere Gewicht zunächst wie bei Enten und Puten berechnet, zusätzlich aber noch mit dem Faktor 0,5 multpliziert, 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-Ausscheidunge für Geflügel wird wie folgt berechnet:

$$VS_{\text{mean, poultry}} = \frac{n_{\text{lh}} \cdot VS_{\text{lh}} + n_{\text{br}} \cdot VS_{\text{br}} + n_{\text{pu}} \cdot VS_{\text{pu}} + n_{\text{ge}} \cdot VS_{\text{ge}} + n_{\text{du}} \cdot VS_{\text{du}} + n_{\text{tu}} \cdot VS_{\text{tu}}}{n_{\text{poultry}}} \quad \textbf{(8.46)}$$

$VS_{\text{mean, poultry}}$	mean daily VS excretion of poultry (in kg pl^{-1} d^{-1})
n_{lh}	number of places of laying hens (in pl)
VS_{lh}	daily VS excretion of laying hens (in kg pl^{-1} d^{-1})
etc.	
n_{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.

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:

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.

Die Geflügel-Unterkategorien haben unterschiedliche maximale Methanproduktionskapazitäten B_o. Deren Mittelung erfolgt unter Berücksichtigung von Gleichung (3.29) in Kapitel 3.3.4.1):

$$B_{\text{o, mean, poultry}} = \frac{EM_{\text{CH4, MM, poultry}}}{\sum n_{\text{i}} \cdot VS_{\text{i}} \cdot \rho_{\text{CH4}} \cdot MCF_{\text{i}}} \quad \textbf{(8.47)}$$

$B_{\text{o, mean, poultry}}$	mean B_o of poultry (in m^3 kg^{-1})
$EM_{\text{CH4,MM,poultry}}$	total CH_4 emissions from manure management of poultry (in Gg a^{-1})
n_i	population of poultry category i
VS_i	total VS excretion of poultry category i (in Gg a^{-1})
ρ_{CH4}	density of methane (ρ_{CH4} = 0.67 kg m^{-3})
MCF_i	methane conversion factor for the manure management of poultry poultry category i (in kg kg^{-1}), 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 4.3.9.)

In Table 8.32 a comparison is made of implied emis-

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleurpäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.9.)

Table 8.32 vergleicht die aggregierten Emissionsfak-

sion factors (IEF) and emission explaining variables for the overall animal category "poultry" as reported in GHG emission reporting.

For IEF_{CH4} from enteric fermentation no comparison is made, because IPCC does not provide a methodology and Germany therefore did not calculate such emissions.

toren (IEF) und emissionserklärenden Variablen für alle Geflügelkategorien zusammengefasst, wie es der Berichtsweise für Treibhausgase entspricht.

Ein Vergleich für den IEF_{CH4} aus der Verdauung entfällt, da IPCC dafür keine Methode angibt und Deutschland daher keine Emissionen berechnet hat.

Table 8.32: Poultry, 2018, international comparison of emission explaining variables and implied emission factors for manure management (MM)

	mean animal weight	VS excretion	N excretion	IEF		
				$CH_{4,\,MM}$	NH_3 (without spreading)	direct N_2O (without spreading)
	kg an^{-1}	kg pl^{-1} d^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria	NA	0.017	0.55	0.024	0.212	0.00078
Belgium	1.55	NE	0.57	0.023	0.119	0.00090
Czech Republic	1.32	NA	0.49	0.105	0.172	0.00360
Denmark	2.00	0.019	0.49	0.027	0.116	0.00077
France	NE	0.019	0.48	0.025	0.129	0.00070
Germany	**1.68**	**0.026**	**0.74**	**0.035**	**0.185**	**0.00133**
Netherlands	NA	0.020	0.57	0.029	0.092	0.00092
Poland	NA	NA	0.51	0.027	0.113	0.00080
Switzerland	NA	0.013	0.47	0.017	0.095	0.00071
United Kingdom	NE	0.013	0.57	0.021	0.088	0.00482
Median		**0.019**	**0.53**	**0.026**	**0.118**	**0.00085**
IPCC (2006)- 10.82, Western Europe, cool region, developed countries [a]	1.62	0.017	0.53	0.027		
EMEP (2019)-3B-31, 16 [b]			0.58		0.23	

Sources: Germany: Submission 2021; all other countries (except Austrian NH_3 IEF) : UNFCCC (2020), CRF Tables; CEIP (2020), NFR; Austrian NH_3 IEF: CEIP (2019), NFR
NA, NE: No data available for different reasons
[a] Weighted means, calculated using IPCC default weights, IPCC default VS and N excretions, and 2018 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.
[b] Weighted means, calculated by analogy to footnote a, using EMEP (2019) default values.

Six countries do not provide mean animal weights. Denmark gives an integer value that gives the impression of an estimate and is well above the values of the other three countries. The German value is based on differentiated animal weight data for the various poultry categories. It is slightly above the IPCC comparison value, which is not explicitly stated in the IPCC (2006), but was determined for the present comparison according to IPCC rules, taking into account the number of animals in the various 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_4 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.

The NH_3-IEF values have a relatively wide range, which is partly due to the also scattering N excretion values. Dividing the NH_3-IEF by the N excretion to elimi-

Für sechs Länder liegen keine mittleren Tiergewichte vor. Dänemark gibt einen ganzzahligen Wert an, der den Anschein einer Schätzung erweckt und deutlich über den Werten der übrigen drei Länder liegt. Der deutsche Wert beruht auf differenzierten Tiergewichtsdaten der verschiedenen Geflügelkategorien. Er liegt 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 Tierzahlen der verschiedenen deutschen Geflügelkategorien 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_4-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.

Die NH_3-IEF-Werte streuen relativ breit, was zum Teil auf die ebenfalls streuenden N-Ausscheidungswerte zurückzuführen ist. Dividiert man den NH_3-IEF durch die

nate its influence on the IEF yields some sort of effective emission factor for manure management (not shown in Table 8.32). Its median is 0.231 kg kg^{-1}. The German value is 9 % higher, at 0.251 kg kg^{-1}.

In terms of direct N_2O from manure management, the Czech Republic and the United Kingdom have strikingly high IEF values (as with CH_4). In order to facilitate the international comparison the data given in Table 8.32 were used to derive a N_2O emission factor that is related to N excreted (= 28/44 * N_2O-N IEF / N excretion, not shown in Table 8.32). This emission factor is for all countries except the Czech Republic and United Kingdom at the level of the corresponding IPCC default value (0.001 kg kg^{-1}), the German value being 0.0011 kg kg^{-1}. The Czech value is 0.0046 kg kg^{-1}, the British value is 0.0054 kg kg^{-1}. Both values are thus five times the IPCC default value of 0.001 kg kg^{-1}.

Table 8.33 presents the IEF values for TSP, PM and NMVOC.

N-Ausscheidung, um deren Einfluss auf den IEF zu eliminieren, erhält man eine Art effektiven Emissionsfaktor für das Wirtschaftsdünger-Management (nicht gezeigt in Table 8.32). Dessen Median liegt bei 0,231 kg kg^{-1}. Der deutsche Wert liegt 9 % darüber (0,251 kg kg^{-1}).

Beim direkten N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management weisen Tschechien und das Vereinigte Königreich auffallend hohe IEF-Werte auf (wie beim CH_4). Um den internationalen Vergleich zu erleichtern, lässt sich aus den Daten in Table 8.32 ein auf den ausgeschiedenen Stickstoff bezogener N_2O-N-Emissionsfaktor (= 28/44*N_2O-N-IEF/N-Ausscheidung, nicht gezeigt in Table 8.32) berechnen. Dieser liegt für alle Länder außer Tschechien und das Vereinigte Königreich auf dem Niveau des entsprechenden IPCC-Defaultwertes (0,001 kg kg^{-1}), wobei der deutsche Wert 0,0011 kg kg^{-1} beträgt. Der tschechische Wert liegt bei 0,0046 kg kg^{-1}, der britische bei 0,0054 kg kg^{-1}. Beide Werte liegen damit größenordnungsmäßig beim Fünffachen des IPCC-Defaultwertes von 0,001 kg kg^{-1}.

Table 8.33 zeigt die IEFs für TSP, PM und NMVOC.

Table 8.33: Poultry, 2018, international comparison of implied emission factors for TSP, PM and NMVOC

	IEF_{TSP}	IEF_{PM10}	$IEF_{PM2.5}$	IEF_{NMVOC}
	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}	kg pl^{-1} a^{-1}
Austria	0.016	0.007	0.002	0.054
Belgium	0.082	0.027	0.003	0.130
Czech Republic	0.097	0.032	0.003	0.132
Denmark	0.088	0.027	0.002	0.001
France	0.055	0.045	0.007	IE
Germany	**0.092**	**0.034**	**0.004**	**0.158**
Netherlands	0.039	0.039	0.003	0.070
Poland	0.091	0.040	0.005	0.155
Switzerland	0.077	0.026	0.002	0.129
United Kingdom	0.089	0.034	0.004	0.047
Median	**0.085**	**0.033**	**0.003**	**0.129**
EMEP (2019)-3B-18, 19	0.04 to 0.24	0.02 to 0.24	0.002 to 0.03	0.108 to 0.489

Source: Germany: Submission 2021; Austria: CEIP (2019), NFR; all other countries: CEIP (2020), NFR, calculated from original data
IE: included elswhere

The IEF values of TSP, PM_{10} and $PM_{2.5}$ each show a wide range. For TSP, Germany is 9% above the median, for PM_{10} 3% and for $PM_{2.5}$ 27%. The German value triple can be compared relatively well with that of the United Kingdom.

For NMVOC, Germany reports the highest IEF. However, it is only 22% above the median and is comparable to that of Poland. The extremely low Danish IEF appears to be a transmission error.

Die IEF-Werte von TSP, PM_{10} und $PM_{2,5}$ weisen jeweils einen großen Streubereich auf. Bei TSP liegt Deutschland 9 % über dem Median, bei PM_{10} 3 % und bei $PM_{2,5}$ 27 %. Dabei ist das deutsche Werte-Triple relativ gut vergleichbar mit dem des Vereinigten Königreichs.

Bei NMVOC berichtet Deutschland den höchsten IEF. Er liegt aber nur 22 % über dem Median und ist vergleichbar mit dem polnischen Wert. Beim extrem niedrigen dänischen IEF scheint es sich um einen Übertragungsfehler zu handeln.

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 (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	EM1005.030	
		NMVOC	EM1007.030	
		NH_3	EM1009.088	EM1009.090
		N_2O	EM1009.123	
		NO	EM1009.154	
		TSP	EM1010.030	
		PM_{10}	EM1010.061	
		$PM_{2.5}$	EM1010.092	
Activity data	Aktivitäten		AC1005.036	
Emission factors	Emissionsfaktoren	CH_4 enteric fermentation	---	
		CH_4 manure management	IEF1005.030	
		NMVOC	IEF1007.030	
		NH_3	IEF1009.085	IEF1009.087
		N_2O	IEF1009.116	
		NO	IEF1009.145	
		TSP	IEF1010.029	
		PM_{10}	IEF1010.058	
		$PM_{2.5}$	IEF1010.087	
Additional information	zusätzliche Informationen		AI1005POU.130	AI1005POU.144
Excretion rates	Ausscheidungen	N	EXCR.098	EXCR.099

9 Deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals / Gehegewild, Kaninchen, Strauße und Pelztiere

9.1 Overview / Überblick

The CRF tables under IPCC (2006) provide for emission reporting for the following animal categories not covered in Chapters 4 to 8 („other animals“):

- Deer
- Rabbit
- Reindeer
- Ostrich
- Fur-bearing animals

The reporting of air pollutants (NFR reporting format) also provides for the reporting of emissions from the keeping of other animal categories ("other animals"), but without naming them specifically. In the following, therefore, the emissions of the animal categories mentioned by IPCC (2006) (see above) are discussed.

There is no reindeer husbandry in Germany. For the other four categories, green house gas emissions as well as emissions of NH_3, NO and N_2 are estimated exemplarily for one single year, see Chapters 9.2 bis 9.7.

Table 9.1 shows the results of those calculations for the Green House Gas emissions. These results served the National Co-ordination 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 use of a N_2O emission factor for solid manure in Submission 2019 that is lower than it was in Submission 2018 results in reduced total N_2O emissions compared to Submission 2018. The total result in CO_{2eq} is thus also lower, which means that the threshold of significance is even further undercut. (The conversions of CH_4 and N_2O to CO_{2eq} have been based on GWP values given in IPCC (2007): 25 for CH_4 and 298 for N_2O, see IPCC (2007).)

Die CRF-Tabellen unter IPCC (2006a) sehen die Emissionsberichterstattung für die folgenden, in den Kapiteln 4 bis 8 nicht berücksichtigten Tierkategorien vor („other animals“):

- Gehegewild
- Kaninchen
- Rentiere
- Strauße
- Fur-bearing animals

Im Rahmen der Schadstoffe-Berichterstattung (NFR-Berichtsformat) ist ebenfalls die Angabe von Emissionen aus der Haltung anderer Tierkategorien („other animals“) vorgesehen, allerdings ohne diese konkret zu benennen. Im Folgenden werden daher die Emissionen der von IPCC (2006) genannten Tierkategorien (s. o.) diskutiert.

Rentiere werden in Deutschland nicht gehalten. Für die übrigen vier Kategorien werden in Kapitel 9.2 bis 9.7 die Treibhausgasemissionen sowie die Emissionen von NH_3, NO und N_2 exemplarisch für ein Jahr geschätzt.

Table 9.1 fasst die Ergebnisse dieser Berechnungen für den Bereich der Treibhausgase 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 Absenkung des N_2O-Emissionsfaktors für Festmist von Submission 2018 zu Submission 2019 führt zu verringerten N_2O-Gesamtemissionen im Vergleich zu Submission 2018. Das Gesamtergebnis in CO_{2eq} liegt damit ebenfalls niedriger, womit die Geringfügigkeitsschwelle noch weiter unterschritten wird. (Die Umrechnung in die Einheit CO_{2eq} erfolgte mit einem GWP von 25 für CH_4 und von 298 für N_2O. Zu den GWP-Werten siehe IPCC (2007).)

Table 9.1: GHG emissions of deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals

	CH_4 (Gg a^{-1})	N_2O (Gg a^{-1})	CO_{2eq} (Gg a^{-1})
total	**5.635**	**0.108**	**172.91**
deer	5.348	0.085	159.11
rabbit	0.194	0.011	7.98
ostrich	0.043	0.003	1.83
fur-bearing animals	0.050	0.009	3.99

The estimates for NH_3 and NO (or NO_x) in the 2017 submission for NH3 accounted for only 0.1% of total German emissions and for NO (or NO_x) for 0.01% of total German emissions (total emissions before each application of the adjustments, see Chapter 1). The Technical Expert Review Team of the 2017 NECD Review ranked the NH3 and NO (or NO_x) emissions from the

Die Schätzwerte für NH_3 und NO (bzw. NO_x) betrugen in der Submission 2017 bei NH3 lediglich 0,1 % der deutschen Gesamtemission und bei NO (bzw. NO_x) bei 0,01 % der deutschen Gesamtemission (Gesamtemission jeweils vor Anwendung der in Kapitel 1 erwähnten Adjustments). Das Technical Expert Review Team des NECD–Review der Submission 2017 stufte die NH_3- und NO-

other animals as below the significance threshold. Hence, these emissions did not have to be reported, which was in line with the GHG reporting.

Table 9.2 shows the summary of estimates for NH_3 and NO in the framework of submission 2019. Due to the N_2O emission factor modification mentioned above in the context of Table 9.1 (i.e., the associated increased N level in manure application of rabbits and fur animals) the emissions are higher by 2% for NH_3 and by 57% for NO (or NO_x) than the respective Submission 2017 values. Nevertheless, for both gases the impact on total German emissions is to be considered marginal; hence they are, furthermore, not reported.

(bzw. NO_x)-Emissionen der anderen Tiere als unterhalb der Signifikanzschwelle liegend ein. Damit mussten diese Emissionen – in Entsprechung zur THG-Berichterstattung – nicht berichtet werden.

Table 9.2 zeigt die Zusammenfassung der Schätzungen für NH_3 und NO im Rahmen von Submission 2019. Die Werte liegen wegen der oben im Kontext von Table 9.1 erwähnten Änderung des N_2O-Emissionsfaktors (d. h. wegen der damit verbundenen erhöhten N-Menge bei der Wirtschaftsdüngerausbringung von Kaninchen und Pelztieren) bei NH_3 um 2 % und bei NO (bzw. NOx) um 57 % höher als die Schätzwerte der Submission 2017. Dennoch ist bei beiden Gasen die Auswirkung auf die deutschen Gesamtemissionen als geringfügig einzustufen, so dass weiterhin keine Berichterstattung erfolgt.

Table 9.2: NH_3 and NO emissions of deer, rabbits, ostrich and fur-bearing animals

	NH_3 (Gg a^{-1})	NO (Gg a^{-1})
total	**0.746**	**0.123**
deer	0.231	0.109
rabbit	0.239	0.007
ostrich	0.081	0.002
fur-bearing animals	0.195	0.006

9.2 Animal numbers / Tierplatzzahlen

In Germany there are no official statistics on population sizes of deer, rabbit, ostrich and fur animals.

Table 9.3 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 (looked up 28 November 2018, http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA), 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 9.3 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 (Stand 28.11.2018, http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA), die aber weit unter den nationalen Zahlen liegen. Daher ist der Ansatz, der hier gewählt wird, als konservativ einzustufen.

Table 9.3: 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_4 from enteric fermentation / CH_4 aus der Verdauung

For ostrich no CH_4 emissions from enteric fermentation have been calculated, because IPCC (2006) doesnot 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.

Für Strauße wurden keine CH4-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,

For deer the default CH_4 emission factor given in IPCC (2006)-10.28, Table 10.10, was used (20 kg pl^{-1} a^{-1}).

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 entric 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_4 EF for horses (18 kg pl^{-1} a^{-1}, IPCC (2006)-10.28, Table 10.10), the resulting CH_4 emission factor of rabbit is 0.36 kg pl^{-1} a^{-1}.

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^{-1} a^{-1}.

Table 9.4 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_4 to CO_{2eq} has been based on the GWP of given in IPCC (2007), which is 25.

einen CH_4-Default-Emissionsfaktor von 20 kg pl^{-1} a^{-1} 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 Pferdegewicht mit 550 kg pro Tier gerechnet. Das Kaninchengewicht wurde mit 3,0 kg angesetzt (Lebendendgewicht eines Mastkaninchens, nach LfL Bayern [http://www.lfl.bayern.de/ilt/tierhaltung/kleintiere/023092/]). Mit dem CH_4-EF für Pferde (18 kg pl^{-1} a^{-1}, IPCC (2006)-10.28, Table 10.10), ergab sich damit für Kaninchen ein CH_4-Emissionsfaktor von 0,36 kg pl^{-1} a^{-1}.

Für Pelztiere wurde der von Estland, Island, Lettland, Litauen und Norwegen im NIR 2017 verwendete Emissionsfaktor übernommen: 0,1 kg pl^{-1} a^{-1}.

Table 9.4 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_{2eq} erfolgte mit einem CH_4-GWP von 25. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

Table 9.4: CH_4 emissions from enteric fermentation of deer, rabbit and fur-bearing animals (GWP_{CH4} = 25)

	EF (kg pl^{-1} a^{-1})	CH_4 (Gg a^{-1})	CO_{2eq} (Gg a^{-1})
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_4 from manure management and free range / CH_4 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 9.5. The conversion of CH_4 to CO_{2eq} 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 9.5 zu entnehmen. Die Umrechnung in die Einheit CO_{2eq} erfolgte mit einem CH_4-GWP von 25. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

Table 9.5: CH_4 from manure management (deer: free range) (GWP_{CH4} = 25)

	EF (kg pl^{-1} a^{-1})	CH_4 (Gg a^{-1})	CO_{2eq} (Gg a^{-1})
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 fre-

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 Gehe-

quencies 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.

gewild, Kaninchen, Pelztiere und Strauße in Deutschland nicht bekannt. Es wurde daher vereinfachend für Gehegewild ganzjährige Freilandhaltung und für Kaninchen, Pelztiere 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 (2019) 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^{-1} a^{-1}) 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^{-1} a^{-1}, see IPCC (2006), pg. 10.59, Table 10.19. This value is unrealistically high as it is in the order of magnitude ot 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/023092/)): duration of fattening period of 87 days, i.e. about four production cycles per year, and final live weigt 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 (2019) geben einen Default-Wert für die N-Ausscheidung von Gehegewild an. Für die deutschen Berechnungen wurde der Wert aus Dänemark verwendet (16 kg pl^{-1} a^{-1}, 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^{-1} a^{-1} 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/023092/)) und einem Lebendendgewicht von ca. 3 kg Tier^{-1} (siehe ebenfalls LfL Bayern) zu rund 12 kg pl^{-1} a^{-1}. Daher wurde die N-Ausscheidung von Kaninchen auf Grundlage der tierischen N-Bilanz geschätzt:

$$N_{\text{excr, rabbit}} = n_{\text{round}} \cdot \Delta w_{\text{round}} \cdot (x_{\text{N}} \cdot x_{\text{XP, feed}} \cdot x_{\text{feed}} - x_{\text{N, ret}}) \quad \textbf{(9.1)}$$

$N_{\text{excr, rabbit}}$	N excretion of rabbit per animal place and year (in kg pl^{-1} a^{-1})
n_{round}	number of production cycles per year (in animal pl^{-1} a^{-1})
Δw_{round}	total weight gain per production cycle (in kg animal^{-1})
x_{N}	N content of crude protein (1/6.25 kg kg^{-1})
$x_{\text{XP, feed}}$	content of crude protein in feed (fresh matter) (in kg kg^{-1})
x_{feed}	feed needed for animal weight gain (fresh matter) (in kg kg^{-1})
$x_{\text{N, ret}}$	specific N retention (kg kg^{-1})

In conservative manner, Δw_{round} was simply set equal to the final live weight (see above). The content of crude protein of the feed, $x_{\text{XP,feed}}$, was chosen to be 0.17 kg kg^{-1}, cf. http://www.meissner-widder-kaninchen.de/F_WERT_TAB1.html. The amount of feed (fresh matter) needed for animal weight gain is 3.5 kg kg^{-1} (LfL Bayern). According to DLG (2005), pg.12, $x_{\text{n,ret}}$ is 0.03 kg kg^{-1}. Using this data, the resulting N excretion is 0.8 kg pl^{-1} a^{-1}.

Neither IPCC (2006) nor EMEP (2019) 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 kg pl^{-1} a^{-1} N.

According to IPCC (2006)-10.59, Table 10.19, the default value of N excretions of minks is 4.59 kg pl^{-1} 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 ecretions. Hence the respective values given in EMEP (2019)-3B-31 for sheep, horses and geese have been used.

Table 9.6 gives an overview of N excretions and relative TAN contents used for the emission calculations.

In konservativer Weise wurde Δw_{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 bei etwa 0,17 kg kg^{-1}. Der Futteraufwand x_{feed} (Frischmasse) beträgt ca. 3,5 kg kg^{-1} (LfL Bayern). Laut DLG (2005), S.12, ist $x_{\text{n,ret}}$ = 0,03 kg kg^{-1}. Mit diesen Daten ergibt sich eine N-Ausscheidung von 0,8 kg pl^{-1} a^{-1}.

Für Strauße geben weder IPCC (2006) noch EMEP (2019) einen Defaultwert für die N-Ausscheidung an. Für die deutschen Berechnungen wird auch hier der dänische Wert verwendet (NIR 2017): 15,6 kg pl^{-1} a^{-1}.

Für Nerze gibt IPCC (2006)-10.59, Table 10.19, eine Default-N-Ausscheidung von 4,59 kg pl^{-1} a^{-1} an. Dieser Wert wurde für alle Pelztiere 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 (2019)-3B-31 übernommen.

Table 9.6 zeigt die für die Emissionsberechnungen verwendeten N-Ausscheidungen und TAN-Gehalte.

Table 9.6: N excretions and TAN contents used for German emission estimates

	N_{excr} (kg pl^{-1} a^{-1})	TAN content (kg kg^{-1})	sources of TAN contents
deer	16	0.5	default for sheep, EMEP (2019)-3B-31
rabbit	0.8	0.6	default for horses, EMEP (2019)-3B-31
ostrich	15.6	0.7	default for geese, EMEP (2019)-3B-31
fur-bearing animals	4.59	0.6	default, EMEP (2019)-3B-31

9.5.2 NH_3 from housing and storage / NH_3 aus Stall und Lager

NH_3 emissions from housing are calculated by multiplying the amount of TAN excreted with the repsective emission factor. The amount of TAN excreted is the product of N excretion and relative TAN content of the N excretion (see Chapter 14.5). Due to lack of data, N contributions by use of bedding material could not be taken into account.

NH_3 emissions from storage are proportional to the amount of TAN available after subtracting the N losses by NH_3 emissions from housing. The factor of proportionality is the emission factor of the storage.

No NH_3 emission factors are available for rabbit and ostrich. Hence, the EMEP NH_3 emission factors EMEP (2019)-3B-31 for horses and geese have been used. For deer there are no NH_3 emissions from housing and storage as deer is presumably kept outdoor all year round. Table 9.7 shows the emission factors used. Table 9.8 shows the resulting emissions as totals of all animals in the respective animal categories.

Die 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 14.5). Stickstoffeinträge aus Einstreu konnten mangels Daten nicht berücksichtigt werden.

Die NH_3-Emissionen aus dem Lager sind proportional zur TAN-Menge, die nach Abzug der N-Verluste aufgrund der NH_3-Emissionen aus dem Stall verbleibt. Als Proportionalitätsfaktor dient der Lager-Emissionsfaktor.

Für Kaninchen und Strauße sind keine NH_3-N-Emissionsfaktoren verfügbar. Es wurden die Default-Werte für Pferde und Gänse aus EMEP (2019)-3B-31 übernommen. Für Gehegewild entsteht keine NH_3-Emission aus Stall oder Lager, da ganzjährige Freilandhaltung unterstellt wurde. Die verwendeten Emissionsfaktoren sind in Table 9.7 aufgelistet. Table 9.8 zeigt die resultierenden NH_3-Emissionen aller Tiere der jeweiligen Tierkategorie.

Table 9.7: NH_3 emission factors for housing and storage in kg NH_3-N per kg TAN

	EF housing (kg kg^{-1})	EF storage (kg kg^{-1})	sources
rabbit	0.22	0.35	default for horses, EMEP (2019)-3B-31
ostrich	0.57	0.16	default for geese, EMEP (2019)-3B-31
fur-bearing animals	0.27	0.09	default, EMEP (2019)-3B-31

Table 9.8: NH_3 emissions from housing and storage

	NH_3 housing (Gg a^{-1})	NH_3 storage (Gg a^{-1})
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_2O from housing and storage / Direktes N_2O aus Stall und Lager

For rabbit und fur-bearing animals, the direct N_2O 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 IPCC default emission factor for N_2O-N from solid manure (0.005 kg kg^{-1}, see IPCC (2006)-10.63, Table 10.21) and the ratio of molculare weights of N_2O 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 using the IPCC default emission factor for N_2O-N of 0.001 kg kg^{-1}. For deer there are no N_2O emissions from housing and storage as deer is presumably kept outdoor all year round.

Die Berechnung der direkten N_2O-Emissionen aus Stall und Lager für Kaninchen und Pelztiere erfolgte durch Multiplikation der Tierplatzzahl mit der jährlichen N-Ausscheidung pro Platz, dem IPCC-Defaultwert für den N_2O-N-Emissionsfaktor für Festmist (0,005 kg kg^{-1}, siehe IPCC (2006)-10.63, Table 10.21) und dem Molgewichtsverhältnis von N_2O zu N (44/28). Stickstoffeinträge aus Einstreu konnten mangels Daten nicht berücksichtigt werden.

Die Berechnung für Strauße erfolgte analog; als N2O-N-Emissionsfaktor wurde der IPCC-Defaultwert 0,001 kg kg^{-1} verwendet. Für Gehegewild entstand im Bereich Stall/Lager keine N_2O-Emission, da ganzjährige Freilandhaltung unterstellt wurde.

The conversion of N_2O to CO_{2eq} is based on the GWP of given in IPCC (2007), which is 298.

Die Umrechnung in die Einheit CO_{2eq} erfolgte mit einem GWP von 298. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

Table 9.9: Direct N_2O emissionen from housing/storage (GWP_{N2O} = 298)

	N_2O (Gg a^{-1})	CO_{2eq} (Gg a^{-1})
total	**0.005**	**1.56**
rabbit	0.003	0.82
ostrich	0.0002	0.06
fur-bearing animals	0.002	0.68

9.5.4 NO and N_2 from housing and storage / NO und N_2 aus Stall und Lager

Emissions of NO and N_2 were calculated by analogy the calculations for the direct N_2O 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_2O-N emission factor: 0.0005 kg kg^{-1} for rabbit and fur-bearing animals and 0.0001 kg kg^{-1} for ostrich. According to Chapter 3.3.4.3.5 the emission factor for N_2 is assumed to be thrice the N_2O-N emission factor: 0.015 kg kg^{-1} for rabbit and fur-bearing animals and 0.003 kg kg^{-1} for ostrich. For deer there are no emissions of NO and N_2 from housing and storage as deer is presumably kept outdoor all year round.

In the same way, the resulting emissions of NO-N and N_2 are proportional to N_2O-N emissions. Those N_2O-N emissions can be derived from the N_2O emissions presented in Chapter 9.5.3 by multiplying with the ratio of the molar weights (28/46).

Die Berechnung der Emissionen von NO und N_2 erfolgte analog zur Berechnung der direkten N_2O-Emissionen aus Stall/Lager (siehe Kapitel 9.5.3). Der NO-N-Emissionsfaktor wurde wie bei den anderen Tieren (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) mit zehn Prozent des N_2O-N-Emissionsfaktors angesetzt: 0,0005 kg kg^{-1} für Kaninchen und Pelztiere bzw. 0,0001 kg kg^{-1} für Strauße. Für N_2 wurde nach Kapitel 3.3.4.3.5 das Dreifache des N_2O-N-Emissionsfaktors verwendet: 0,015 kg kg^{-1} für Kaninchen und Pelztiere bzw. 0,003 kg kg^{-1} für Strauße. Für Gehegewild entstanden im Bereich Stall/Lager keine NO-und N_2-Emissionen, da ganzjährige Freilandhaltung unterstellt wurde.

Die berechneten NO-N und N_2-Emissionen verhalten sich in den gleichen Verhältnissen zu den N_2O-N-Emissionen. Diese N_2O-N-Emissionen können aus den in Kapitel 9.5.3 angegeben N_2O-Emissionen durch Multipliaktion mit dem Molgewichtsverhältnis 28/44 abgeleitet werden.

9.5.5 Indirect N_2O from housing and storage / Indirektes N_2O aus Stall und Lager

Like for other animal categories (see Chapter 3.3.4.3.6), indirect N2O emissions have been calculated only for the source “deposition of reactive nitrogen” (due to emissions of NH3 and NO from hosing and storage, see Chapters 9.5.2 und 0). The emission factor is 0.01 kg kg^{-1} N_2O-N (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

For deer there are no such emissions as deer is presumably kept outdoor all year round.

Table 9.10 shows the resulting indirect N_2O emissions as well as the underlying amount of reactive nitrogen (N_{reac}).

Wie bei den anderen Tieren (siehe Kapitel 3.3.4.3.6) wurden nur die indirekten N_2O-Emissionen infolge der Deposition reaktiven Stickstoffs aus NH_3- und NO-Emissionen aus Stall und Lager (siehe Kapitel 9.5.2 und 0) berechnet. Der Emissionsfaktor wurde mit 0,01 kg kg^{-1} N_2O-N angesetzt (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

Für Gehegewild entfiel die Berechnung, da es sich angenommenerweise ganzjährig im Freien aufhält.

Die resultierenden indirekten N_2O-Emissionen sind in Table 9.10 wiedergegeben, ebenso wie die zugrunde liegende Menge an reaktivem Stickstoff (N_{reac}).

Table 9.10: Indirect N_2O from deposition of reactive N from NH_3 and NO lost from housing and storage (GWP_{N2O} = 298)

	N_{reac} (Gg a^{-1})	N_2O (Gg a^{-1})	CO_{2eq} (Gg a^{-1})
total	0.2164	0.00340	1.01
rabbit	0.1043	0.00164	0.49
ostrich	0.0533	0.00084	0.25
fur-bearing animals	0.0589	0.00092	0.28

9.6 NH_3 from spreading and free range / NH_3 aus Ausbringung und Freilandaufenthalt

Table 9.11 shows the NH_3-N emission factors used. The resulting NH_3 emissions are given in Table 9.12.

Table 9.11 zeigt die verwendeten NH_3-N-Emissionsfaktoren, Table 9.12 die resultierenden NH_3-Emissionen.

Table 9.11: 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 (2019)-3B-31
rabbit	0.90	-	default for horses, EMEP (2019)-3B-31
ostrich	0.45	-	default for geese, EMEP (2019)-3B-31
fur-bearing animals	0.90	-	default for horses, EMEP (2019)-3B-31

Table 9.12: 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	0.484	
deer	-	0.231
rabbit	0.113	-
ostrich	0.016	-
fur-bearing animals	0.124	-

9.7 N_2O from agricultural soils / N_2O aus landwirtschaftlichen Böden

9.7.1 Direct N_2O / Direktes N_2O

Spreading 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 spreading 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 9.13 shows the amounts of N that, being multiplied with the pertaining emission factors and the ratio of molculare weights of N_2O and N (44/28), lead to the emissions also given in Table 9.13. The conversion of N_2O to CO_{2eq} has been based on the GWP of given in IPCC (2007), which is 298.

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 9.13 zeigt die N-Menge, deren Multiplikation mit dem jeweiligen Emissionsfaktor und dem Molgewichtsverhältnis 44/28 zur ebenfalls angegebenen Emission führt. Die Umrechnung von N_2O in die Einheit CO_{2eq} erfolgte mit einem GWP von 298. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

Table 9.13: Direct N_2O from soils after spreading and (for deer) free-range N excretions (GWP_{N2O} = 298)

	N (Gg a^{-1})	N_2O (Gg a^{-1})	CO_{2eq} (Gg a^{-1})
total	**4.765**	**0.0749**	**22.31**
deer	4.232	0.0665	19.82
rabbit	0.241	0.0038	1.13
ostrich	0.065	0.0010	0.31
fur-bearing animals	0.227	0.0036	1.06

9.7.2 Indirect N_2O / Indirektes N_2O

Indirect N_2O emissions from agricultural soils were calculated using the amounts of deposition of reactive nitrogen originating from emissions of NH_3-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 0).

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 9.14 shows the calculated deposition of reactive nitrogen (N_{reac}) as well as the resulting indirect N_2O emissions. The emission factor used for indirect N_2O was taken from IPCC (2006a)-11.24, Table 11.3: EF_4 = 0.01 kg N_2O-N per kg N_{reac}.

The conversion of N_2O to CO_{2eq} 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_3-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 0).

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_{reac}) sowie die daraus folgenden indirekten N_2O-Emissionen sind in Table 9.14 wiedergegeben, wobei nach IPCC (2006a)-11.24, Table 11.3, der Emissionsfaktor EF_4 = 0,01 kg N_2O-N pro kg N_{reac} verwendet wurde.

Die Umrechnung von N_2O in die Einheit CO_{2eq} erfolgte mit einem GWP von 298. Zum GWP-Wert siehe IPCC (2007).

Table 9.14: Indirect N_2O from deposition of reactive N from NH_3 and NO lost during spreading or (for deer) from free-range N excretions (GWP_{N2O} = 298)

	N_{reac} (Gg a^{-1})	N_2O (Gg a^{-1})	CO_{2eq} (Gg a^{-1})
total	**0.456**	**0.0072**	**2.13**
deer	0.241	0.0038	1.13
rabbit	0.096	0.0015	0.45
ostrich	0.014	0.0002	0.07
fur-bearing animals	0.104	0.0016	0.49

The indirect emissions caused by leaching or surfac runoff N were calculated by multiplying the amount of N applied to the soil ($N_{applied}$) with $Frac_{Leach}$ (0.3 kg kg^{-1} according to IPCC (2006)-11.24, Table 11.3) and the emission factor EF_5 = 0.0075 kg N_2O-N per kg of N available (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 ($N_{applied}$) mit mit $Frac_{Leach}$ (0,3 kg kg^{-1} nach IPCC (2006)-11.24, Table 11.3) und dem Emissionsfaktor EF_5 = 0,0075 kg N_2O-N pro kg an verfügbarem N (IPCC (2006)-11.24, Table 11.3) multipliziert wurde.

Table 9.15: Indirect N_2O from soils due to leaching and runoff (GWP_{N2O} = 298)

	$N_{applied}$ (Gg a^{-1})	N_2O (Gg a^{-1})	CO_{2eq} (Gg a^{-1})
total	**4.765**	**0.0168**	**5.02**
deer	4.232	0.0150	4.46
rabbit	0.241	0.0009	0.25
ostrich	0.065	0.0002	0.07
fur-bearing animals	0.227	0.0008	0.24

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 emissons separately (for manure see Chapter 3.3.4.4). This is important with respect to emissions of NH_3 and 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 NH_3 and 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 emission ceilings, see Chapter 1.

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 NH_3 emissions that works by analogy to the green house gas concept.

The calculation of emissions of N_2O, NO and N_2 from agricutural 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 NH_3- und 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 NH_3- und NO-Emissionen aus der Lagerung und Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten zusammen mit den übrgen Emissionen aus der Landwirtschaft berichtet; sie werden aber durch ein so genanntes Adjustment subtrahiert, bevor die Prüfung der berichteten Emissionen auf Einhaltung der Emissionsobergenzen erfolgt, s. Kapitel 1.

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 NH_3 einen analogen Ansatz ableitet.

Die Berechnung der bei der Gärreste-Ausbringung entstehenden N_2O, NO und 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_o, cf. KTBL (2020a). 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 times 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 (2020a) for the most important energy crops (see above) on federal-state level for the entire times 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_o; data provided by KTBL), 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_o = 0.36 m^3 per kg VS. Note that this B_o value has already been converted in order to be consistent with the IPCC default of methane density ((0.67 kg m^{-3}) rather than the methane norm density (0.72 kg m^{-3}).

Bei den Aktivitätsdaten werden die in Deutschland mengenmäßig relevanten sechs Energiepflanzen-Kategorien Maissilage, Grassilage, Ganzpflanzensilage, Weizenkorn, Roggenkorn und Maiskolbenschrot (Corn-Cob-Mix, CCM) berücksichtigt. Sie unterscheiden sich nur wenig in ihren wesentlichen Eigenschaften (N- und VS-Gehalt der Trockenmasse, maximales Methanausbeute-Potenzial B_o, siehe KTBL (2020a). 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 Deutschlandebene 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 (2020a) 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_o; Daten von KTBL) 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_o = 0,36 m^3 pro kg VS. B_o wurde hierzu bereits von der CH_4-Normdichte (0,72 kg m^{-3}) auf die im Inventar gebräuchliche IPCC-Dichte (0,67 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^{-1})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
total dry mass	3.4	8.3	11.2	14.6	18.1	43.9	73.2	92.7	209.9	239.2
VS	3.2	7.9	10.6	13.9	17.1	41.6	69.3	87.8	198.8	226.5
N	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.7	1.1	1.4	3.1	3.5
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
total dry mass	380.8	541.8	781.0	927.5	1205.5	3215.6	4509.4	6165.0	7194.2	9232.8
VS	360.6	513.1	739.6	878.3	1141.7	3045.2	4270.4	5838.3	6812.9	8743.4
N	5.6	8.0	11.6	13.7	17.8	47.6	66.7	91.2	106.5	136.6
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
total dry mass	11618.6	14491.6	15870.4	19193.6	20089.5	20865.3	20749.5	20410.5	20110.8	20110.8
VS	11002.9	13723.5	15029.2	18176.3	19024.7	19759.4	19649.8	19328.7	19044.9	19044.9
N	172.0	214.5	234.9	284.1	297.3	308.8	307.1	302.1	297.6	297.6

KTBL (2020a) estimates the upper limit of the uncertainty of the substrate inouts to be ± 10 % (95 % confidence interval, normal distribution). This value is used in the inventory for the amounts of dry matter, VS and N.

KTBL (2020a) schätzt die Obergrenze der Unsicherheit des Substratinputs mit ± 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. 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 anaimal manures fed into the digester. These percentages were also applied to amounts of VS contained in the animal manures.

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, 2020a) 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).

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 the last year of the time series yet, the value of the preceding year was used.

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.

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, 2020a), dass der Gesamtanteil von Energiepflanzen am Substratmix Wirtschaftsdünger/Energiepflanzen mit der Anlagengröße zunimmt, was auch für den Abdeckungsgrad der Gärrestlager gilt.

Der starke Anstieg in der Verbreitung der gasdichten Gärrestlagerung von 2011 zu 2012 wird auf das Energieeinspeisegesetz 2012 zurück geführt, das für alle Gärrestlager, die ab 1. Januar 2012 in Betrieb genommen wurden, eine gasdichte Abdeckung vorschreibt. Da für das letzte Zeitreihenjahr noch kein Wert verfügbar war, wurde der Wert des Vorjahres 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**	**2017**	**2018**	**2019**
gastight	42.2	47.5	59.4	61.9	63.9	64.6	64.8	64.5	64.8	64.8
non-gastight	57.8	52.5	40.6	38.1	36.1	35.4	35.2	35.5	35.2	35.2

A range of different application methods and different incorporation times are used for the field application 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.

Die Ausbringung der Energiepflanzen-Gärreste erfolgt mit verschiedenen Techniken und Einarbeitungszeiten, 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 Methodological Aspects and emission factors / Methodische Aspekte und Emissionsfaktoren

Emissions are calculated by analogy to the respective procedures for farmyard manure, see Chapters 3.3.4.4 and 3.4.4.2. There one can also find information on the emission factors. For the activity data see chapter 10.1. Despite the prevailing co-fermentation of farmyard manure and energy crops, the calculation for energy crops is separate from that for manure.

However, unlike farmyard manure, emissions from pre-storage can be neglected for energy crops (which is achieved by using emission factors that are zero): Energy crops are stored as silage. This storage aims, among aother 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 CH_4. In order to ensure conservation of the silage a low ph value is achieved, which counteracts the development of NH_3. In addition, no N_2O is formed, because during the fermentation of lactic acid no nitrate can be formed. As in the inventory NO emissions are calculated proportionally to N_2O (see Chapter 3.3.4.3.5) and no N_2O emissions can develop in the silage storage, there is no calculation of NO emissions from the storage.

As with farmyard manure, the digestion of energy crops also takes into account the fact that organic matter is broken down in the digester (especially protein compounds), which leads to the mineralization of organic nitrogen and thus to an increase in the relative TAN content. However, since the nitrogen in the energy plants fed into the digestion process is initially only in organic form, energy plants can not be assigned a TAN content (TAN_{dig}) when they enter the digester. Hence, based on KTBL (2013a), pg. 252 (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 kg kg^{-1}).

There are no N losses from digester, see Chapter 3.3.4.4.2 for N_2O, NO and N_2 as well as Chapter 3.3.4.4.3 for NH_3.

N2 emissions are calculated for the storage, as the associated N losses affect the amount of N in the digestates to be applied and thus the N emissions resulting from application. In contrast, the N2 emissions resulting from application are not calculated because they do not

Die Emissionsberechnungen erfolgen analog zu den entsprechenden Berechnungen für Mist, siehe Kapitel 3.3.4.4 und 3.4.4.2. Dort finden sich auch Angaben zu den Emissionsfaktoren. Zu den Aktivitätsdaten siehe Kapitel 10.1. Trotz der in der Praxis vorherrschenden Ko-Fermentierung von Wirtschaftsdünger und Energiepflanzen erfolgt die Berechnung für die Energiepflanzen getrennt von der für Wirtschaftsdünger.

Anders als bei Mist können bei Energiepflanzen die Emissionen aus dem Vorlager vernachlässigt werden (d. h. die Emissionsfaktoren auf null gesetzt 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 CH_4. Die Im Silagelager zu Konservierungszwecken unabdingbare Absenkung des ph-Wertes steht der Entwicklung von NH_3 entgegen. Es entsteht auch kein N_2O, da bei der im Silagelager stattfindenden Milchsäuregärung kein Nitrat entstehen kann. Entsprechend dem Inventar-Ansatz, dass NO-Emissionen proportional zu N_2O berechnet werden (siehe Kapitel 3.3.4.3.5), entfällt damit auch die Berechnung von NO-Emissionen.

Wie bei Mist wird auch bei der Vergärung von Energiepflanzen berücksichtigt, dass im Fermenter organische Substanz abgebaut wird (speziell Eiweißverbindungen), was zur Mineralisierung von organischem Stickstoff und damit zu einem Anstieg des relativen TAN-Gehaltes führt. Da aber der Stickstoff in den zur Vergärung vorgesehenen Energiepflanzen zunächst nur in organischer Form vorliegt, kann Energiepflanzen beim Eintritt in den Fermenter kein TAN-Gehalt (TAN_{dig}) zugeordnet werden. Es wird daher nach KTBL (2013a), S. 252 (Tabellenzeile „Nawaro, flüssig“) 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 kg kg^{-1} zu setzen ist.

Aus dem Fermenter gibt es keine N-Verluste, siehe dazu Kapitel 3.3.4.4.2 für N_2O, NO und N_2 sowie Kapitel 3.3.4.4.3 für NH_3.

N_2-Emissionen werden für das Lager berechnet, da die damit verbundenen N-Verluste die N-Menge in den auszubringenden Gärresten und damit die ausbringungsbedingte N-Emissionen beeinflussen. Die als Folge der Ausbringung entstehenden N_2-Emissionen werden

influence other N emissions in the given calculation concept and therefore do not need to be reported.

Taking into account the methodological aspects described above, there is a need to calculate the following emissions:

Digester

- CH_4, via leakage

Storage

- CH_4, via leakage
- direct N_2O as well as NO and N_2
- indirect N_2O resulting from deposition of NH_3 and NO from storage
- NH_3

Application

- NH_3
- direct N_2O and NO due to application (see Chapter 11.3)
- indirect N_2O resulting from deposition of NH_3 and NO from application (see Chapter 12.1)
- indirect N_2O resulting from leaching/surface runoff of the N entering in the soil via application (see Chapter 12.2)

Table 10.3 shows the times series of the resulting total CH_4 emission factor for digestion of energy crops (digester + 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.

dagegen nicht berechnet, weil sie im gegebenen Berechnungskonzept keine anderen N-Emissionen beinflussen und daher auch nicht berichtet werden müssen.

Unter Berücksichtigung der oben beschriebenen methodischen Aspekte ergibt sich die Notwendigkeit zur Berechnung der folgenden Emissionen:

Fermenter

- CH_4 durch Leckage

Lagerung

- CH_4 durch Leckage
- direktes N_2O sowie NO und N_2
- indirektes N_2O als Folge der Deposition von NH_3 und NO aus der Lagerung
- NH_3

Ausbringung

- NH_3
- direktes N_2O sowie NO als Folge der Ausbringung (siehe Kapitel 11.3)
- indirektes N_2O als Folge der Deposition von NH3 und NO aus der Ausbringung (siehe Kapitel 12.1)
- indirektes N2O durch Auswaschung/Oberflächenabfluss des durch die Ausbringung in den Boden gelangenden N (siehe Kapitel 12.2)

Table 10.3 zeigt den zeitlichen Verlauf des so berechneten Gesamt-CH_4-Emissionsfaktors für die Vergärung von Energiepflanzen (Fermenter + Gärrestlager). 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 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**	**2017**	**2018**	**2019**
0.00283	0.00278	0.00267	0.00264	0.00263	0.00262	0.00262	0.00262	0.00262	0.00262

The time series of the calculated total emission factor for direct N_2O-N emissions from the storage of anaerobically digested energy crops is shown in Table 10.4. This emission factor is calculated for each year of the time series from the total N_2O-N emission from the storage of digested energy crops divided by the amount of N introduced into the digestion process with the energy crops. The decreasing trend of the emission factor over the years reflects the increasing frequency of gas-tight storage, which does not emit N_2O.

As with manure storage (see Chapter 3.3.4.3.5), the NO-N and N2 emission factors of the digestate storage

Der zeitliche Verlauf des berechneten Gesamt-Emissionsfaktors für direkte N_2O-N-Emissionen aus der Lagerung vergorener Energiepflanzen ist in Table 10.4 dargestellt. Dieser Emissionsfaktor berechnet sich für jedes Jahr der Zeitreihe aus der N_2O-N-Gesamt-Emission aus der Lagerung vergorener Energiepflanzen dividiert durch die mit den Energiepflanzen in den Vergärungsprozess eingebrachte N-Menge. Der mit den Jahren abnehmende Trend des Emissionsfaktors spiegelt die zunehmende Verbreitung der gasdichten Lagerung wieder, die kein N_2O emittiert.

Wie bei der Wirtschaftsdüngerlagerung (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) betragen NO-N- und N2-Emissionsfaktor

are one-tenth and three times the N2O-N emission factor, respectively, and can thus be derived directly from Table 10.4.

der Gärrestlagerung ein Zehntel bzw. das Dreifache des N_2O-N-Emissionsfaktors und sind somit direkt aus Table 10.4 ableitbar.

Table 10.4: Digestion of energy crops, effective emission factor for direct N_2O-N, related to N input (in 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	0.00396	0.00368	0.00341	0.00315
2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
0.00289	0.00263	0.00203	0.00190	0.00180	0.00177	0.00176	0.00177	0.00176	0.00176

Like for 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 for the storage of energy-plant digestate. The N_2O-N emission factor ist he same as for manure: 0.01 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 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 the NH_3-N emission factors for storage of energy-plant digestate only as well as for the combination of storage and spreading of the digestates of energy crops. Both types of emission factors are related to the amount of N fed into the digestion process. 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 which 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).

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: Gärrestlager). Der N_2O-N-Emissionsfaktor wird wie bei Wirtschaftsdünger mit 0,01 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 Gärrestlager berechnet, da Versickerung oder unkontrollierter oberirdischer Abfluss aus dem Gärreste-Management aus Gründen des Gewässerschutzes zu vermeiden sind (siehe dazu u. a. JGS-Anlagenverordnung NRW 1998, Wasserhaushaltsgesetz WHG 2010).

Table 10.5 zeigt die Zeitreihe der NH_3-N-Emissionsfaktoren für Gärrestlagerung allein sowie Gärrestlagerung und Ausbringung zusammen, bezogen in beiden Fällen auf die mit den Energiepflanzen in die Vergärung eingebrachte N-Menge. Der abnehmende Trend beim Gärrestlager-Emissionsfaktor wird durch die zunehmende Verbreitung der gasdichten Lagerung bestimmt. Dies wirkt sich auch deutlich auf den Emissionsfaktor für „Lagerung + Ausbringung" aus. Der Anstieg dieses Emissionfaktors von 2005 zu 2006 ist auf einen starken Anstieg der Vergärung in Bayern zurück zu führen, da der mittlere bayerische EF für die Ausbringug über dem deutschen Durchschnitt liegt. Die starke Abnahme des Gesamt-Emissionfaktors 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 NH_3-N, related to N input (in 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	0.2074	0.2072	0.2070	0.2068	0.2066	0.2064	0.2062	0.2060	0.2058	0.2056
	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	0.2054	0.2052	0.2050	0.2047	0.2043	0.2039	0.2061	0.2023	0.1991	0.1983
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
storage	0.0146	0.0132	0.0102	0.0096	0.0091	0.0089	0.0089	0.0089	0.0089	0.0089
storage + spreading	0.1979	0.1972	0.1846	0.1756	0.1684	0.1618	0.1618	0.1624	0.1625	0.1625

10.2.2 Uncertainties of the emission factors / Unsicherheiten der Emissionsfaktoren

For the uncertainty (half the 95 % confidence interval) of the CH_4 emission factor the uncertainty of the CH_4 emission factor for the manure management of cattle and pigs is adopted: 20 % and normal distribution, see e. g. Chapter 4.3.5.

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 N_2O 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 N_2O emission factors see Chapter 12.1.

Due to the lack of information on the uncertainties of the NO emission factor, the uncertainty of the emission factor for direct N_2O from storage is adopted (see Chapter 14.4.2).

The uncertainties of the NH_3 emisson factors are estimated by analogy to manure management as well. This means an uncertainty (95 % confidence interval with 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 4.3.7.6).

Note that, as the emissions of NH3 from storage and spreading of digestate of energy crops are subtracted by an adjustment procedure (see farther above),e thes emissions are not taken into account in the calculation of the total uncertainty of the German ammonie inventory, see Chapter 14.7).

Die Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzinterval) des CH_4-Emissionsfaktors wird mit dem beim Wirtschaftsdünger-Management von Rinden und Schweinen zu findenden Unsicherheitswert angenommen: 20 % mit Normalverteilung, siehe z. B. Kapitel 4.3.5.

Für direktes N_2O 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 % (-Verteilung).

Zur Unsicherheit des Emissionsfaktors des depositionsbedingten indirekten N_2O siehe Kapitel 12.1.

Wie beim Wirtschaftsdünger wird für die Unsicherheit des Emissionsfaktors für NO aus dem Lager die Unsicherheit des Emissionsfaktors für direktes N_2O aus dem Lager übernommen (siehe Kapitel 14.4.2).

Auch für die Unsicherheit der NH_3-Emissionsfaktoren wird eine Analogie zum Wirtschaftsdünger angenommen. Das bedeutet eine Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall bei Normalverteilung) von 36 % für das Gärrestlager (vgl. Wirtschaftsdünger-Management, Kapitel 14.5) und 30 % für die Ausbringung (vgl. Wirtschaftsdünger-Ausbringung, Kapitel 4.3.7.6).

Anmerkung: Die durch das Adjustmentverfahren nicht berücksichtigten NH_3-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

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 10.6: Digestion of energy crops, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	NH_3, storage	EM1001.006	
		NH_3, spreading	EM1001.004	
		N_2O, storage	EM1001.024	
		N_2O, spreading	EM1001.010	
		N_2O, indirect, leaching	EM1001.019	
		N_2O, indirect, deposition,spreading	EM1001.021	
		N_2O, indirect, deposition,storage	EM1001.023	
		NO, storage	EM1001.032	
		NO, spreading	EM1001.030	
		CH_4, digester + storage	EM1001.037	
Activity data	Aktivitäten	N amount (storage)	AC1001.006	
		N amount (spreading)	AC1001.007	
		Dry matter	AC1001.016	
		N returned to soil	AC1001.022	
		N deposited (spreading)	AC1001.025	
		N deposited (storage)	AC1001.028	
Emission factors	Emissionsfaktoren	NH_3, storage	IEF1001.006	
		NH_3, spreading	IEF1001.004	
		N_2O, storage	IEF1001.019	
		N_2O, spreading	IEF1001.010	
		N_2O, indirect, leaching	IEF1001.017	
		N_2O, indirect, deposition,spreading	IEF1001.018	
		N_2O, indirect, deposition,storage	IEF1001.019	
		NO, storage	IEF1001.026	
		NO, spreading	IEF1001.024	
		CH_4, digester + storage	IEF1001.031	

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. NH_3 from and N_2O after spreading of fertilizers, or emissions of particulate matter. The calculation procedures for direct emissions are described in the following.

Indirect emissions are N_2O emissions that are a secondary effect of agricultural activities, i. e. N_2O emissions from soils due to deposition of reactive nitrogen (NH_3 and NO) emitted from agricultural sources, and N_2O 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,
- mineralization,
- liming.

The gases emitted are NH_3, N_2O, NO, N_2 und CO_2. In addition, the inventory calculates the emissions of NMVOC and particulate matter (PM).

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 11.9.

Table 11.1 gives an overview of the methodologies used. NH_3 emissions originating from the application of animal manures and digestate of energy crops, N_2O 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 NH_3 emissions from grazing and spreading is not described here, as these emissions are dealt with in combination with the calculation of the emissions from animal husbandry (Chapters 4 to 9).

Bei den Emissionen aus landwirtschaftlicher Nutzflächen und Kulturen wird zwischen direkten und indirekten Emissionen unterschieden.

Direkte Emissionen sind Emissionen, die sich unmittelbar aus der Bodennnutzung ergeben, wie z. B. NH_3 und N_2O infolge der Ausbringung von Dünger, aber auch Partikel. Die Berechnung dieser Emissionen wird im Folgenden beschrieben.

Bei den indirekten Emissionen handelt es sich um N_2O-Emissionen, die eine Sekundärfolge landwirtschaftlicher Aktivitäten sind: N_2O-Emissionen aus dem Boden infolge Deposition von reaktivem N aus landwirtschaftlichen Quellen (NH_3- und NO-Emissionen), sowie N_2O-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,
- Mineralisierung,
- Düngekalkung.

Hierbei handelt es sich Emissionen von NH_3, N_2O, NO, N_2 und CO_2. Zusätzlich werden für das Inventar auch Emissionen von NMVOC und Partikeln (PM) berechnet.

Emissionen aus dem Reisanbau kommen in Deutschland nicht vor. Brandrodung wird in Deutschland nicht praktiziert, so dass auch hierfür keine Emissionen zui berechnen sind.

Emissionen aus dem Verbrennen von Ernterückständen auf dem Feld sind in Deutschland vernachlässigbar. Hierauf geht Kapitel 11.9 ein.

Table 11.1 zeigt eine Übersicht über die verwendeten Verfahren. NH_3-Emissionen aus der Ausbringung von Mineraldünger und Energiepflanzen-Gärresten, N_2O-Emissionen aus der Bewirtschaftung organischer Böden und NMVOC-Emission aus Pflanzen werden mit Tier-2-Verfahren berechnet. Alle übrigen Emissionen werden mangels differenzierterer Methodik nach Tier-1-Verfahren berechnet. Die Berechnung der NH_3-Emissionen aus Weidegang und Ausbringung wird nicht hier, sondern im Zusammenhang 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_3	mineral fertilizer	2	EMEP
N_2O, NO, N_2	mineral fertilizer	1	IPCC
N_2O, NO, N_2	animal manures	1	IPCC
NH_3	digestate of energy crops	2	national
N_2O, NO, N_2	digestate of energy crops	1	national / IPCC
N_2O	sewage sludge	1	IPCC
N_2O, NO, N_2	excretions during grazing	1	IPCC
N_2O	mineralization	1	IPCC
N_2O	organic soils	2	national
N_2O, N_2	crop residues	1	IPCC
CO_2	liming	1	IPCC
CO_2	Urea application	1	IPCC
NMVOC	cultivated crops	2	EMEP
TSP, PM_{10}, $PM_{2.5}$	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 vereinzelten Jahren vorliegen.

11.1 Application of mineral fertilizers / Mineraldüngerausbringung

This chapter details the calculation of NH_3, direct N_2O and NO resulting from the application of mineral fertilizers. For the calculation of the indirect N_2O emissions see Chapter 12.

Dieses Kapitel beschreibt die Berechnung von NH_3-, direkten N_2O- und NO-Emissionen, die infolge von Mineraldüngerausbringung entstehen. Zur Berechnung der indirekten N_2O-Emissionen siehe Kapitel 12.

11.1.1 Activity data: Amounts of fertilizers / Aktivitätsdaten: Düngermengen

Data on amounts of fertilizers applied is not available. Therefore, the fertilizer sales volume statistically recorded for Germany (STATBA FS 4, R 8.2, for each year) serves as the basis for the calculation. The sales quantities are recorded six months later than the calendar year. First, the amount of mineral fertilizer sold in the second half of year j - 1 and the amount of mineral fertilizer sold in the first half of year j is assigned to year j.

For 1989 to 1993, information about fertilizer in the new federal states (former GDR) is available as total of N sold. The detailed data for 1994 were used to estimate the distribution of fertilizer for the single Länder as well as the frequency distribution of the various fertilizer types. The missing data for Saarland in 1991 were replaced by the respective data for 1990.

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, among other things, also the impact of fertilizer price developments. In order to better approximate such effects, an interannual averaging of the mineral fertilizer quantities will take place from the present 2021 submission. This is done by using the moving, centered three-year mean, whereby for the last time series year it is only possible to average over the last 2 years. This procedure follows the example of Austria (averaging over two years) and France (averaging over three years).

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.

For the distribution of emissions across federal states, from submission 2021 onwards, the mineral fertilizer quantities sold in the federal states will no longer be used, but a distribution key that was created for the AGRUM Germany project for the years 2014 - 2016 (EYSHOLDT 2020, personal communication[31]).

This distribution key is assumed for all time series years. It is used after the time averaging described

Daten ausgebrachter Düngermengen sind nicht verfügbar. Daher dient die für Deutschland statistisch erfasste~~n~~ Dünger*verkaufs*menge (STATBA FS 4, R 8.2, für jedes Jahr) als Grundlage für die Berechnung. Die Erfassung der Verkaufsmengen erfolgt um ein halbes Jahr versetzt gegenüber dem Kalenderjahr. Zunächst wird die im zweiten Halbjahr des Jahres j – 1 und die im ersten Halbjahr des Jahres j verkaufte Mineraldüngermenge dem Jahr j zugeordnet.

1989 bis 1993 liegen für die Neuen Bundesländer Angaben über Düngemittel nur als Summe der verkauften N-Menge vor. Unter Verwendung der detaillierten Daten für 1994 wurden die auf die einzelnen Bundesländer und die einzelnen Düngersorten entfallenden Teilmengen proportional erschlossen. Die für das Saarland fehlenden Angaben für 1991 wurden durch entsprechende Daten für 1990 ersetzt.

Die durch Datenmangel bedingte Gleichsetzung von ausgebrachter Düngermenge mit verkaufter Düngermenge bedeutet, dass Bildung und Abbau von Düngervorräten vernachlässigt werden. Dies lässt u. a. auch den Einfluss der Düngerpreisentwicklung außer Acht. Um solche Effekte besser zu approximieren, erfolgt ab der vorliegenden Submission 2021 eine jahresübergreifende Mittelung der Mineraldüngermengen. Dies geschieht durch Verwendung des gleitenden zentrierten Dreijahresmittels, wobei für das letzte Zeitreihenjahr nur über die letzten 2 Jahre gemittelt werden kann. Dieses Vorgehen folgt dem Beispiel von Österreich (Mittelung über zwei Jahre) und Frankreich (Mittelung über drei Jahre).

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 Deutschlandebene 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.

Für die Verteilung der Emissionen auf Bundesländer werden ab Submission 2021 nicht mehr die in den Bundesländern verkauften Mineraldüngermengen verwendet, sondern ein Verteilungschlüssel, der für das Projekt AGRUM Deutschland für die Jahre 2014 – 2016 erstellt wurde (EYSHOLDT 2020, persönliche Mitteilung[31]).

Dieser Verteilungsschlüssel wird für alle Zeitreihenjahre angenommen. Er wird angewendet, nachdem die

[31] https://www.thuenen.de/en/cross-institutional-projects/agrum-germany/?no_cache=1

above has been carried out. The distribution key has no influence on the total emissions calculated for Germany and, unlike the sales data of the federal states, provides a plausible use of mineral fertilizers for each federal state.

Table 11.2 shows the German classification of N fertilizers and the corresponding EMEP (2019) categories.

oben beschriebene zeitliche Mittelung durchgeführt wurde. Der Verteilungsschlüssel hat keinen Einfluss auf die für Deutschland insgesamt berechneten Emissionen und liefert, anders als die Verkaufsdaten der Bundesländer, für jedes Bundesland einen plausiblen Mineraldüngereinsatz.

Table 11.2 zeigt die deutschen Dünger-Bezeichnungen sowie die aus EMEP (2019).

Table 11.2: German classification of N fertilizers and corresponding EMEP (2019) categories

German classification	English terms	corresponding EMEP (2019) categories
Kalkammonsalpeter (KAS)	calcium ammonium nitrate (CAN)	calcium ammonium nitrate (CAN)
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

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. On this basis, an uncertainty (95% confidence interval) of 1% is assumed for the inventory, valid for each of the six categories of fertilizer used in the inventory (see Table 11.2)). The systematic uncertainty resulting from the emission calculation being based on the fertilzere amounts sold instead of the amounts applied to the field cannot be quantified.

The aggregate uncertainty of the total amount of N in the fertilizers sold, m_{fert}, results according to the rules of Gaussian error propagation, see Chapter 14.2, equation (14.3), from the combination of the uncertainties of the individual contributions to m_{fert}. Since these individual contributions are weighted into the result, the aggregate uncertainty of m_{fert} varies from year to year within the time series and - depending on updates of methodologies and input data - from submission to submission. For Submission 2021, the total uncertainty of m_{fert} in 2019 is 0.5 %. The aggregate uncertainty from the last time series year is used to calculate the uncertainty of the total inventories of GHG and NH_3 (see Chapters 14.6 and 14.7) because the underlying Tier 1 scheme cannot take into account uncertainties that vary from year to year.

Nach dem Qualitätsbericht zu STATBA FS 4, R 8.2 sind die Daten der Düngemittelverkaufstatistik als „zuverlässig und präzise" einzustufen, da sie auf einer eine Totalerhebung ohne statistischen Fehler mit seltenen Antwortausfällen basiert. Davon ausgehend wird für das Inventar eine Unsicherheit (95%-Konfidenzintervall) von 1 % angenommen, gültig für jede einzelne der im Inventar verwendeten sechs Düngerkategorien (siehe Table 11.2). Die systematische Unsicherheit, die daraus resultiert, dass der Emissionsberechnung statt ausgebrachter Düngermengen die verkauften Mengen zugrunde gelegt werden, kann nicht quantifiziert werden.

Die aggregierte Unsicherheit der Gesamt-N-Menge an verkauftem Mineraldünger, m_{fert}, ergibt sich nach den Regeln der Gaußschen Fehlerfortpflanzung, siehe Kapitel 14.2, Gleichung (14.3), aus der Kombination der Unsicherheiten der Einzelbeiträge zu m_{fert}. Da diese Einzelbeiträge gewichtend in das Ergebnis eingehen, variiert die aggregierte Unsicherheit von m_{fert} innerhalb der Zeitreihe von Jahr zu Jahr und - in Abhängigkeit von Aktualisierungen von Methodiken und Eingangsdaten – auch von Submission zu Submission. Für Submission 2021 beträgt die Gesamtunsicherheit von m_{fert} im Jahr 2019 0,5 %. Die aggregierte Unsicherheit aus dem letzten Zeitreihenjahr wird für die Berechnung der Unsicherheit der Gesamtinventare von THG und NH_3 (siehe Kapitel 14.6 und 14.7) verwendet, weil das dort zugrunde liegende Tier-1-Schema keine zeitlich veränderlichen Unsicherheiten berücksichtigen kann.

11.1.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

11.1.2.1 *Emissions of NH_3 / NH_3- 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 (2019)-3.D-11.

Die Ammoniak-Emissionen der in Kapitel 11.1.1. angegebenen sechs Mineraldüngerkategorien werden nach einem Tier-2-Verfahren nach EMEP (2019)-3.D-11 berechnet.

$$E_{\text{NH3-N, fert}} = \frac{\sum_{\text{i}} (m_{\text{fert,i}} \cdot EF_{\text{NH3, i}})}{\gamma_{\text{NH3}}} \quad \textbf{(11.1)}$$

$E_{\text{NH3-N, fert}}$	NH_3-N emission flux from fertilizers (in Gg a^{-1})
γ_{NH3}	mass conversion factor (γ_{NH3} = 17/14 g g^{-1} mol mol^{-1})
$m_{\text{fert, i,}}$	mass of N applied with fertilizer type i (in Gg a^{-1})
$EF_{\text{NH3, i}}$	NH_3 emission factor for fertilizer type i (in kg kg^{-1})

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.

For the uncertainty of the emission factor see Chapter 11.1.2.4.

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.

Zur Emissionsfaktor-Unsicherheit siehe Kapitel 11.1.2.4.

Table 11.3: Mineral fertilizers, NH_3 emission factors for the fertilizer categories applied in Germany

fertilizer category	emission factor *EF* [a] kg NH_3 (kg N)$^{-1}$
calcium ammonium nitrate (CAN)	0.008
ammonium solutions	0.098
urea	0.155
ammonium phosphates	0.050
NK and NPK fertilizers	0.050
straight fertilizers / single nutrient fertilizers	0.010

[a] Source: EMEP(2019)-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 (2019).

11.1.2.2 *Emissions of N_2O / N_2O-Emissionen*

For N_2O, a Tier 1 approach is used according to IPCC(2006)-11.7/11.11. It calculates the N_2O-emission as proportional to the amount of fertilizer N applied. The N_2O-N emission factor is $EF_{\text{fert, N2O-N}}$ = 0.01 kg kg^{-1}.

For the uncertainty of the emission factor see Chapter 11.1.2.4.

N_2O wird mit einem Tier-1-Verfahren (IPCC (2006)-11.7) proportional zur ausgebrachten N-Menge berechnet. Der N_2O-N-Emissionsfaktor ist $EF_{\text{fert, N2O-N}}$ = 0,01 kg kg^{-1}, siehe IPCC(2006)-11.11.

Zur Emissionsfaktor-Unsicherheit siehe Kapitel 11.1.2.4.

$$E_{\text{N2O-N, fert}} = m_{\text{fert}} \cdot EF_{\text{N2O-N, fert}} \quad \textbf{(11.2)}$$

$E_{\text{N2O-N, fert}}$	emission of N_2O-N directly emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in Gg a^{-1})
m_{fert}	amount of N applied with mineral fertilizer (in Gg a^{-1})
$EF_{\text{N2O-N, fert}}$	emission factor for emissions of N_2O-N due to mineral fertilizer application (in kg kg^{-1})

11.1.2.3 *Emissions of NO / NO-Emissionen*

NO emissions from cultivation of agricultural soils and crops manure management are reported (as NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold. This procedure is based on the fact that these emissions had not been accunted for in the definition of the national emission ceiling for NO_x (1051 Gg a^{-1}, NEC Directive 2011/81/EC).

The NO emissions are calculated with a Tier 1 methodology (see EMEP (2019)-3.D-11):

NO aus dem Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden wird zwar berichtet (als 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 Gg a^{-1}, NEC-Richtlinie 2011/81/EC) waren.

Die NO-Emissionen werden mit einem Tier-1- Verfahren berechnet (siehe EMEP (2019)-3.D-11):

$$E_{\text{NO-N, fert}} = m_{\text{fert}} \cdot EF_{\text{NO-N, fert}} \quad \textbf{(11.3)}$$

$E_{\text{NO-N, fert}}$	emission of NO-N emitted from soils due to application of mineral fertilizer (in Gg a^{-1})
m_{fert}	amount of N applied with mineral fertilizer (in Gg a^{-1})
$EF_{\text{NO-N, fert}}$	emission factor for emissions of NO-N due to mineral fertilizer application (in kg kg^{-1})

EMEP (2019)-3D-12, Table 3.1, does not provide the emission factor for NO-N, but for NO_2. Nevertheless this NO_2 emission factor is based on the NO-N emission factor by STEHFEST UND BOUWMAN (2006), which is 0.012 kg NO-N per kg of N applied and is used in the German inventory.

For the uncertainty of the emission factor see Chapter 11.1.2.4.

EMEP (2019)-3D-12, Table 3.1, gibt den Emissionsfaktor nicht für NO-N, sondern für NO_2 an. Dahinter steht aber der NO-N-Emissionsfaktor von STEHFEST UND BOUWMAN (2006), der 0,012 kg NO-N pro kg an ausgebrachtem N beträgt; dieser Emissionsfaktor wird im deutschen Inventar verwendet.

Zur Emissionsfaktor-Unsicherheit siehe Kapitel 11.1.2.4.

11.1.2.4 *Uncertainties of the N emissions / Unsicherheiten der N-Emissionen*

The uncertainty (95 % confidence interval) of the NH_3 emissions is, according to EMEP (2019)-3D-21, no better than ± 50 %. This value of 50 % is adopted also for the emission factors as there is no emission factor uncertainty provided by EMEP (2019). A normal distribution is assumed. This applies to each of the six categories of fertiliser. However, since only the total amount of emissions from the mineral fertiliser application has to be reported, an aggregate uncertainty has to be determined for this purpose. This is calculated according to the following scheme:

The aggregate uncertainty of the NH_3 emission factor averaged over all fertiliser categories is determined by the rules of Gaussian error propagation (see Chapter 14.2, combination of equations (14.3) and (14.4)) from activity data and emission factors of the partial contributions and their uncertainties.

For the uncertainty of activity data, see Chapter 11.1.1. The uncertainty of the NH_3 emission factor of the partial emissions is estimated at 50 %, see above. This results, for the 2021 Submission, in an aggregate uncertainty of 32.0 % for the average NH_3 emission factor of the total amount of mineral fertilisers applied in the year 2018. As with activity data (see Chapter 11.1.1), variations are possible from submission to submission and, within a submission, from year to year. For the calculation of the uncertainty of the total NH3 inventory (see Chapter 14.7), as in the activity data, the uncertainty value of the last time series year is used.

Die Unsicherheit der NH_3-Emissionen (95 %-Konfidenzinterval) ist nach EMEP (2019)-3D-21 nicht kleiner als ± 50 %. Der Wert von 50 % wird, da eine entsprechende Angabe für die Emissionsfaktoren fehlt, für diese übernommen. Angenommen wird Normalverteilung. Diese Angaben gelten für jede einzelne der sechs Mineraldüngerkategorien. Da aber lediglich die Gesamtsumme der Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung zu berichten sind, ist dafür eine aggregierte Unsicherheit zu ermitteln. Diese wird nach folgendem Schema berechnet:

Die aggregierte Unsicherheit des über alle Düngerkategorien gemittelten NH_3-Emissionsfaktors ergibt sich nach den Regeln der Gaußschen Fehlerfortpflanzung (siehe Kapitel 14.2, Kombination der Gleichungen (14.3) und (14.4) aus Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren der Teilbeiträge sowie deren Unsicherheiten.

Zur Unsicherheit der Aktivitätsdaten siehe Kapitel 11.1.1. Die Unsicherheit des NH_3-Emissionsfaktors der Teilemissionen wird, siehe oben, mit 50 % angesetzt. Daraus ergibt sich für den mittleren NH_3-Emissionsfaktor der ausgebrachten Gesamt-Mineraldüngermenge für das Jahr 2019 der Submission 2021 eine aggregierte Unsicherheit von 32,0 %. Wie bei den Aktivitätsdaten (siehe Kapitel 11.1.1) sind Variationen von Submission zu Submission und innerhalb einer Submission von Jahr zu Jahr möglich. Für die Berechnung der Unsicherheit des NH_3-Gesamtinventars (siehe Kapitel 14.7) wird wie bei den Aktivitätsdaten der Unsicherheitswert des letzten Zeitreihenjahres verwendet.

For the N_2O-N emission factor (0.01 kg kg^{-1}), IPCC (2006)-11.11, Table 11.1, specifies an uncertainty range from 0.003 to 0.03 kg kg^{-1}. Hence, the interval between the upper boundary of the unvertainty range and the emission factor is twice the emission factor (i. e. 200 % of the emission factor). Due to the asymmetry, a lognormal distribution is assumed: then, consistent with the upper boundary of 200 %, the lower boundary of the confidence interval is -79 %.

The overall uncertainty calculation of the GHG inventory is based on the Tier 1 methodology "Approach 1"

Für den N_2O-N-Emissionsfaktor von 0,01 kg kg^{-1} wird in IPCC (2006)-11.11, Table 11.1, ein Unsicherheitsbereich von 0,003 bis 0,03 kg kg^{-1} angegeben. Damit entspricht das Intervall zwischen oberer Unsicherheitsgrenze und Emissionsfaktor dem Zweifachen (d. h. 200 %) des Emissionsfaktors. Aufgrund der Asymmetrie wird Lognormalverteilung angenommen: Damit ergibt sich die zur Obergrenze von 200 % passende Untergrenze zu -79 %.

Der Gesamtunsicherheitsberechnung des THG-Inventars liegt der Tier-1-Ansatz „Approach 1" von

provided by IPCC (2006), see Chapter 14.6. The input data required by this approach, in case of asymmetric distributions, is the larger of the two ranges between the emission factor and the confidence interval boundaries, i.e. 200 %.

By analogy with the NH_3 calculation, an aggregation of the uncertainties of the N_2O emission factors of the six mineral fertilizer categories is required for the calculation of the total GHG inventory. The procedure is the same as described above for NH_3. This results, for the year 2019 of Submission 2021, in an uncertainty of 101.1 percent. This value can change from submission to submission and from year to year. As with activity data (see Chapter 11.1.1), the uncertainty of the last time series year is used in the uncertainty calculation of the total GHG inventory.

For NO, EMEP (2019) -3D-21 based on Stehfest and Bouwman (2006), estimates an uncertainty factor of 5; a distribution type is not specified. Adjusting a log-normal distribution results in a 95% confidence interval of [-95%; + 400%].

The uncertainty of the NO emission factor of the total application of mineral fertilizers, calculated by analogy to the calculations for NH_3 and N_2O, is 202.2 % for the year 2019 of Submission 2021. This value can also change from submission to submission and from year to year.

IPCC(2006) zugrunde, siehe Kapitel 14.6. Dieser Ansatz verlangt als Eingabegröße bei asymmetrischen Verteilungen die größere der beiden Spannen zwischen Emissionsfaktor und Konfidenzintervallgrenze, hier also 200 %.

In Analogie zur NH_3-Berechnung ist für die Berechnung des Gesamt-THG-Inventars zuvor eine Aggregierung der Unsicherheiten der N_2O-Emissionsfaktoren der sechs Mineraldüngerkategorien erforderlich. Die Vorgehensweise ist die gleiche wie oben für NH_3 beschrieben. Für das Jahr 2019 der Submission 2021 erhält man eine Unsicherheit von 101,1 %. Dieser Wert kann sich von Submission zu Submission und Jahr zu Jahr ändern. Wie bei den Aktivitätsdaten (siehe Kapitel 11.1.1) wird in der Unsicherheitsberechnung des Gesamt-THG-Inventars der Unsicherheitswert des letzten Zeitreihenjahres verwendet.

Für NO schätzt EMEP (2019)-3D-21 in Anlehnung an Stehfest und Bouwman (2006) einen Unsicherheitsfaktor von 5; ein Verteilungstyp wird nicht angegeben. Die Anpassung einer Lognormal-Verteilung ergibt ein 95 %-Konfidenzintervall von [-95 %; +400 %].

Die analog zur Vorgehensweise bei NH_3 und N_2O berechnete Unsicherheit des NO-Emissionsfaktors der Gesamtanwendung von Mineraldünger beträgt für das Jahr 2019 der Submission 2021 202,2 %. Auch dieser Wert kann sich von Submission zu Submission und von Jahr zu Jahr ändern.

11.2 Application of animal manures and digestates of animal manures / Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten

This chapter details the calculation of NH_3, direct N_2O and NO resulting from the application of animal manures and digestates of animal manures. For the calculation of the indirect N_2O emissions see Chapter 12.

Dieses Kapitel beschreibt die Berechnung von NH_3-, direkten N_2O- und NO-Emissionen, die infolge von der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Wirtschaftsdünger-Gärresten entstehen. Zur Berechnung der indirekten N_2O-Emissionen siehe Kapitel 12.

11.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

IPCC(2006) and EMEP (2019) require, that, as activity value, the total N quantity m_{man} of animal manures and digestates from anerobically digestion of animal manures be reported. In the German inventory, m_{man} consists of partial contributions from the individual animal categories. Such a partial contribution is calculated separately for each animal category according to the mass flow concept (see Chapter 3.3.4.3). The amounts of N of excretions and straw entering the system as well as the N losses due to emissions of NH_3, N_2O, NO and N_2 from housings and storage systems are taken into account.

The uncertainty (half 95% confidence interval) of the total N quantity m_{man} is determined as follows:

The unknown uncertainty of the partial contributions to the total activity rate is estimated at 20 % (normal distribution), i.e. twice the uncertainty of N excretion (10 %, see Chapter 14.4.1). The aim is to approximate the additional uncertainties involved between excretion and application to field.

The aggregate uncertainty of the total activity rate m_{man} is then determined by the rules of Gaussian error-propagation, see Chapter 14.2, equation (14.3), from the combination of the uncertainties of the individual contributions to m_{man}. Since the individual contributions to m_{man} are used as weights in the calculation of the overall uncertainty, the latter varies from year to year within the time series and - depending on updates of methodologies and input data - may also vary from submission to submission. For 2019 in Submission 2021, the aggregate uncertainty of m_{man} is 9.3 %. The value of the last year of the time series is used in the calculation of the overall uncertainty of the total inventories of GHG and NH_3 (see Chapters 14.6 and 14.7), because the underlying Tier 1 scheme cannot take into account any time-changing uncertainties.

IPCC(2006) und EMEP (2019) schreiben vor, dass als Aktivitätswert die Gesamt-N-Menge m_{man} der ausgebrachten Wirtschaftsdünger und Wirtschaftsdünger-Gärreste berichtet wird. Im deutschen Inventar setzt sich m_{man} aus Teilbeiträgen der einzelnen Tierkategorien zusammmen. Ein solcher Teilbetrag wird separat 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 NH_3, N_2O, NO und N_2 aus Stall und Lager berücksichtigt.

Die Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) der Gesamt-N-Menge m_{man} wird wie folgt ermittelt:

Die unbekannte Unsicherheit der Teilbeiträge zur Gesamtaktivitätsrate m_{man} wird mit 20 % geschätzt (Normalverteilung), also dem Doppelten der Unsicherheit der N-Ausscheidung (10 %, siehe Kapitel 14.4.1). Damit sollen die zwischen Ausscheidung und Ausbringung zusätzlich mitwirkenden Unsicherheiten näherungsweise berücksichtigt werden.

Die aggregierte Unsicherheit der Gesamtaktivitätsrate m_{man} ergibt sich dann nach den Regeln der Gaußschen Fehlerfortpflanzung, siehe Kapitel 14.2, Gleichung (14.3), aus der Kombination der Unsicherheiten der Einzelbeiträge zu m_{man}. Da die Einzelbeiträge zu m_{man} gewichtend in das Ergebnis eingehen, variiert die aggregierte Unsicherheit von m_{man} innerhalb der Zeitreihe von Jahr zu Jahr und - in Abhängigkeit von Aktualisierungen von Methodiken und Eingangsdaten – ggf. auch von Submission zu Submission. Für das Jahr 2019 in Submission 2021 beträgt die aggregierte Unsicherheit von m_{man} 9,3 %. Der Wert des letzten Jahres wird für die Berechnung der Unsicherheit der Gesamtinventare von THG und NH_3 (siehe Kapitel 14.6 und 14.7) verwendet, weil das dort zugrunde liegende Tier-1-Schema keine zeitlich veränderlichen Unsicherheiten berücksichtigen kann.

11.2.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The calculation of NH_3 emissions is carried out separately for each animal category in the context of emission modelling of animal husbandry, see Chapters 4 to 8.8. It also contains information on the emission factors and their uncertainties. According to EMEP (2019), these animal category-specific emissions are combined, for emission reporting purposes, to a total emission.

Die Berechnung der NH_3-Emissionen erfolgt getrennt für jede einzelne Tierkategorie im Rahmen der Emissionsmodellierung der Tierhaltung, siehe Kapitel 4 bis 8.8. Dort finden sich auch die Angaben zu den Emissionsfaktoren und deren Unsicherheiten. Gemäß EMEP (2019) werden diese tierkategoriespezifischen Emissionen für die Berichterstattung zu einer Gesamtemission zusammengefasst.

According to IPCC (2006), the emissions of direct N_2O and NO resulting from the application of animal manures and digestates from anaerobic digestion of animal manures are also reported as total N_2O and NO emissions. As with NH_3 (see above), the total mission consists of partial contributions from the various animal categories. The N_2O and NO emissions from the application of manure and digestates are calculated like the emissions from application of mineral fertilisers (see Chapter 11.1.2), i.e. with a Tier 1 methodolgy and the same emission factors.

The aggregate uncertainty (half 95% confidence interval) of the emission factors for NH_3, N_2O and NO, averaged over all partial emission contributions, are determined by the rules of Gaussian error propagation (see Chapter 14.2, combination of equations (14.3) and (14.4)) from activity data and emission factors of the individual contributions as well as their uncertainties.

For the uncertainty of activity data, see Chapter 11.2.1. The uncertainty of the NH_3 emission factor of the partial emissions is 30 % (normal distribution) in accordance with Chapter 4.2.2.4. For N_2O and NO, the values of the mineral fertilizer application are adopted: They are 200 % for N_2O and 400 % for NO (see Chapter 11.1.2.4), with the assumption of lognormal distribution in both cases. Using the above uncertainties for the emission factors of the total emissions from application, the following aggregate uncertainties result for the year 2019 of Submission 2021: 14.5 % for NH_3, 93.3 % for N_2O and 186.7 % for NO.

These values can, similar to the situation with the activity data (see Chapter 11.2.1), vary form submission to submission and, within a submission, from year to year. As in Chapter 11.2.1, the uncertainty value of the last year of time series is used to calculate the ovrall uncertainty of the total inventories of GHG and NH_3 (see Chapters 14.6 and 14.7).

Nach IPCC (2006) werden auch die Emissionen von direktem N_2O und NO, die sich aus der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern und Wirtschaftsdünger-Gärresten ergeben, als N_2O- bzw. NO-Gesamtemission berichtet. Die Gesamtemission setzt sich wie bei NH_3 (siehe oben) aus Teilbeiträgen der verschiedenen Tierkategorien zusammen. Die N_2O- und NO-Emissionen aus der Ausbringung von Wirtschaftsdünger und Gärresten werden wie die Emissionen aus der Ausbringung von Mineraldünger berechnet (siehe Kapitel 11.1.2), d. h. mit einem Tier-1-Verfahren und den gleichen Emissionsfaktoren.

Die aggregierten Unsicherheiten (halbes 95 %-Konfidenzintervall) der über alle Teilbeträge gemittelten Emissionsfaktoren für NH_3, N_2O und NO ergeben sich nach den Regeln der Gaußschen Fehlerfortpflanzung (siehe Kapitel 14.2, Kombination der Gleichungen (14.3) und (14.4)) aus Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren der einzelnen Teilbeiträge sowie deren Unsicherheiten.

Zur Unsicherheit der Aktivitätsdaten siehe Kapitel 11.2.1. Die Unsicherheit des NH_3-Emissionsfaktors der Teilemissionen beträgt nach Kapitel 4.2.2.4 30 % (Normalverteilung). Für N_2O und NO werden die Werte der Mineraldüngerausbringung übernommen: Sie liegen bei 200 % für N_2O und 400 % bei NO (siehe Kapitel 11.1.2.4), wobei in beiden Fällen Lognormal-Verteilung angenommen wird. Aus den vorgenannten Unsicherheitswerten ergeben sich für die Emissionsfaktoren der ausbringungsbedingten Gesamtemissionen schließlich für das Jahr 2019 der Submission 2021 aggregierte Unsicherheiten von 14,5 % für NH3, 93,3 % für N_2O und 186,7 % für NO. Wie bei den Aktivitätsdaten (siehe Kapitel 11.2.1) sind Variationen von Submission zu Submission und innerhalb einer Submission von Jahr zu Jahr möglich. Analog zu Kapitel 11.2.1 wird der Unsicherheitswert des letzten Zeitreihenjahres für die Berechnung der Unsicherheit der Gesamtinventare von THG und NH_3 (siehe Kapitel 14.6 und 14.7) verwendet.

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 NH_3, N_2O and NO are calculated.

Für die Ausbringung von Gärresten der Energiepflanzenvergärung werden Emissionen von NH_3, N_2O und NO berechnet.

11.3.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amounts of N (m_{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 NH_3, N_2O, NO und N_2 from storage of the digestate. For the calculation of these N losses see Chapter 3.3.5.

The uncertainty of m_{DEC} is unknown. For the emission inventory the boundaries of the 95 % confidence interval are assumed to be located at ± 10 % of the mean. A normal distribution is assumed.

Die N-Menge m_{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 NH_3, N_2O, NO und N_2 aus der Gärreste-Lagerung. Zur Berechnung dieser N-Verluste siehe Kapitel 3.3.5.

Die Unsicherheit von m_{DEC} ist unbekannt. Für das Emissionsinventar werden die 95-%-Konfidenzintervall-Grenzen mit ± 10 % des Mittelwertes angesetzt. Es wird Normalverteilung angenommen.

11.3.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The NH_3 emissions originating from spreading are described in Chapter 10.2.

Direct N_2O emissions as well as 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_{fert} with m_{DEC} (see Chapter 11.3.1). The emission factors provided for mineral fertilizers (see Chapter 11.1.2) are adopted. Hence the uncertainties of the emission factors are the same as for the emission factors of mineral fertilizer.

NO emissions from cultivation of agricultural soils and crops manure management are reported (as NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 11.1.2.3.

For the indirect N_2O emissions see Chapter 12.

Die mit der Ausbringung verbundenen NH_3-Emissionen werden in Kapitel 10.2 beschrieben.

Direkte N_2O- sowie 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_{fert} durch m_{DEC} (siehe Kapitel 11.3.1) ersetzt wird. Es werden die entsprechenden Emissionsfaktoren und ihre Unsicherheiten von Mineraldünger übernommen, siehe Kapitel 11.1.2.

NO aus der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden wird zwar berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 11.1.2.3.

Zu den indirekten N_2O-Emissionen siehe Kapitel 12.

11.4 Application of sewage sludge / Ausbringung von Klärschlämmen

For the application of sewage sludge emissions of NH_3, N_2O and NO are calculated.

Für die Ausbringung von Klärschlämmen werden Emissionen von NH_3, N_2O und NO berechnet.

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 (SCHULTHEIß 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 (SCHULTHEIß et al., 2000, und dort zit. Lit.; MNULV 2001), dem Anteil, der landwirtschaftlich verwertet wird, und dem jeweiligen N-Gehalt der Schlämme (DWA, 2004) gemäß:

$$m_{\mathrm{N,SL}} = m_{\mathrm{SL}} \cdot x_{\mathrm{agr}} \cdot x_{\mathrm{FS}} \cdot \left(x_{\mathrm{WS}} \cdot c_{\mathrm{N,WS}} + x_{\mathrm{DHS}} \cdot c_{\mathrm{N,DHS}} + x_{\mathrm{LS}} \cdot c_{\mathrm{N,LS}} + x_{\mathrm{DS}} \cdot c_{\mathrm{N,DS}}\right) \quad \textbf{(11.4)}$$

$m_{\mathrm{N,SL}}$	nitrogen input with sewage sludge (in Mg a^{-1})
m_{SL}	sewage sludge produced (national total, dry matter) (in Mg a^{-1})
x_{agr}	fraction of sewage sludge applied in agriculture (in Mg Mg^{-1})
x_{FS}	fraction of sewage sludge applied in a single federal state (in Mg Mg^{-1})
x_{WS}	fraction of wet sewage sludge (in Mg Mg^{-1})
$c_{\mathrm{N,WS}}$	nitrogen content of wet sewage sludge (in Mg Mg^{-1} N)
x_{DHS}	fraction of dehydrated sewage sludge (in Mg Mg^{-1})
x_{LS}	fraction of limed sewage sludge (in Mg Mg^{-1})
x_{DS}	fraction of dried sewage sludge (in 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).

Table 11.4 and Table 11.5 give a review on the raw data available:

Both the amounts of sewage sludge produced and the amounts used in agriculture are available as incomplete time series as national totals for the time between 1991 and 2000. For 1995 and since 1998, data for single federal states is available. 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.

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 und Table 11.5 geben einen Überblick über die verfügbaren Rohdaten:

Klärschlamm-Mengen und landwirtschaftlich genutzte Klärschlamm-Mengen liegen seit 1991 als unvollständige Zeitreihen für das gesamte Bundesgebiet vor. Für 1995 und 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^{-1}, 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	2017	2018
BW			106		83	83	76	63	52	52	39	28	19	8	6	6	7	5	5	3	3	2	2	2	1
BY			159		141	138	128	98	86	84	73	63	60	57	53	56	50	53	48	47	47	39	41	31	31
BB			16		26	23	20	17	21	17	17	15	16	17	20	18	17	18	18	16	14	15	14	10	2
HE			76		68	67	63	64	55	58	53	42	43	51	49	52	54	56	55	48	54	51	52	38	24
MV			9		22	29	32	31	27	25	26	46	46	35	36	32	36	34	35	33	30	22	23	18	22
NI			198		173	179	176	157	164	170	162	152	149	141	138	136	133	128	124	90	90	81	81	73	58
NW			168		146	157	166	128	133	126	121	117	107	101	97	91	90	87	80	77	68	61	58	32	25
RP			57		56	57	65	69	66	64	63	64	61	63	69	65	63	65	58	57	61	61	55	43	43
SL			6		4	5	4	5	5	5	5	5	4	7	7	8	8	9	9	9	8	7	5	2	4
SN			10		1	7	8	5	5	6	2	4	4	8	9	12	14	14	14	13	11	9	12	11	9
ST			22		37	26	29	28	23	27	26	22	21	16	18	21	20	19	22	20	19	16	16	11	11
SH			81		67	70	70	73	73	69	65	66	61	63	62	59	55	52	52	52	47	50	52	34	44
TH			6		6	8	8	7	7	11	12	11	10	10	10	10	9	11	12	11	9	9	7	6	12
StSt			20		13	14	16	12	10	10	9	9	11	11	12	13	13	12	11	7	8	5	6	1	1
Germany	732	699	941	910	842	862	862	759	727	723	672	645	613	587	586	577	568	564	542	484	471	428	423	312	288

Source: UMWELTBUNDESAMT, reports to EU; SCHULTHEIß et al., 2000; STATISTISCHES BUNDESAMT (personal communication)

Table 11.5: Sewage sludge, nitrogen content (in g kg^{-1}, 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	2017	2018
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	42.0	37.0	49.8
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	48.9	53.0	53.0
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	42.3	48.6	49.3
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	35.3	34.1	31.7
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	53.8	58.0	58.8
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	60.7	61.4	62.8
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	32.0	29.9	30.2
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	43.8	43.9	41.2
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	53.3	58.8	44.6
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	37.0	28.0	41.2
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	47.6	43.8	54.2
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	34.0	35.0	28.9
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	28.6	21.7	34.1
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	55.3	56.1	57.6
Germany	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	44.1	45.4	45.0

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.

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.

The uncertainty of the sewage sludge data is unknown. The preliminary assumption is that officially recorded data do not deviate more than 20 %, with a mean of 10 %. The N contents reported should have a similar uncertainty: for the emission inventory the boundaries of the 95 % confidence interval are assumed to be located at ± 20 % of the mean. A normal distribution is assumed.

Die Unsicherheit der Klärschlamm-Daten ist unbekannt. Vorläufig wird angenommen, dass offiziell gemeldete Mengen mit einem Fehler von höchstens 20 %, im Mittel von 10 % behaftet sind. Die Unsicherheit der N-Gehalte sollte in der gleichen Größenordnung liegen: Für das Emissionsinventar werden die 95-%-Konfidenzintervall-Grenzen mit ± 20 % des Mittelwertes angesetzt. Die Verteilung ist normal.

11.4.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

11.4.2.1 *Emissions of NH_3 / NH_3-Emissionen*

EMEP (2019)-3.D, Table 3.1, provides a Tier 1 emission factor for NH_3 from spreading of sewage sludge: 0.13 kg NH_3 per kg N in sewage sludge. The German inventory uses an equivalent emission factor in NH_3-N units: 0.11 kg NH_3-N per kg N in sewage sludge. This emission factor is applied for all years of te the series.

According to EMEP (2019)-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 11.1.2.4): 50 % for half the 95 % confidence interval (normal distribution).

EMEP (2019)-3.D, Table 3.1, gibt einen Tier-1-Emissionsfaktor für NH_3 aus der Klärschlammausbringung an: 0,13 kg NH_3 pro kg Klärschlamm-N. Das deutsche Inventar verwendet einen dazu äquivalenten Emissionsfaktor in NH_3-N-Einheiten: 0,11 kg NH_3-N pro kg Klärschlamm-N. Dieser Emissionsfaktor wird für alle Jahre der Zeitreihe verwendet.

Laut EMEP (2019)-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 11.1.2.4): 50 % für das halbe 95 %-Konfidenintervall (Normalverteilung).

11.4.2.2 *Emissions of N_2O / N_2O-Emissionen*

Direct N_2O 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_{fert} with $m_{N,\,SL}$ (see Chapter 11.4.1). The N_2O 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.

For the indirect N_2O emissions see Chapter 12.

Die direkten N_2O-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_{fert} durch $m_{N,\,SL}$ (siehe Kapitel 11.4.1) ersetzt wird. Es wird der N_2O-Emissionsfaktor von Mineraldünger übernommen. Siehe dort auch zu den Unsicherheiten des Emissionsfaktors.

Zu den indirekten N_2O-Emissionen siehe Kapitel 12.

11.4.2.3 *Emissions of NO / NO-Emissionen*

EMEP (2019)-3.D, Table 3.1, provides a Tier 1 emission factor for NO_2 from spreading of sewage sludge. This NO_2 emission factor is based on the NO-N emission factor of Stehfest und Bouwman (2006), which is 0.012 kg NO-N per kg of N applied. The NO-N emission factor of Stehfest und Bouwman (2006) is used in the German inventory.

The emission factor is identical to that used for mineral fertilizers. Hence, see Chapter 11.1.2.4 for the uncertainty.

In EMEP (2019)-3.D, Table 3.1, wird ein Tier-1-Emissionsfaktor für NO_2 aus der Ausbringung von Klärschlamm angegeben. Dieser basiert auf dem NO-N-Emissionsfaktor von Stehfest und Baumann (2006), der 0,012 kg NO-N pro kg an ausgebrachtem N beträgt. Der NO-N-Emissionsfaktor von Stehfest und Bouwmann (2006) wird im deutschen Inventar verwendet.

Der EF ist identisch mit dem für Mineraldünger verwendeten EF. Daher wird für die Unsicherheit auf Kapitel 11.1.2.4 verwiesen.

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 NH_3, N_2O and NO are calculated.

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 NH_3, N_2O und NO berechnet.

11.5.1 Activity data / Aktivitätsdaten

N_2O and 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.

NO emissions from cultivation of agricultural soils and crops manure management are reported (as NO_x), but are neglected regarding the NEC emission threshold, see Chapter 11.1.2.3.

Bodenbürtige N_2O- und 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.

NO aus der Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Böden wird zwar berichtet (als NO_x), bzgl. der NEC-Emissionsobergrenze aber nicht angerechnet, siehe Kapitel 11.1.2.3.

11.5.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The quantification of the NH_3 emissions is described in context with the calculation of the emissions from animal husbandry (Chapters 4 to 7).

The direct N_2O-N emissions are calculated according to IPCC(2006)-11.6 ff The emissions of NO are assessed accordingly. In both cases the methodology is a Tier 1 methodology.

Die NH_3-Emissionen werden im Zusammenhang mit den Emissionen aus der Nutztierhaltung (Kapitel 4 bis 7) berechnet.

Die direkten N_2O-N-Emissionen werden nach IPCC(2006)-11.6 ff berechnet. Die Berechnung der NO-Emissionen erfolgt in Analogie dazu. In beiden Fällen handelt es sich um eine Tier-1-Methodik.

$$E_{\text{N2O-N, graz}} = m_{\text{N, graz,1}} \cdot EF_{\text{N2O-N, graz,1}} + m_{\text{N, graz, 2}} \cdot EF_{\text{N2O-N, graz, 2}} \quad \textbf{(11.5)}$$

$$E_{\text{NO-N, graz}} = m_{\text{N, graz,1}} \cdot EF_{\text{NO-N, graz,1}} + m_{\text{N, graz, 2}} \cdot EF_{\text{NO-N, graz, 2}} \quad \textbf{(11.6)}$$

$E_{\text{N2O-N, graz}}$	N_2O-N emission due to animal grazing (in Gg a^{-1})
$m_{\text{N, graz, 1}}$	amount of N excreted during grazing of cattle (in Gg a^{-1})
$EF_{\text{N2O-N, graz, 1}}$	N_2O-N emission factor for grazing of cattle (in kg kg^{-1})
$m_{\text{N, graz, 2}}$	amount of N excreted during grazing of sheep, goats and horses (in Gg a^{-1})
$EF_{\text{N2O-N, graz, 2}}$	N_2O-N emission factor for grazing of sheep, goats and horses (in kg kg^{-1})
$E_{\text{NO-N, graz}}$	NO-N emission due to animal grazing (in Gg a^{-1})
$EF_{\text{NO-N, graz, 1}}$	NO-N emission factor for grazing of cattle (in kg kg^{-1})
$EF_{\text{NO-N, graz, 2}}$	NO-N emission factor for grazing of sheep, goats and horses (in kg kg^{-1})

The following emission factors are used for N_2O-N (IPCC(2006)-11.11, Table 11.1):

- $EF_{\text{N2O-N, graz, 1}}$ = 0.02 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$
- $EF_{\text{N2O-N, graz, 2}}$ = 0.01 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$

The uncertainty range of $EF_{\text{N2O-N, graz, 1}}$ and $EF_{\text{N2O-N, graz, 2}}$ is given by 0.007 – 0.06 kg kg^{-1} and 0.003 – 0.03 kg kg^{-1}, 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. Due to the asymmetry, a lognormal distribution is

Für N_2O-N werden die folgenden Emissionsfaktoren verwendet (IPCC(2006)-11.11, Table 11.1):

- $EF_{\text{N2O-N, graz, 1}}$ = 0,02 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$
- $EF_{\text{N2O-N, graz, 2}}$ = 0,01 kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$

Der Unsicherheitsbereich wird für $EF_{\text{N2O-N, graz, 1}}$ mit 0,007 – 0,06 kg kg^{-1} und für $EF_{\text{N2O-N, graz, 2}}$ mit 0,003 – 0,03 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. Aufgrund der Asymmetrie wird Log-

assumed: then, consistent with the upper boundary of 200 %, the lower boundary of the confidence interval is -79 %. 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).

Regarding the NO emission factor, EMEP (2019)-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 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 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 11.1.2.4.

normal-Verteilung angenommen: Damit ergibt sich die zur Obergrenze von 200 % passende Untergrenze zu -79 %. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, d. h. 200 %.

EMEP (2019)-3D, Table 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 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 kg NO-N (kg N)$^{-1}$.

Die Unsicherheit des NO-Emissionsfaktor wird wie bei Mineraldünger angesetzt, siehe Kapitel 11.1.2.4.

11.6 Management of organic soils / Bewirtschaftung organischer Böden

The degradation of managed organic soils (histosols) leads to direct N_2O emissions. The level of emissions depends on the soil type, climate, distance from the groundwater table and management intensity. These influences cannot be taken into account in detail in the German emissions inventory due to a lack of suitable methodology. The inventory method is therefore based on the Tier 1 method of IPCC (2006) -11.7, which calculates the emissions as the product of the soil area and the default emission factor, but replaces the default emission factor with national emission factors which consider the influencing factorsmentioned above in terms of time and space. The inventory method is thus a tier 2 procedure.

Die Degradation bewirtschafteter organischer Böden (Histosols) führt zu direkten N_2O-Emissionen. Die Höhe der Emissionen hängt von Bodentyp, Klima, Grundwasserflurabstand und Bewirtschaftungsintensität ab. Diese Einflüsse können im deutschen Emissionsinventar mangels geeigneter Methodik nicht detailliert berücksichtigt werden. Die Inventarmethodik baut daher auf dem Tier-1-Verfahren von IPCC(2006)-11.7 auf, welches die Emissionen als Produkt aus Bodenfläche und Default-Emissionsfaktor berechnet, ersetzt den Default-Emissionsfaktor aber durch nationale Emissionsfaktoren, die die o. g. Einflussfaktoren im zeitlichen und räumlichen Mittel berücksichtigen. Damit stellt die Inventarmethodik ein Tier-2-Verfahren dar.

11.6.1 Activity data / Aktivitätsdaten

Table 11.6 shows the areas of the cultivated organic soils, broken down into arable land and grassland. The data were calculated and provided by the LULUCF sector. The calculation will be based on a different methodology from submission in 2021. This means that the area values differ from those of the previous submissions. In particular, the grassland areas are noticeably larger than in the previous submissions because they now include all sub-areas regardless of the distance to the groundwater level. The fact that no N_2O is emitted when the distance to the groundwater table is very small will be reflected in the emission factors from submission 2021 onwards (see Chapter 11.6.2).

The uncertainty of the area data is 0.13% (half a 95% confidence interval; GENSIOR 2020, personal communication).

Table 11.6 zeigt die Flächen der bewirtschafteten organischen Böden, gegliedert nach Acker und Grünland. Die Daten wurden durch den LULUCF-Sektor berechnet und bereitgestellt. Der Berechnung liegt ab Submission 2021 eine veränderte Methodik zugrunde. Dadurch unterscheiden sich die Flächenwerte von denen der vorhergehenden Submissionen. Insbesondere sind die Grünlandflächen merklich größer als in den früheren Submissionen, weil sie nun alle Teilflächen unabhängig vom Grundwasserflurabstand umfassen. Der Umstand, dass bei sehr geringem Grundwasserflurabstand kein N_2O emittiert wird, kommt ab Submission 2021 in den Emissionsfaktoren zum Ausdruck (siehe Kapitel 11.6.2).

Die Unsicherheit der Flächendaten beträgt 0,13 % (halbes 95 %-Konfidenzintervall; GENSIOR 2020, persönliche Mitteilung).

Table 11.6: Organic soils, German totals of areas of arable land and grassland (in 1000 ha)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
total	**1314,5**	**1314,9**	**1315,3**	**1315,6**	**1316,0**	**1316,3**	**1316,7**	**1317,1**	**1317,5**	**1317,8**
arable land	335,7	334,3	333,0	331,7	330,3	329,0	327,7	326,3	325,0	323,7
grassland	978,9	980,6	982,3	984,0	985,7	987,4	989,1	990,7	992,4	994,1
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
total	**1318,2**	**1317,9**	**1317,6**	**1317,3**	**1317,0**	**1316,7**	**1314,6**	**1312,5**	**1310,4**	**1308,3**
arable land	**322,4**	**324,6**	**326,9**	**329,2**	**331,4**	**333,7**	**334,1**	**334,5**	**334,9**	**335,4**
grassland	**995,8**	**993,3**	**990,7**	**988,1**	**985,6**	**983,0**	**980,5**	**977,9**	**975,4**	**972,9**
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
total	**1306,2**	**1304,3**	**1302,3**	**1300,4**	**1298,5**	**1296,6**	**1293,7**	**1290,9**	**1288,0**	**1285,1**
arable land	**335,8**	**339,0**	**342,3**	**345,5**	**348,8**	**352,0**	**347,7**	**343,3**	**339,0**	**334,7**
grassland	**970,4**	**965,2**	**960,1**	**954,9**	**949,8**	**944,6**	**946,1**	**947,5**	**949,0**	**950,4**

11.6.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

Direct N_2O emissions from cultivated organic soils are calculated by multiplying the area by an emission factor, separated by arable land and grassland. The calculations are carried out in the LULUCF sector (see NIR 2021, Chapter 6.5.2.4), but the results are reported in the agricultural sector.

Direkte N_2O-Emissionen aus bewirtschafteten organischen Böden werden durch Multiplikation der Fläche mit einem Emissionsfaktor berechnet, getrennt nach Ackerland und Grünland. Die Berechnungen werden im LULUCF-Sektor durchgeführt (siehe NIR 2021, Kapitel 6.5.2.4), die Ergebnisse aber im landwirtschaftlichen Sektor berichtet.

For the areas see chapter 11.6.1. The emission factors are newly derived N_2O-N emission factors for Germany by Tiemeyer et al. (2020) N_2O-N emission factors for Germany: 11.1 kg ha^{-1} a^{-1} for arable land and 4.6 kg ha^{-1} a^{-1} for grassland. These emission factors differ from the emission factors used up to submission 2020 (in the case of grassland even by a factor of 2), which are 10.7 kg ha^{-1} a^{-1} for arable land (from data by Leppelt et al. (2014) and 2 ,3 kg ha^{-1} a^{-1} for grassland (Tiemeyer et al., 2016) The data on which the previous emission factors are based were re-evaluated by Tiemeyer et al. (2020) and supplemented by more recent data: in total the updated emission factors for arable land and grassland are based on 206 year-round measurements for 25 different bog areas in Germany.

In the emission calculations by the LULUCF sector, the emission factors are set to zero for a groundwater-floor distance <10 cm, which results in a slightly reduced emission factor of around 11.0 kg ha^{-1} a^{-1} on average over all arable land areas. In the same way, the effective emission factor of grassland results in a somewhat reduced value of around 4.5 kg ha^{-1} a^{-1}.

Since the total size of the arable and grassland areas changes from year to year, the average over all organic soils emission factor changes over time, see Table 11.7. It is lower than the IPCC default value of 8 kg N_2O-N per hectare and year (IPCC (2006) -11.10 f).

Zu den Flächen siehe Kapitel 11.6.1. Bei den Emissionsfaktoren handelt es sich um die von Tiemeyer et al. (2020) für Deutschland neu abgeleiteten N_2O-N-Emissionsfaktoren: 11,1 kg ha^{-1} a^{-1} für Ackerland und 4,6 kg ha^{-1} a^{-1} für Grünland. Diese Emissionsfaktoren unterscheiden sich von den bis Submission 2020 verwendeten Emissionsfaktoren (bei Grünland sogar um den Faktor 2), die bei 10,7 kg ha^{-1} a^{-1} für Ackerland (aus Daten von Leppelt et al. (2014) und 2,3 kg ha^{-1} a^{-1} für Grünland (Tiemeyer et al., 2016) lagen. Die den bisherigen Emissionsfaktoren zugrunde liegenden Daten wurden von Tiemeyer et al. (2020) neu ausgewertet und durch neuere Daten ergänzt: Insgesamt basieren die aktualisierten Emissionsfaktoren für Ackerland und Grünland auf 206 ganzjährigen Messungen für 25 verschiedene Moorgebiete in Deutschland.

In den Emissionsberechnungen durch den LULUCF-Sektor werden die Emissionsfaktoren bei einem Grundwasser-Flurabstand < 10 cm auf Null gesetzt, wodurch im Mittel über alle Ackerlandflächen ein leicht verminderter Emissionsfaktor von rund 11,0 kg ha^{-1} a^{-1} resultiert. In gleicher Weise ergibt sich für den effektiven Emissionsfaktor von Grünland ein etwas reduzierter Wert von rund 4,5 kg ha^{-1} a^{-1}.

Da sich die Gesamtgröße der Acker- und Grünlandflächen von Jahr zu Jahr verändert, ergibt sich im Mittel über alle organischen Böden ein zeitlich veränderlicher Gesamt-Emissionsfaktor, siehe Table 11.7. Er ist niedriger als der IPCC-Defaultwert von 8 kg N_2O-N je ha und Jahr (IPCC (2006)-11.10 f).

Table 11.7: Organic soils, overall N_2O-N emission factors (in kg ha^{-1})

	1990	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**
N_2O-N	6,16	6,15	6,14	6,14	6,13	6,12	6,12	6,11	6,10	6,10
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
N_2O-N	6,09	6,10	6,11	6,12	6,13	6,14	6,15	6,15	6,16	6,16
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
N_2O-N	6,16	6,18	6,20	6,22	6,23	6,25	6,24	6,22	6,20	6,18

Tiemeyer et al. (2020) indicate error ranges for the determined emission factors (95% confidence intervals, skewed on the right). If these error ranges are aggregated using the Gaussian error propagation calculation (see Chapter 14.2), taking into account the area ratios of arable land to grassland, a year-specific upper and lower limit of the 95% confidence interval of the emission factor averaged over the total area results for each year of the time series. For the sake of simplicity, it is assumed that these confidence intervals also apply to conditions in which sub-areas occasionally emit no N_2O due to the short distance from the groundwater to the surface.

The results vary slightly over the time series years. The maximum of the range between the expected value (i.e. emission factor) and the upper limit of the confidence interval is 245% of the expected value. Assuming the lognormal distribution, consistent with this range and the expected value, there is a range between the

Tiemeyer et al. (2020) geben Fehlerbereiche für die von ihnen ermittelten Emissionsfaktoren an (95 %-Konfidenzintervalle, rechtsseitig schief). Aggregiert man diese Fehlerbereiche mithilfe der Gaußschen Fehlerfortpflanzungsrechnung (siehe Kapitel 14.2) unter Berücksichtigung der Flächenverhältnisse von Ackerland zu Grünland, so ergeben sich für jedes Jahr der Zeitreihe eine jahresspezifische Ober- und Untergrenze des 95 %-Konfidenzintervalls des über die Gesamtfläche gemittelten Emissionsfaktors. Es wird vereinfachend angenommen, dass diese Konfidenzintervalle auch für Verhältnisse gelten, in denen Teilflächen wegen geringem Grundwasserflurabstands zeitweise kein N_2O emittieren.

Die Ergebnisse variieren geringfügig über die Zeitreihenjahre. Dabei liegt das Maximum der Spanne zwischen Erwartungswert (d. h. Emissionsfaktor) und Konfidenzintervall-Obergrenze bei 245 % des Erwartungswertes. Nimmt man Lognormal-Verteilung an, ergibt sich konsistent zu dieser Spanne und dem Erwartungswert

expected value and the lower limit of the confidence interval of 85% of the expected value.

The estimate of the total GHG uncertainty of the inventory according to the Approach 1 concept (see Chapter 14.6) cannot take into account uncertainties that vary from year to year. In addition, in the case of an asymmetrical 95% confidence interval according to IPCC (2006) -3.29, only the larger of the two distances between the interval limits for the emission factor is taken into account, i.e. H. 245%.

eine Spanne zwischen Erwartungswert und Kondidenzintervall-Untergrenze von 85 % des Erwartungswertes.

Die Abschätzung der THG-Gesamtunsicherheit des Inventars nach dem Approach-1-Konzept (siehe Kapitel 14.6) kann jährlich variierende Unsicherheiten nicht berücksichtigen. Überdies wird bei einem asymmetrischen 95 %-Konfidenzintervall nach IPCC(2006)-3.29 nur der größere der beiden Abstände der Intervallgrenzen zum Emissionsfaktor berücksichtigt, d. h. 245 %.

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 11.9.)

Das Inventar berechnet N_2O aus dem biologischen Zerfall von Ernterückständen auf dem Feld. (Zum Verbrennen von Ernterückständen siehe Kapitel 11.9.)

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 ($m_{N,\ straw}$) 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 adressed in Chapter 11.7.1.6.

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 Variablen 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 ($m_{N,\ straw}$, siehe ab Kapitel 4) und von der N-Menge in den Ernteresten abgezogen.

Zur Aktivitätsdaten-Unsicherheit siehe Kapitel 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.

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.

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.

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.

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 thet are described in the following.

Zur Berechnung der Emissionen aus Ernterückständen werden eine Reihe von Konstanten benötigt, die im Folgenden beschrieben werden.

Table 11.8 in Chapter 11.7.1.5 lists all constants used for agricultural crops and grassland.

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 ($x_{N, above, i}$) / Stickstoff-Gehalte der oberirdischen Ernterückstände ($x_{N, above, i}$)*

The values used were taken from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2017, Anlage 7, Tabelle 1); they are related to fresh matter.

Die benötigten Daten wurden der DÜNGEVERORDNUNG (2017, Anlage 7, Tabelle 1) entnommen, sie beziehen sich auf Frischmasse.

11.7.1.3.2 *Nitrogen content of below ground crop residues ($x_{N, below, i}$) / Stickstoff-Gehalte der unterirdischen Ernterückstände ($x_{N, below, i}$)*

All data for $x_{N, below, i}$ except for oilseed rape were taken from IPCC(2006)-11.17, since there is no corresponding data in the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2017). For oilseed rape, an expert judgement (ROGASIK, JKI-PB) was used. These values are related to dry matter.

Die Werte für $x_{N, below, i}$ mit Ausnahme von Raps wurden IPCC(2006)-11.17 entnommen da in der Düngeverordnung (DÜNGEVERORDNUNG, 2017) 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.

The values used were taken from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2017, Anlage 7, Tabelle 1).

Bei der Berechnung der unterirdischen Ernterückstände müssen Angaben die sich auf Frischmasse beziehen, auf Trockenmasse umgerechnet werden.

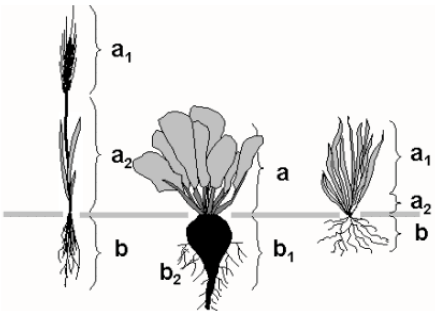
Die benötigten Daten wurden der DÜNGEVERORDNUNG (2017, Anlage 7, Tabelle 1) entnommen.

11.7.1.3.4 *Ratio of above ground crop residues to yield ($a_{above, i}$) / Verhältnis der oberirdischen Ernterückstände zur Ernte ($a_{above, i}$)*

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, oilseed rape, grain maize and legumes (Figure 11.1, left) $a_{above, i} = a_2/a_1$, which is the reciprocal of the corn straw ratio. These values were taken from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2017, Anlage 7, Tabelle 1). They are related to fresh matter.

For tuber crops (Figure 11.1, centre), $a_{above, i} = a/b_1$,

Für Getreide, Raps, Körnermais und Ackerleguminosen (Figure 11.1, links) gilt $a_{above, i} = a_2/a_1$; das entspricht dem Kehrwert des Korn-Stroh-Verhältnisses. Diese Werte stammen aus der DÜNGEVERORDNUNG (2017, Anlage 7, Tabelle 1); sie beziehen sich auf Frischmasse.

Für Hackfrüchte (Figure 11.1, Mitte) gilt $a_{above, i} = a/b_1$; das entspricht dem Kehrwert des Knolle/Wurzel-

which is the reciprocal of the root leave ratio. These values were taken from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2017, Anlage 7, Tabelle 1). They are related to fresh matter.

For permanent grassland (pastures and meadows) and fodder production (grass, clover grass mixtures) and alfalfa (Figure 11.1, right) $a_{above,\ i} = a_2/a_1$. 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 and cereals harvested as a whole, the complete above ground biomass is harvested. Hence $a_{above,\ i} = 0$.

It is assumed that the grain to straw ratios and the root to leave ratios have not changed during the reporting period.

Laub-Verhältnisses. Diese Werte stammen aus der DÜNGEVERORDNUNG (2017, Anlage 7, Tabelle 1); sie beziehen sich auf Frischmasse.

Für Dauergrünland (Weiden und Wiesen) und Feldfutterbau (Gras und Graskleegemische) sowie Luzerne (Figure 11.1, rechts) gilt $a_{above,\ i} = a_2/a_1$. 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 Trockenmassegehalte von a_1 und a_2 sich nicht unterscheiden, gilt er ebenso für die Frischmasse.

Bei Silomais und Getreide zur Ganzpflanzenernte wird die ganze oberirdische Pflanze geerntet. Daher ist $a_{above,\ i} = 0$.

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 ($a_{below,\ Bio,\ i}$) / Verhältnis der unterirdischen Ernterückstände zur oberirdischen Biomasse ($a_{below,\ Bio,\ i}$)*

To calculate the below ground crop residues, the ratio of below ground crop residues to above ground biomass $a_{below,\ bio,\ i}$ (= $R_{BG\text{-}BIO}$ 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 oilseed 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 $a_{below,\ bio,\ i}$ (= $R_{BG\text{-}BIO}$ 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 ($x_{renew,\ i}$) and frequency of harvesting ($x_{mow,\ i}$) / Dauer der Kultur ($x_{renew,\ i}$) und Erntefrequenz der Kultur ($x_{mow,\ i}$)*

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 $x_{renew,i}$.

The factor $x_{renew,\ i}$ equals 1/x, where x represents the duration of the cropped system in years. For annual crops $x_{renew,\ i} = 1$. For pastures and meadows $x_{renew,\ i} = 0.1$ (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 $x_{mow,\ i}$.

The factor $x_{mow,\ i}$ equals 1/x, where x is the frequency of mowing. For annual crops is $x_{mow,\ i} = 1$. For permanent grassland and fodder production is $x_{mow,\ i} = 1/3$.

Ernterückstände fallen bei Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Kleegras-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 $x_{renew,i}$ berücksichtigt.

Der Faktor $x_{renew,i}$ ist gleich 1/x, wobei x der Dauer der jeweiligen Kultur in Jahren entspricht. Bei einjährigen Kulturen gilt: $x_{renew,\ i} = 1$. Für Weiden und Wiesen gilt $x_{renew,\ i} = 0{,}1$ (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 Kleegras-Mischungen angenommen (Expertenurteil ROGASIK).

Für Dauergrünland und Feldfutterbau (Gras und Kleegras-Mischungen) wird weiter angenommen, dass dreimal im Jahr gemäht wird, aber nur einmal Ernterückstände anfallen. Dies wird durch den Faktor $x_{mow,\ i}$ berücksichtigt.

Der Faktor $x_{mow,\ i}$ ist gleich 1/x, wobei x der Mähhäufigkeit pro Jahr entspricht. Bei den einjährigen Kulturen gilt: $x_{mow,\ i} = 1$. Bei Dauergrünland und Feldfutterbau gilt $x_{mow,\ i} = 1/3$.

11.7.1.4 *Constants needed for horticultural crops and Strawberries / Für Gemüse und Erdbeeren benötigte Konstanten*

The calculation of emissions from crop residues require a number of constants thet are described in the following.

Table 11.9 in Chapter 11.7.1.5 lists all constants used for horticultural crops and Strawberries.

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 und Erdbeeren an.

11.7.1.4.1 *Ratio of crop residues to yield (a_i) / Verhältnis der Ernterückstände zur Ernte (a_i)*

For horticultural crops and Strawberries, there is no data to dittinguish between above and below ground crop residues. The ratio of crop residues to yield is used instead. It was calculated using informations from IGZ (2011).

Exceptions are data for asparagus and strawberries (SLULG, 2019), and horse raddish (SLL, 2007).

Für Gemüse und Erdbeeren gibt es keine Daten zur Unterscheidung zwischen ober- und unterirdischen Ernterückständen. Stattdessen wird das aus Angaben in IGZ (2011) berechnete Verhältnis Ernterückstände/Ernte verwendet.

Ausnahmen sind die Angaben für Spargel und Erdbeeren (SLULG, 2019) und Meerrettich (SLL, 2007).

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 contents of crop residues were taken from IGZ (2011). Exceptions are data for asparagus, rhubarb and strawberries (SLULG, 2019), and horse raddish (SLL, 2007).

Nitrogen content of harvested corp products were obtained from the German Fertilizer Ordinance (DÜNGEVERORDNUNG, 2017, Anlage 7, Tabelle 2).

Die Stickstoff-Gehalte der Ernterückstände wurden aus IGZ (2011) übernommen. Ausnahmen sind Angaben für Spargel, Rhabarber und Erdbeeren (SLULG, 2019) und Meerrettich (SLL, 2007).

Die Stickstoff-Gehalte der geernteten Produkte wurden aus der DÜNGEVERORDNUNG (2017, Anlage 7, Tabelle 2) übernommen.

11.7.1.4.3 *Factor for not harvested horticultural crops (δ_{HC}) / Faktor für nicht geerntetes Gemüse (δ_{HC})*

Following expert judgement (FELLER C, IGZ Großbeeren and Erfurt) it is to be be expected that only 70 to 90 % of the horticultural crops grown are actually harvested. The rest of 10 to 30 % is not marketable and will not be harvested. For the inventory the percentage of the total amount of not harvested horticultural crops is assumed to be q = 20 %. Then the ratio of the amounts of unharvested crops to harvested crops is given by $\delta_{HC} = q / (100 - q) = 20/80$. This ratio is also adopted for strawberries.

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 vermarktbar auf dem Feld. Für das Inventar wird dieser auf dem Feld verbleibende Anteil des aufgewachsenen Gemüses mit q = 20 % angesetzt. Damit lässt sich das Mengenverhältnis von nicht geerntetem zu geerntetem Gemüse durch $\delta_{HC} = q / (100 - q) = 20/80$ beschreiben. Dieses Verhältnis wird auch für Erdbeeren übernommen.

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	$x_{renew,i}$	$x_{mow,i}$	$x_{Y,DM,i}$	$X_{AGR,DM,i}$	$a_{above,i}$	$x_{N,above,i}$	$a_{below,bio,i}$	$x_{N,below,i}$
	ha ha^{-1}		kg kg^{-1}		kg kg^{-1}	kg (kg FM)$^{-1}$	kg kg^{-1}	kg (kg DM)$^{-1}$
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
Cereals, harvest of whole plants	1	1	0.35	0.35	0.0	0.0056	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)	1/3	1/3	0.20	0.20	0.3	0.0058	0.80	0.016
alfalfa	1	1	0.20	0.20	0.3	0.0065	0.40	0.019
grass (fodder production)	0.4	1/3	0.20	0.20	0.3	0.0053	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	1/3	0.20	0.20	0.3	0.0048	0.80	0.012

Sources: see Chapter 11.7.1.3

Table 11.9: Crop residues (horticultural crops), data used to calculate N_2O emissions (N contents related to fresh matter)

Horticultural Crop	a_i	$x_{N,i}$	$x_{N,yield,i}$	Horticultural Crop	a_i	$x_{N,i}$	$x_{N,yield,i}$
	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}		kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}
cauliflower	1.29	0.0034	0.0028	fennel	0.75	0.0030	0.0020
broccoli	3.67	0.0035	0.0045	celery root	0.50	0.0030	0.0025
chinese cabbage	0.71	0.0018	0.0015	horseradish	1.30	0.0037	0.0051
curly kale	1.25	0.0035	0.0049	carrots	0.17	0.0017	0.0017
kohlrabi	0.33	0.0035	0.0028	red radish	0.17	0.0020	0.0020
Brussels sprouts	2.60	0.0040	0.0065	white radish	0.20	0.0017	0.0017
red cabbage	0.80	0.0030	0.0022	beetroot	0.67	0.0025	0.0028
white cabbage	0.67	0.0030	0.0020	gherkin	0.71	0.0020	0.0015
Savoy cabbage	1.00	0.0040	0.0035	cucumber	0.71	0.0020	0.0015
red oak leaf lettuce	0.31	0.0019	0.0019	marrows	1.00	0.0025	0.0025
crisphead lettuce	0.33	0.0013	0.0014	courgette	0.85	0.0030	0.0016
endive	0.29	0.0025	0.0025	sweet corn	2.00	0.0030	0.0035
lamb´s lettuce	0.25	0.0045	0.0045	French bean	1.83	0.0040	0.0025
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	0.0025
radicchio	0.79	0.0025	0.0025	peas for threshing (without pods)	4.67	0.0040	0.0100
Romaine lettuce	0.22	0.0020	0.0020	peas for picking (with pods)	4.67	0.0040	0.0100
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	0.0018
spinach	0.60	0.0036	0.0045	parsley	0.38	0.0040	0.0045
rhubarb	0.60	0.0050	0.0018	leek	0.68	0.0030	0.0025
asparagus	1.60	0.0046	0.0026	chive	0.20	0.0050	0.0050
celery stalks	0.60	0.0025	0.0025	strawberry	0.70	0.0060	0.0017

Sources: see Chapter 11.7.1.4; a_i rounded to two decimals.

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 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_2O 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_2O-Rechenverfahren ist in IPCC(2006)-11.11 ff als Tier-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:

$$E_{\text{N2O-N,CR}} = E_{\text{N2O-N,CR, AC}} + E_{\text{N2O-N,CR, HC}} \quad \textbf{(11.7)}$$

with

$$E_{\text{N2O-N,CR, AC}} = \left(\sum_{\text{i}} \left(m_{\text{N, AGR,i}} + m_{\text{N, BGR,i}} \right) - m_{\text{N,straw}} \right) \cdot EF_{\text{N2O-N,CR}} \cdot \beta \quad \textbf{(11.8)}$$

$$E_{\text{N2O-N,CR, HC}} = \left(\sum_{\text{j}} A_{\text{j}} \cdot y_{\text{j}} \cdot a_{\text{j}} \cdot x_{\text{N,j}} + A_{\text{j}} \cdot y_{\text{j}} \cdot a_{\text{j}} \cdot x_{\text{N,j}} \cdot \delta_{\text{HC}} + A_{\text{j}} \cdot y_{\text{j}} \cdot x_{\text{N,yield,j}} \cdot \delta_{\text{HC}} \right) \cdot EF_{\text{N2O-N,CR}} \cdot \beta \quad \textbf{(11.9)}$$

where

$$m_{\text{N, AGR,i}} = A_{\text{i}} \cdot x_{\text{renew,i}} \cdot x_{\text{mow,i}} \cdot y_{\text{i}} \cdot a_{\text{above,i}} \cdot x_{\text{N,above,i}} \quad \textbf{(11.10)}$$

and, for all agricultural and grassland crops except tuber crops,

$$m_{\text{N, BGR,i}} = A_{\text{i}} \cdot x_{\text{renew,i}} \cdot x_{\text{mow,i}} \cdot y_{\text{i}} \cdot \left(x_{\text{Y,DM,i}} + a_{\text{above,i}} \cdot x_{\text{AGR,DM,i}} \right) \cdot a_{\text{below,Bio,i}} \cdot x_{\text{N,below,i}} \quad \textbf{(11.11)}$$

and, for tuber crops,

$$m_{\text{N, BGR,i}} = A_{\text{i}} \cdot x_{\text{renew,i}} \cdot x_{\text{mow,i}} \cdot y_{\text{i}} \cdot \left(a_{\text{above,i}} \cdot x_{\text{AGR,DM,i}} \right) \cdot a_{\text{below,Bio,i}} \cdot x_{\text{N,below,i}} \quad \textbf{(11.12)}$$

and

$E_{\text{N2O-N, CR}}$	N_2O-N emissions due to rotting of crop residues (in Gg a^{-1})
$E_{\text{N2O-N, CR,AC}}$	N_2O-N emissions due to rotting of agricultural and grassland crop residues (in Gg a^{-1})
$E_{\text{N2O-N, CR,HC}}$	N_2O-N emissions due to rotting of horticultural crop residues (in Gg a^{-1})
i	running index of agricultural crops
j	running index of horticultural crops
$m_{\text{N, AGR,I}}$	amount of nitrogen in above ground residues of crop i (in kg a^{-1})
$m_{\text{N, BGR,I}}$	amount of nitrogen in below ground residues of crop i (in kg a^{-1})
$m_{\text{N, straw}}$	amount of nitrogen removed with straw used as bedding (in kg a^{-1})
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^{-1})
$x_{mow, i}$	1 / number of harvests of crop i per year (dimensionless)
y_i	yield of crop i, in fresh matter (in kg ha^{-1} a^{-1})
$a_{above, i}$	ratio of above ground residues (fresh matter) to crop yield of crop i (fresh matter) (in kg kg^{-1})
$x_{N, above, i}$	N content of above ground residues of crop i, related to fresh matter (in kg kg^{-1})
$x_{Y, DM, i}$	dry matter content of yield of crop i (in kg kg^{-1})
$x_{AGR, DM, i}$	dry matter content of above ground residues of crop i (in kg kg^{-1})
$a_{below,Bio, i}$	ratio of below ground residues (dry matter) to above ground biomass of crop i (dry matter) (in kg kg^{-1})
$x_{N, below, i}$	N content of below ground residues of crop i, related to dry matter (in kg kg^{-1})
$EF_{N2O-N, CR}$	N_2O-N emission factor for crop residues (in kg N_2O-N (kg N)$^{-1}$)
β	mass units conversion factor ($\beta = 10^{-6}$ Gg kg^{-1})
a_j	ratio of crop residues to crop yield of crop j (in kg kg^{-1})
$x_{N,j}$	N content of crop residues of crop j, related to fresh matter (in kg kg^{-1})
$x_{N,yield,j}$	N content of normally harvested parts of crop j, related to fresh matter (in kg kg^{-1})
δ_{HC}	not harvested horticultural crops factor (δ_{HC} = 20/80 kg kg^{-1})

According to IPCC (2006)-11.11, Table 11.1, the N_2O-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_2O-N-Emissionsfaktor ist nach IPCC (2006)-11.11, Table 11.1, der gleiche wie bei Mineraldüngerausbringung (siehe Kapitel 11.1.2.2, auch bzgl. der Unsicherheit des Emissionsfaktors).

11.8 Mineralization of soil organic matter / Mineralisierung organischer Bodensubstanz

In the LULUCF sector, Germany differentiates, as of Submission 2020, between annual and perennial crops for mineral soils with remaining use as arable land. This results, unlike in previous submissions, in a mineralization of organic soil substance that is different from zero.

The released N quantities lead to both direct and – due to leaching - indirect N_2O emissions. These emissions are to be reported in the agriculture sector in accordance with IPCC (2006), Chapter 11.2.1.

Details of the direct emissions are described in the following two sub-chapters. For the indirect emissions, reference is made to Chapter 12.2.

Deutschland differenziert im LULUCF-Sektor bei Mineralböden unter verbleibender Nutzung als Ackerland ab Submission 2020 zwischen annuellen und perennierellen Kulturen. Daraus ergibt sich, anders als in vorausgegangenen Submissionen, eine von Null verschiedene Mineralisierung organischer Bodensubstanz.

Die dabei frei werdenden N-Mengen führen sowohl zu direkten als auch – auswaschungsbedingt - zu indirekten N_2O-Emissionen. Diese Emissionen sind nach IPCC (2006), Chapter 11.2.1, im Sektor Landwirtschaft zu berichten.

Details der direkten Emissionen werden in den beiden nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben. Für die indirekten Emissionen wird auf Kapitel 12.2 verwiesen.

11.8.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The N quantities released during the mineralization of soil organic matter were calculated by the LULUCF sector using a methodology updated from submission 2021 onwards (GENSIOR, 2020, personal communication), see Table 11.10. The updated values are lower in all time series years than in Submission 2020.

Die bei der Mineralisierung organischer Bodensubstanz frei werdenden N-Mengen wurden durch den LULUCF-Sektor mithilfe einer ab Submission 2021 aktualisierten Methodik berechnet (GENSIOR, 2020, persönliche Mitteilung), siehe Table 11.10. Die aktualisierten Werte sind in allen Zeitreihenjahren niedriger als in Submission 2020.

Table 11.10: Mineralization, total amounts of N from mineralization of soil organic matter

In 10^3 kg	**1990**	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**
N	2471,5	2462,4	2454,7	2445,7	2439,8	2434,0	2428,7	2423,9	2420,6	2418,3
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
N	2416,3	2380,4	2349,0	2323,5	2298,3	2274,9	2224,0	2176,7	2131,5	2088,9
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
N	2051,0	2015,1	1976,1	1942,1	1907,8	1875,5	1860,2	1845,0	1833,8	1823,7

The uncertainty (half a 95% confidence interval) of the N quantities is set at 13.6% by the LULUCF sector (GENSIOR, 2020, personal communication). Normal distribution is assumed.

Die Unsicherheit (halbes 95%-Konfidenzintervall) der N-Mengen wird durch den LULUCF-Sektor mit 13,6 % angesetzt (GENSIOR, 2020, persönliche Mitteilung). Es wird von Normalverteilung ausgegangen.

11.8.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The direct N_2O emissions resulting from the N quantities referred to in Chapter 11.8.1 are calculated by the LULUCF sector (GENSIOR, 2019,, personal communication). For the methodology, see IPCC (2006)-11.7: N quantities are multiplied by the emission factor 0.01 kg N_2O-N per kg N according to IPCC (2006)-11.11, Table 11.1.

For the uncertainty of the emission factor see Chapter 11.1.2.4.

Die direkten N_2O-Emissionen, die sich aus den in Kapitel 11.8.1 genannten N-Mengen ergeben, werden durch den LULUCF-Sektor berechnet (GENSIOR, 2019, persönliche Mitteilung). Zur Methodik siehe IPCC (2006)-11.7: Die N-Mengen werden mit dem Emissionsfaktor 0,01 kg N_2O-N pro kg N nach IPCC (2006)-11.11, Table 11.1, multipliziert.

Zur Emissionsfaktor-Unsicherheit siehe Kapitel 11.1.2.4.

11.9 Field burning of agricultural residues / Verbrennen von Ernterückständen

11.9.1 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 11.9.2.

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 11.9.2.

11.9.2 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, see BGBl 2004). 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 von 2004, siehe BGBL 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-Verpflichtungenverordnung) 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 Agrarzahlungen-Verpflichtungenverordnung (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.

11.10 CO_2 from liming / CO_2 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_2. For the calculation of CO2 from liming, the inventory takes account of all types of calcium fertilizers including dolomite and calcium ammonium nitrate (CAN), but not burnt lime and slag lime as these do not contain carbon.

As of Submission 2017 the calculation of CO_2 emissions from liming (see Chapter 11.10.2) 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_2 emissions reported comprise also the CO_2 emissions from liming of forests.

Kalkdüngung verringert den Säuregehalt des Bodens und verbessert das Pflanzenwachstum, wobei CO_2 frei gesetzt wird. Das Inventar berücksichtigt bei der Berechnung von CO_2 aus Kalkung alle Kalkdüngerarten einschließlich Dolomit und Kalkammonsalpeter (KAS), aber nicht Branntkalk und Hüttenkalk, da diese keinen Kohlenstoff enthalten.

Seit Submission 2017 wird bei der Düngekalkung wegen unterschiedlicher CO_2-Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 11.10.2) 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 Emissionen aufgeteilt in die Emissionen aus Kalkstein, Dolomit und Kalkammonsalpeter. Die CO_2-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_2-Emissionen umfassen entsprechend der Anforderung in den CRF-Tabellen auch die Emissionen aus der Kalkung im Forstbereich.

11.10.1 Activity data / Aktivitätsdaten

11.10.1.1 *Official data / Offizielle Daten*

Data on the amount of calcium fertilizer applied are not available. They are therefore derived from the product quantities sold in Germany, which are statistically recorded for all years (StatBa FS4 R8.2). As with mineral fertilizers, the recording is offset by six months. The amount of mineral fertilizers sold in the second half of year j - 1 and the amount sold in the first half of year j are assigned to year j.

Analogous to the procedure for mineral fertilizers (see Chapter 11.1.1), the sales quantities will be averaged from submission 2021 onwards. This is done by using the moving centered three-year mean, whereby for the last time series year it is only possible to average over the last 2 years. In contrast to mineral fertilizers, the amounts sold in the federal states continue to serve as the basis for the calculation.

The statistics (StatBa FS4 R8.2) report the quantities of fertilizer sold for liming in CaO units (without separate identification of dolomite). The amount of KAS required for the inventory is not included. It is reported together with the mineral fertilizer as the amount of nitrogen (see Chapter 11.1.1). 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_4NO_3) and calcium carbonate ($CaCO_3$), 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.

Daten zur ausgebrachten Düngekalkmenge sind nicht verfügbar. Sie werden daher aus den in Deutschland verkauften Produktmengen abgeleitet, die für alle Jahre statistisch erfasst werden (StatBa FS4 R8.2). Wie beim Mineraldünger erfolgt die Erfassung um ein halbes Jahr versetzt. Die im zweiten Halbjahr des Jahres j – 1 und die im ersten Halbjahr des Jahres j verkaufte Mineraldüngermenge werden dem Jahr j zugeordnet.

Analog zum Vorgehen beim Mineraldünger (siehe Kapitel 11.1.1) werden ab Submission 2021 die Verkaufsmengen gemittelt. Dies erfolgt durch Verwendung des gleitenden zentrierten Dreijahresmittels, wobei für das letzte Zeitreihenjahr nur über die letzten 2 Jahre gemittelt werden kann. Anders als beim Mineraldünger, dienen hier weiterhin die in den Bundesländern verkauften Düngemittel als Grundlage für die Berechnung.

Die Statistik (StatBa FS4 R8.2) berichtet die verkauften Düngekalkmengen in CaO-Einheiten (ohne getrennte Ausweisung von Dolomit). Die für das Inventar benötigte Menge an KAS ist dabei nicht enthalten. Sie wird mit dem Minderaldünger zusammen als Stickstoffmenge berichtet (siehe Kapitel 11.1.1). Die 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_4NO_3) und Calciumcarbonat ($CaCO_3$) 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.

The quantities of products sold also include the quantities that were used for liming in the forest. 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.

From 1989 to 1993, information on the amount of calcium fertilizer was only available for the new federal states as the sum of the amount of CaO sold. Using the detailed data for 1994, the partial quantities attributable to the individual federal states and the individual types of lime were determined proportionally.

Die verkauften Produktmengen enthalten auch die Mengen, die zur Kalkung im Forst verwendet wurden. 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.

1989 bis 1993 lagen für die Neuen Bundesländer Angaben über Düngekalkmengen nur als Summe der verkauften CaO-Menge vor. Unter Verwendung der detaillierten Daten für 1994 wurden die auf die einzelnen Bundesländer und die einzelnen Kalksorten entfallenden Teilmengen proportional erschlossen.

11.10.1.2 *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 Düngekalk-Hauptgemeinschaft (Main Association for Liming), Cologne (25 August 2016). This expert judgment says that one third of the calcium fertilizers applied in forestry is $MgCO_3$ and that the application of Dolomite in agriculture can be negelected.

Hence the inventory assumes that 100 % of calcium fertilizers applied in agriculture are limestone ($CaCO_3$). 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 $CaCO_3$ units, 1000 * 0.4 * 100/56 = 714.2857 kg $CaCO_3$. The factor 100/56 serves for the conversion from CaO units to $CaCO_3$ units.

60 % of the 1000 kg CaO is Dolomite, which is in units of $MgCa(CO_3)_2$: 1000 * 0.6 * 184/56 = 1971.4286 kg $MgCa(CO_3)_2$. The factor 184/56 serves for the conversion from CaO units to $MgCa(CO_3)_2$ units.

The 1971.4286 kg of Dolomite consist of the following amounts of $CaCO_3$ und $MgCO_3$:

1971.4286 * 100/184 = 1071.4286 kg $CaCO_3$, with 100/184 the factor for the conversion from $CaMg(CO_3)_2$ to $CaCO_3$.

1971.4286 * 84/184 = 900 kg $MgCO_3$ with 84/184 the factor for the conversion from $CaMg(CO_3)_2$ to $MgCO_3$.

As a result of these calculations the total amount of $CaMg(CO_3)_2$ and $CaCO_3$ applied in forestry is 1971.4286 kg + 714.2857 kg = 2685.7143 kg. Here the percentage of $MgCO_3$ is 900 kg / 2685.7143 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

Der Anteil von Dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) an der Düngekalk-Gesamtmenge wird statistisch nicht erfasst. Er wird für das Inventar anhand eines Expertenurteils (R. Müller, Düngekalk-Hauptgemeinschaft, Köln, 25.08.2016) berechnet, nach dem der im Forstbereich eingesetzte Düngekalk zu einem Drittel aus $MgCO_3$ besteht und die Anwendung von Dolomit in der Landwirtschaft vernachlässigt werden kann.

Für die Landwirtschaft geht das Inventar daher von 100 % Kalkstein ($CaCO_3$) aus. Für den Forst enstpricht 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 als Kalkstein ($CaCO_3$) angesetzt und entsprechen 1000 * 0,4 * 100/56 = 714,2857 kg $CaCO_3$, wobei 100/56 der Umrechnungsfaktor von CaO nach $CaCO_3$ ist.

60 % der 1000 kg CaO werden als Dolomit ($MgCa(CO_3)_2$) angesetzt und entsprechen 1000 * 0,6 * 184/56 = 1971,4286 kg $MgCa(CO_3)_2$, wobei 184/56 der Umrechnungsfaktor von CaO nach $CaMg(CO_3)_2$ ist.

Die Dolomitmenge von 1971,4286 kg teilt sich wie folgt in $CaCO_3$ und $MgCO_3$ auf:

1971,4286 * 100/184 = 1071,4286 kg $CaCO_3$, mit dem Umrechnungsfaktor 100/184 von $CaMg(CO_3)_2$ nach $CaCO_3$.

1971,4286 * 84/184 = 900 kg $MgCO_3$. Dies ist die Menge des im Wald ausgebrachten $MgCO_3$ (84/184: Umrechnungsfaktor von $CaMg(CO_3)_2$ nach $MgCO_3$.

Nach diesen Berechnungen beträgt die Gesamtmenge des im Wald ausgebrachten $CaMg(CO_3)_2$ und $CaCO_3$: 1971,4286 kg + 714,2857 kg = 2685,7143 kg. Der Prozentanteil von $MgCO_3$ beträgt dabei 900 kg / 2685,7143 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 Anbe-

expert judgment a more precise calculation of these percentages seems inappropriate.

tracht des Umstandes, dass ein Expertenurteil zugrunde gelegt wurde, nicht gerechtfertigt.

11.10.1.3 *Conversion of fertilizer amounts into emission factor units / Umrechnung der Düngermengen auf Emissionsfaktor-Einheiten*

The emission factor for limestone is to applied to amounts of $CaCO_3$, and the emission factor for Dolomite is to be applied to amounts of $CaMg(CO_3)_2$, see Chapter 11.10.2. Hence the amounts of CaO of the two calcium fertilizer categories have to be converted into amounts of $CaCO_3$ and $CaMg(CO_3)_2$. This conversion is based on the integer figures of the molar weights provided in Chapter 11.10.2. This results in CaO conversion factors $CaCO_3/CaO = 100/56$ and $CaMg(CO_3)_2/CaO = 184/56$.

Table 11.11 shows the amounts of CO_2 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 $CaCO_3$-Mengen und der Dolomit-Emissionsfaktor auf $CaMg(CO_3)_2$-Mengen anzuwenden (Kapitel 11.10.2). Daher ist eine Umrechnung der CaO-Mengen der beiden verschiedenen Düngekalkkategorien in $CaCO_3$- bzw. $CaMg(CO_3)_2$-Mengen erforderlich. Hierzu werden die in Kapitel 11.10.2 genannten ganzzahligen Molgewichte zugrunde gelegt. Mit den sich daraus ergebenden Umrechnungsfaktoren $CaCO_3/CaO = 100/56$ und $CaMg(CO_3)_2/CaO = 184/56$ sind die entsprechenden CaO-Mengen zu multiplizieren.

Table 11.11 zeigt die dem Inventar zugrunde gelegten Mengen von CO_2 produzierenden Kalkdüngern. Sie umfassen die Düngekalkmengen aus Landwirtschaft und Forst.

Table 11.11: Liming (agriculture and forest), amounts of carbon-containing fertilizers applied (Gg a^{-1})

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Limestone without CAN ($CaCO_3$)	4204.1	3731.7	3271.2	2703.3	2496.0	2435.3	2675.8	2899.8	3159.0	3477.1
Dolomite ($CaMg(CO_3)_2$)	735.8	723.3	650.0	579.0	477.7	437.5	427.7	429.2	416.6	389.5
calcium ammonium nitrate (CAN) (as $CaCO_3$)	1160.1	1076.5	1020.1	943.6	913.8	885.2	887.8	857.8	842.3	858.1
	2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
Limestone without CAN ($CaCO_3$)	3468.0	3467.7	3246.2	3228.9	3095.1	3018.4	3059.7	3165.1	3317.4	3275.2
Dolomite ($CaMg(CO_3)_2$)	356.3	357.3	346.1	312.1	258.1	211.5	194.6	178.0	179.3	169.6
calcium ammonium nitrate (CAN) (as $CaCO_3$)	833.2	793.2	726.8	709.5	704.0	698.9	649.5	643.0	592.6	607.4
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Limestone without CAN ($CaCO_3$)	3325.0	3431.3	3644.6	3944.8	4159.2	4156.4	4126.2	4269.1	4528.3	4653.2
Dolomite ($CaMg(CO_3)_2$)	180.4	175.1	185.6	186.3	182.9	161.5	139.0	124.2	115.3	113.7
calcium ammonium nitrate (CAN) (as $CaCO_3$)	584.6	600.2	577.1	546.1	536.9	524.3	513.0	484.2	460.7	445.5

11.10.1.4 *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) <± 1% for the total amount of 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 calcum fertilizers into these two categories (according to the expert judgment described in Chapter 11.10.1.2).

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). Adjusting a log-normal distribution results in a 95% confidence interval of [-57%, +100%]. According to IPCC (2006) -3.29, the value 100% is used as half a 95% confidence interval in the calculation of

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) < ± 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 11.10.1.2) weitere Unsicherheiten hinzu kommen.

Diese lassen sich rechnerisch allerdings nicht erfassen, weshalb in konservativer Weise für das 95 %-Konfidenzintervall der Dolomitmenge ein Unsicherheitsfaktor von 2 angenommen wird. Die Anpassung einer Lognormal-Verteilung ergibt ein 95 %-Konfidenzintervall von [-57 %, +100 %]. Davon geht nach IPCC(2006)-3.29 der Wert 100 % als halbes 95 %-Konfidenzintervall in die

the total uncertainty of the GHG inventory using the tier 1 approach (see Chapter 14.6).

The uncertainty of the amounts of limestone depends on the share of Dolomite of the total calcium 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 invenventory 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).

Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars mit dem Tier-1-Ansatz (siehe Kapitel 14.6) eingeht.

Die Unsicherheit der Kalksteinmengen hängt vom Dolomitanteil an der Gesamtkalkmenge ab. Aufgrund 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 Tier-1-Ansatz (siehe Kapitel 14) wird für die gesamte Zeitreihe ein Wert von 3 % angesetzt. Es wird Normalverteilung angenommen.

11.10.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

A Tier 1 methodology (IPCC (2006)-11.27) is used to calculate the CO_2-C emissions from liming by multiplying the amount of calcium fertilizer (in $CaCO_3$ or $CaMg(CO_3)_2$, see Chapter 11.10.1) and the CO_2-C emission factor. According to IPCC (2006)-11.27 the emission factors are 0.12 kg CO_2-C per kg $CaCO_3$ (i. e. limestone) and 0.13 kg CO_2-C per kg $CaMg(CO_3)_2$ (i. e. Dolomite).

For calcium ammonium nitrate with a weight fraction of N of 27 % (see Chapter 11.10.1.1) the CO_2-C emission factor related to $CaCO_3$ (0.12 kg kg^{-1}) converts, if related to the total mass of calcium ammonium nitrate, to an CO_2-C emission factor of 0.02748 kg kg^{-1}.

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_2. This unlikely. West & McBride (2005) found emission factors for the USA that are only half that high (0.059 kg CO_2-C per kg $CaCO_3$ and 0.064 kg CO_2-C per kg $CaMg(CO_3)_2$). 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 ff). 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 of the C contained in calcium fertilizers is not converted into CO_2, 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_2. Hence, apart from composition tolerance limits, the calculated CO_2 emissions represent maximum possible emissions.

Die CO_2-C-Emissionen aus Kalkung werden mit einer Tier-1-Methodik (IPCC (2006)-11.27) als Produkt aus Kalkungsmenge (in $CaCO_3$ bzw. $CaMg(CO_3)_2$, siehe Kapitel 11.10.1) und CO_2-C-Emissionsfaktor berechnet. Die Emissionsfaktoren werden von IPCC (2006)-11.27 für Kalkstein mit 0,12 kg CO_2-C pro kg $CaCO_3$ und für Dolomit mit 0,13 kg CO_2-C pro kg $CaMg(CO_3)_2$ angegeben. Für Kalkammonsalpeter mit einem N-Gewichtsanteil von 27 % (siehe Kapitel 11.10.1.1) ergibt sich aus dem auf $CaCO_3$ bezogenen CO_2-C-Emissionsfaktor von 0,12 kg kg^{-1} ein auf das Kalkammonsalpeter-Gesamtgewicht bezogener CO_2-C-Emissionsfaktor von 0,02748 kg kg^{-1}.

Zu beachten ist, dass diese Emissionsfaktoren unterstellen, dass der gesamte im Düngekalk enthaltene Kohlenstoff als CO_2 wieder freigesetzt wird. Dies ist unwahrscheinlich. West & McBride (2005) ermittelten für die USA Emissionsfaktoren, die nur halb so hoch sind (0,059 kg CO_2-C pro kg $CaCO_3$ und 0,064 kg CO_2-C pro kg $CaMg(CO_3)_2$). 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_2 umgewandelt wird, können hier nicht berücksichtigt werden, da die tatsächlich in CO_2 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 CO_2 from application of urea / CO_2 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_2 emissions that have to be reported according to IPCC(2006)-11.32.

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_2-Emissionen, die nach IPCC(2006)-11.32 zu berichten sind:

$$(H_2N)_2CO + H_2O \longrightarrow 2\,NH_3 + CO_2$$

11.11.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The calculation of the N quantities applied with urea is described in Chapter 11.1.1. These must be converted into urea quantities for the CO_2 emission calculations, because the emission factor relates to the urea quantity (see Chapter 11.11.2). The conversion of the amount of urea-N into the amount of urea takes place on the basis of the stoichiometric relationships by multiplying by the molar weight ratio 60/28. In the case of ammonium nitrate-urea solution, however, it must be taken into account that half of the ammonium nitrate-urea solution -N sold is part of the ammonium nitrate contained in ammonium nitrate-urea solution, from which no CO_2 is generated. The ammonium nitrate-urea solution-N quantity sold must therefore be multiplied by 0.5 · 60/28 in order to determine the amount of urea contained in ammonium nitrate-urea solution.

Table 11.12 shows the time series of the total amount of urea (including the contributions from ammonium nitrate-urea solution) on which the CO_2 emissions calculations were based.

For the closure of data gaps in the underlying fertilizer statistics see Chapter 11.1.1.

Die Berechnung der mit Harnstoff ausgebrachten N-Mengen wird in Kapitel 11.1.1 beschrieben. Diese müssen für die CO_2-Emissionsberechnungen in Harnstoffmengen umgerechnet werden, weil sich der Emissionsfaktor auf die Harnstoffmenge bezieht (siehe Kapitel 11.11.2). Die Umrechnung von Harnstoff-N-Menge in Harnstoffmenge erfolgt aufgrund der stöchiometrischen Zusammenhänge durch Multiplikation mit dem Molgewichtsverhältnis 60/28. Bei AHL ist dagegen zu berücksichtigen, dass die Hälfte der verkauften AHL-N-Menge Teil des in AHL enthaltenen Ammoniumnitrats ist, aus dem kein CO_2 entsteht. Daher ist die verkaufte AHL-N-Menge mit 0,5 · 60/28 zu multiplizieren, um die in AHL enthaltene Harnstoffmenge zu ermitteln.

Table 11.12 zeigt die Zeitreihe der Harnstoffgesamtmenge (incl. der Beiträge durch AHL), die den CO_2-Emissionsberechnungen zugrunde gelegt wurde.

Zur Schließung von Datenlücken in der zugrunde liegenden Düngemittelstatistik siehe Kapitel 11.1.1.

Table 11.12: Amounts of urea sold in Germany (including urea solutions) (in Gg a^{-1})

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
656.0	596.0	678.2	624.8	611.7	625.3	661.1	680.4	715.6	752.4
2000	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**	**2009**
808.8	848.4	872.9	886.5	865.0	874.2	860.4	883.0	947.2	922.8
2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
969.2	891.9	940.8	917.1	1022.3	1079.3	1111.6	981.2	825.3	713.9

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 < ± 1 %. The inventory uses 1 %. In addition, a normal distribution is assumed.

Nach dem Qualitätsbericht zu STATBA FS 4, R 8.2 sind die Ergebnisse der Düngemittelstatistik als „zuverlässig und präzise“ einzustufen, da sie auf einer eine Totalerhebung ohne statistischen Fehler mit seltenen Antwortausfällen basiert. Dies wird für das Inventar als Unsicherheit (95%-Konfidenzintervall) < ± 1 % interpretiert. Im Inventar wird mit ± 1 % gerechnet. Angenommen wird eine Normalverteilung.

11.11.2 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 CO2:

IPCC (2006)-11.32 gibt mit Gleichung 11.13 eine Tier-1-Methodik an, die davon ausgeht, dass der gesamte im Harnstoff enthaltene Kohlenstoff als CO_2 emittiert wird:

$$E_{\text{CO2-C, urea}} = m_{\text{urea}} \cdot EF_{\text{CO2-C, urea}} \tag{11.1}$$

$E_{\text{CO2-C, urea}}$ CO_2-C emission flux (in Gg a^{-1})
m_{urea} amount of urea applied (in Gg a^{-1})
$EF_{\text{CO2-C, urea}}$ emission factor ($EF_{\text{CO2, urea}}$ = 0.2 Gg Gg^{-1}, see IPCC (2006)-11.34, Chapter 11.4.2, Tier 1)

The emissions are converted into CO_2 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_2. Since there is no routine area-wide data on this conversion factor, the German inventory calculates with the Tier 1 methodology described above. This procedure means a worst-case estimation of CO_2 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 ± 1 % is interpreted as 95 % confidence interval (normal distribution).

In general, some of of the C contained in calcium fertilizers is not converted into CO_2, 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_2. Hence, apart from composition tolerance limits, the calculated CO_2 emissions represent maximum possible emissions.

Durch Multiplikation mit dem Molgewichtsverhältnis von 44/12 (IPCC (2006)-11.27) erhält man die Emissionen in CO_2-Einheiten.

Die in IPCC (2006)-11.32 angegebene Tier-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 CO2 umgewandelt wird. Da es zu diesem Umwandlungsverhältnis keine routinemäßigen flächendeckenden Daten gibt, rechnet das deutsche Inventar mit der oben beschriebenen Tier-1-Methodik. Diese Vorgehen entspricht einer worst-case-Abschätzung der CO2-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 ±1 % wird als 95-%-Konfidenzintervall interpretiert (Normalverteilung).

Unsicherheiten, die darauf zurückgehen, dass nicht das gesamte C in CO_2 umgewandelt wird, können hier nicht berücksichtigt werden, da die tatsächlich in CO_2 umgewandelte C-Menge nicht quantifizierbar ist. Daher stellen die berechneten Emissionen - abgesehen von der o. g. Wirkstofftoleranz - die Abschätzung einer maximal möglichen Emission dar.

11.12 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.

11.12.1 Activity data / Aktivitätsdaten

Table 11.13 shows the input data used for the calculations of NMVOC emissions from cultivated crops for the first and the last year of the time series. 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 in various publications (e.g. STATBA FS3 R3). Yields in 2019 were significantly lower than in the previous year due to the drought and were even lower for some crops than in 1990.

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, 2017, Anlage 7, Tabelle 1). The data on "fraction of year emitting" for wheat, rye, oilseed rape and grass were taken from EMEP (2019)-3D-16, Table 3.3, and applied to other cultures accordingly.

Table 11.13 zeigt exemplarisch für erstes und letztes Zeitreihenjahr 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 in verschiedenen Veröffentlichungen (z. B. STATBA FS3 R3). Die Erträge waren 2019 aufgrund der Trockenheit deutlich niedriger als im Vorjahr und lagen für einige Kulturen sogar unter den Werten von 1990.

Die Umrechnung in Trockenmasseerträge erfolgt über die Trockenmassegehalte aus der DÜNGEVERORDNUNG (2017, Anlage 7, Tabelle 1). Die relative Emissionsdauer („fraction of year emitting") wurde für Weizen, Roggen, Raps und Gras aus EMEP (2019)-3D-16, Table 3.3, entnommen und sinngemäß auf die übrigen Kulturen übertragen.

Table 11.13: Activity data and parameters for the calculation of NMVOC from agricultural crops

crop	area of cultivation 1000 ha		fresh matter yield Mg ha^{-1}		dry matter content kg kg^{-1}	fraction of year emitting a a^{-1}
	1990	2019	1990	2019		
wheat	2419.9	3086.4	6.3	7.4	0.86	0.3
rye	1067.1	636.5	3.8	5.1	0.86	0.3
barley	2612.5	1708.9	5.4	6.8	0.86	0.3
oats	533.5	135.5	4.4	4.0	0.86	0.3
triticale	77.4	358.0	5.1	6.1	0.86	0.3
Cereals, harvest of whole plants	0.0	116.6	0.0	28.6	0.35	0.3
grain maize	228.4	416.0	6.8	8.8	0.86	0.3
maize for silage	1365.4	2222.7	40.4	39.0	0.28	0.3
oilseed rape	557.5	852.6	3.0	3.3	0.91	0.3
tuber crops	1249.6	680.4	40.6	59.3	0.22	0.3
clover, gras mixtures, alfalfa (fodder production)	856.6	622.4	34.0	32.3	0.20	0.5
pulses	121.2	195.6	3.4	3.1	0.86	0.3
pastures and meadows	5417.2	4531.0	31.6	28.7	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.

11.12.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The methodological approach of EMEP (2019) 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 (2019) 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 Tier-2-Methodik beibehalten:

$$E_{\mathrm{NMVOC,\,cult,i}} = \beta \cdot A_{\mathrm{i}} \cdot m_{\mathrm{FM,i}} \cdot x_{\mathrm{DM,i}} \cdot t_{\mathrm{i}} \cdot EF_{\mathrm{NMVOC,\,cult,i}} \quad \textbf{(11.13)}$$

$E_{\mathrm{NMVOC,\,cult,\,i}}$	NMVOC emissions from agricultural crop i (in kg a^{-1})
β	time units conversion factor (β = 8760 h a^{-1})
A_{i}	area of crop i (in ha)
$m_{\mathrm{FM,\,i}}$	fresh matter yield of crop i (in kg ha^{-1})
$x_{\mathrm{DM,\,i}}$	dry matter content of crop i (in kg kg^{-1})
t_{i}	fraction of year that crop i is emitting (in a a^{-1})
$EF_{\mathrm{NMVOC,\,cult,\,i}}$	NMVOC emission factor for crop i (in kg kg^{-1} h^{-1})

For the data on areas of cultivation, fresh matter yields, dry matter yields and fractions of emission times see Table 11.13 in Chapter 11.12.1.

The emission factors for wheat, rye, oilseed rape and grass were taken from EMEP (2013)-3D-34, Table A3-2. This table is identical to EMEP (2019)-3D-16, Table 3.3. Table 11.14 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 11.13 in Kapitel 11.12.1 hervor.

Die Emissionsfaktoren für Weizen, Roggen, Raps und Gras stammen aus EMEP (2013)-3D-34, Table A3-2. Diese Tabelle ist identisch mit EMEP (2019)-3D-16, Table 3.3. Table 11.14 zeigt diese Emissionsfaktoren.

Für die Kulturkategorien „Kleegras, 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 11.14: NMVOC emission factors

culture	NMVOC emission factor (kg kg^{-1} 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

EMEP (2019) does not provide any information on the uncertainty for the Tier 2 NMVOC emission factors. If one assumes the upper limit of the value range given in EMEP (2019) -3D, Table 3.1, for the Tier 1 emission factor and adapts a log-normal distribution, the result is a 95% confidence interval of -45% to + 300%.

EMEP (2019) macht für die Tier-2-NMVOC-Emissionsfaktoren keine Angaben zur Unsicherheit. Geht man für den Tier-1-Emissionsfaktor von der in EMEP (2019)-3D, Tabelle 3.1, angegebenen oberen Wertebereichsgrenze aus und passt eine Lognormal-Verteilung an, so ergibt sich ein 95 %-Konfidenzintervall von -45 % bis +300 %.

11.13 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, γ-HCCH),
- 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 quintozine).

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 cloparylide. 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, γ-HCCH),
- 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 Cloparylid vor. Die Stoffe können daher nicht berücksichtigt werden.

In der Vergangenheit wurden von den Planzenschutzmittelherstellern 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.

11.13.1 Activity data / Aktivitätsdaten

As activity data, domestic sales of pesticides with the active substances chlorothalonil and picloram compiled by the BVL (BVL,2019) 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 11.15).

Als Aktivitätsdaten wurden die vom BVL (BVL, 2019) 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 11.15).

Table 11.15: Pesticides, data on domestic sales of active substances (t a^{-1})

	1990 - 2001	2002	2003	2004	2005 - 2015	2016 - 2017	2018
Chlorothalonil	no published data	25 – 100	100 - 250	25 - 100	250 - 1000	1000 - 2500	no published data [c)]
Picloram	no published data	not specified	not specified	not specified	1.5 – 10 [a] / 1.0 – 2.5 [b]	2.5 - 10	no published data [c)]

Source: BVL (2018) (Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit Braunschweig): Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland, Ergebnisse der Meldungen gemäß § 64 Pflanzenschutzgesetz für das Jahr 2017.
https://www.bvl.bund.de/EN/04_PlantProtectionProducts/01_ppp_tasks/02_ppp_AuthorisationReviewActSub/03_ppp_DomesticSalesExport
[a] The quantity data are for the years 2007 and 2011-2015.
[b] The quantity data are for the years 2005, 2006, 2008, 2009 and 2010.
[c)] At the time the table was updated, December 2019 (BVL, 2018)

The HCB quantities are calculated in light of the maximum permitted concentrations of HCB impurities established by legal acts of the EU[32]. 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 2017 and 2018 (BVL, 2019). For 2019, the same amount of pesticides used is assumed as for 2018 was used. The data will not be updated until the 2022 submission.

Die HCB-Mengen werden unter Berücksichtigung der höchstzulässigen Konzentrationen von HCB-Verunreinigungen berechnet, die durch Rechtsakte der EU[32] 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 2017 und 2018 aktualisiert (BVL, 2019). Für 2019 wird die gleiche Menge an eingesetzten Pestiziden angenommen, die für 2018 verwendet wurde. Die Daten werden erst mit der Berichterstattung 2022 aktualisiert.

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

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 tech-

[32] 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.

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^{-1} were assumed. As described in the FAO specification (2015, p. 49) Chlorothalonil 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 chlorothalonil was 0.3 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 mg kg-1mg/kg (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 mg kg^{-1} in chlorothalonil 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 g kg^{-1}. Thus, the standard was raised to 40 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 mg kg^{-1}) for the inventory. For the years 2001 to 2004, the value of 40 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 11.17). 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 mg/kg is assumed which is indicated by the authorisation holders (Syngenta Agro, 2015). For 2019, the same quantity is assumed as for 2018. The data will be updated with submission 2022.

Picloram

For picloram, a maximum concentration of 50 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 mg kg^{-1} (FAO, 2012). For 2019, the same quantity is

nischen 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^{-1} angenommen. 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 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 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 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 g kg^{-1} hoch gesetzt worden. Somit wurde die max. HCB-Verunreinigung in der Richtlinie 2006/76/EG auf 40 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 mg kg-1) berechnet. Für die Jahre 2001 bis 2004 wurde der Wert von 40 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 11.17). 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 mg kg^{-1} angenommen (Syngenta Agro, 2015). Für 2019 wird die gleiche Menge wie für 2018 angenommen. Die Daten werden mit der Berichterstattung 2022 aktualisiert.

Picloram

Für Picloram wurde in einigen Pestiziden ein Maximalgehalt von 50 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 mg kg^{-1} festgelegt (FAO, 2012). Für 2019 wird die gleiche

assumed as for 2018. The data will be updated with submission 2022.

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 are available because the application of Lindan was phased out in 1998. For lindane, a maximum concentration of 100 mg kg^{-1} was specified for the years 1990 until 1994. For the years after 1994 a lower concentration (50 mg kg^{-1}) was assumed. Both figures are based on the information compiled of specifications by Bailey (2001), cf. Table 11.17.

Menge wie für 2018 angenommen. Die Daten werden mit der Einreichung 2022 aktualisiert.

Lindan

Die HCB-Gehalte in Lindan wurden mithilfe historischer Lindan-Daten (siehe Tab. 11.15) des Instituts für Folgenabschätzungen im Pflanzenschutz, Klein-Machnow, 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-Konzentration von 100 mg kg^{-1} angesetzt. Für die Jahre nach 1994 wurde eine niedrigere Konzentration (50 mg kg^{-1}) angenommen. Beide Angaben basieren auf den gesammelten Informationen von Bailey (2001) (siehe Table 11.17).

Table 11.16: Pesticides, domestic sales of lindane 1990 – 1997 (t a^{-1})

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 11.17: Pesticides, maximum concentrations of HCB impurities in relevant active substances (g t^{-1})

	1990	1995	2000	2001 - 2004	2005 - 2008	2009 - 2019
Chlorothalonil	300	300	170	40	13.33 *	10
Pichloram	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 11.18) 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^{-1}), 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 intake 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 11.18) 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^{-1}) 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 11.18: 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**	**2017**	**2018**	**2019**
6.30	6.68	5.48	5.84	10.22	9.03	11.70	14.39	8.80	8.80

11.13.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

In principle, the calculation of emissions is based on the Tier 1 method provided in EMEP (2019)-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 (2019)-3Df/3I-5, Kapitel 3, angegeben. Hierbei wird der zulässige Maximalgehalt an HCB aus dem applizierten Wirkstoff des Pflanzenschutzmittels errechnet.

$$E_{\mathrm{HCB}} = EF_{\mathrm{HCB}} \cdot \sum_{\mathrm{i}} m_{\mathrm{HCB,i}} \cdot IF_{\mathrm{i}} \qquad \textbf{(11.14)}$$

E_{HCB} total HCB emission from pesticides applied (in mg a^{-1}, to be reported in kg a^{-1}),
EF_{HCB} EF for individual active substance (volatile fraction of applied amount of the active substance),
$m_{\mathrm{HCB,\,i}}$ mass of ith active substance applied (kg a^{-1})
IF_{i} Impurity factor (max. concentration of impurity) in the ith active substance (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).

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.

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 chlorothalonil 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.

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 Chlorthalonil 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.

The result of the emission factor is 1 or 100%. Hence the amounts of HCB displayed in in Table 11.18 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.

Das Simulationsergebnis für den Emissionsfaktor ist 1 oder 100%, d. h. die gesamten in Table 11.18 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.

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, 2019).

Durch die Verwendung eines modellierten Emissionsfaktors für Deutschland kann die Methode als Tier 2 gemäß der Definition des Tier-2-Ansatzes (EMEP, 2019) eingestuft werden.

The HCB emissions were calculated and updated for the years 2017 and 2018. The value for 2019 was updated. HCB emissions are mainly dominated by the proportion of chlorothalonil.

Die HCB-Emissionen wurden für die Jahre 2017 und 2018 berechnet und aktualisiert. Der Wert wurde für 2019 fortgeschrieben. Die HCB-Emissionen werden hauptsächlich durch den Anteil von Chlorthalonil dominiert.

According to the information of the BVL, a possible explanation for the increase of HCB emissions from 2005 onwards would be the renewed approval of Bravo 500. Possibly the first "sell-out" took place in 2014, because the approval end of "Bravo 500" was originally 30.04.2016 with a sales period until 30.10.2016 and a use-by period for users until 30.10.2017.

Nach den Informationen des BVL wäre eine mögliche Erklärung für den Anstieg der HCB-Emissionen ab 2005 die erneute Zulassung des Bravo 500. Möglicherweise fand 2014 der erste "Ausverkauf" statt, da das Genehmigungsende von "Bravo 500" ursprünglich der 30.04.2016 mit einer Verkaufsperiode bis zum 30.10.2016 und einer Verfallsperiode für Nutzer bis zum 30.10.2017 war.

The end of the EU active substance approval for chlorothalonil was later extended to 31.10.2018 and again to 31.10.2019, and accordingly also the approvals for the pesticides in Germany. According to the Implementing Regulation (EU) 2019/677, the BVL revoked the last three approvals for plant protection products containing chlorothalonil as of 31 October 2019. A sales deadline of April 30, 2020 applies.

Das Ende der EU-Wirkstoffzulassung für Chlorthalonil wurde später bis zum 31.10.2018 und erneut bis zum 31.10.2019 verlängert, und damit auch die Zulassungen für die Pestizide in Deutschland. Gemäß der Durchführungsverordnung (EU) 2019/677 hat der BVL die letzten drei Zulassungen für chlorthalonilhaltige Pflanzenschutzmittel zum 31. Oktober 2019 widerrufen. Es gilt eine Verkaufsfrist bis zum 30. April 2020.

11.13.3 Recalculation / Rekalkulationen

No recalculations were made from 1990 until 2016. Only the domestic sales in 2017 were updated.

Es wurden keine Rekalkulationen für die Jahre 1990-2016 durchgeführt. Es wurden nur die Inlandsverkäufe 2017 aktualisiert.

11.13.4 Uncertainty of activity data and emission factors / Unsicherheiten von Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren

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.

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.

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).

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 Spannbreite 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 Spannbreite lag bei 30 %; das arithmethische 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).

11.14 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 ≤ 57 µm), PM_{10} and $PM_{2.5}$ (particulate matter, aerodynamic diameter < 10µm and < 2,5 µm, respectively). For further details see EMEP (2019)-3D-33.

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 ≤ 57 µm), PM_{10} und $PM_{2.5}$ (particulate matter, Partikelklassen mit aerodynamischem Durchmesser < 10 µm bzw. < 2,5 µm). Zu weiteren Details siehe EMEP (2019)-3D-33.

11.14.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The areas of crop cultivation serve as activity data. These areas are provided by official statistics (STATBA FS 3, R 3.2.1 and 3.1.3, 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 3.2.1 und 3.1.3, 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.

11.14.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

EMEP(2019)-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(2019)-3D-11):

EMEP(2019)-3D-17 beschreibt eine Tier-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 Tier-1-Methode (EMEP(2019)-3D-11) berechnet:

$$E_{\text{pollutant}} = A_{\text{a}} \cdot EF_{\text{pollutant}} \qquad \textbf{(11.15)}$$

$E_{\text{pollutant}}$	emissions of TSP, PM_{10} or $PM_{2.5}$ from cropped areas (in kg a^{-1})
A_{a}	area of arable land (in ha)
$EF_{\text{pollutant}}$	emission factors for TSP, PM_{10} or $PM_{2.5}$ from cropped areas (in kg ha^{-1} a^{-1})

The emission calculations are based on the emission factors given in EMEP(2019)-3D-12, Table 3.1: 1.56 kg ha^{-1} for TSP and PM_{10}, and 0.06 kg ha^{-1} for $PM_{2.5}$.

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, PM_{10} and $PM_{2.5}$ are defined by EMEP(2019)-3D-12, Table 3.1: the 95 % confidence interval for TSP and PM_{10} is given by 0.78 und 7.8 kg ha^{-1} a^{-1}, for $PM_{2.5}$ by 0.03 and 0.3 kg ha^{-1} a^{-1}. In any case, the distribution is skewed to the right, and the difference between the emission factor and the upper confidence interval limit is 400%. If a log-normal distribution is adjusted while maintaining the upper limit, the result is an interval of [-95%, + 400%].

Es werden die Emissionsfaktoren aus EMEP(2019)-3D-12, Table 3.1, verwendet: 1,56 kg ha^{-1} für TSP und PM_{10} sowie 0,06 kg ha^{-1} für $PM_{2.5}$.

Das o. g. Berechnungsverfahren ermöglicht lediglich eine erste Schätzung der Größenordnung der Emissionen. Die Emissionsfaktoren schließen Emissionen aus Düngeranwendung, Pestiziden und aus Grünlandflächen (z. B. durch Heumachen) nicht ein.

Zur Unsicherheit der Emissionsfaktoren von TSP, PM_{10} und $PM_{2.5}$ gibt EMEP(2019)-3D-12, Table 3.1, an, dass die Grenzen des 95 %-Konfidenzintervalles bei 0,78 und 7,8 kg ha^{-1} a^{-1} für TSP und PM_{10} liegen, sowie bei 0,03 und 0,3 kg ha^{-1} a^{-1} für $PM_{2.5}$. Damit liegt in jedem Fall eine rechtsschiefe Verteilung vor, und die Differenz zwischen Emissionsfaktor und oberer Konfidenzintervallgrenze beträgt 400 %. Wird unter Wahrung der Obergrenze eine Lognormal-Verteilung angepasst, ergibt sich ein Intervall von [-95 %, +400%].

11.15 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 4.3.9.)

Table 11.19 compares the aggreated emission factors (IEF) for emissions of N_2O and NH_3 due to cultivation of agricultural soils. Table 11.19 also shows the indirect N_2O emissions due to N deposition and leaching/runoff, the calculation of which, for the German inventory, is described in Chapter 12.

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleurpäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.9.)

Table 11.19 vergleicht die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für N_2O und NH_3 aus der Nutzung landwirtschaftlicher Böden. Die Tabelle zeigt auch die indirekten N_2O-Emissionen infolge von N-Deposition und Auswaschung/Oberflächenabfluss, deren Berechnung für das deutsche Inventar in Kapitel 12 beschrieben wird.

Table 11.19: Soils and crops, 2018, international comparison of implied emission factors for N_2O and NH_3

	IEF									
	N_2O-N synthetic fertilizer	N_2O-N manure	N_2O-N crop residues	N_2O-N mineralization	N_2O-N managed organic soils	N_2O-N grazing	N_2O-N deposition	N_2O-N leaching	NH_3-N synthetic fertilizer	NH_3-N animal manures
	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg ha^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}
Austria	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	8.20	0.0168	0.0100	0.0075	0.0408	n/c
Belgium	0.0100	0.0100	0.0100	0.0120	8.00	0.0195	0.0100	0.0075	0.0298	0.100
Czech Republic	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	NO	0.0187	0.0100	0.0023	0.0678	n/c
Denmark	0.0100	0.0100	0.0100	0.0100	7.79	0.0178	0.0100	0.0046	0.0257	0.078
France	0.0100	0.0100	0.0100	NO	8.02	0.0191	0.0100	0.0075	0.0596	n/c
Germany	**0.0100**	**0.0100**	**0.0100**	**0.0100**	**6.20**	**0.0190**	**0.0100**	**0.0075**	**0.0422**	**0.151**
Netherlands	0.0130	0.0086	0.0139	NO	4.45	0.0330	0.0120	0.0075	0.0323	0.101
Poland	0.0100	0.0100	0.0100	NO	8.00	0.0192	0.0100	0.0075	0.0443	n/c
Switzerland	0.0098	0.0100	0.0100	0.0100	8.00	0.0189	0.0264	0.0075	0.0489	0.202
United Kingdom	0.0073	0.0046	0.0100	0.0100	8.00	0.0047	0.0100	0.0075	0.0345	0.119
Median	**0.0100**	**0.0100**	**0.0100**	**0.0100**	**8.0000**	**0.0190**	**0.0100**	**0.0075**	**0.0415**	**0.110**
IPCC (2006)-11.11, 11.24, IPCC (2014) [a]	0.01	0.01	0.01	0.01	8 (13 / 4.3 / 8.2 / 1.6) [a]	0.02 (cattle, pigs, poultry), 0.01 other animals	0.01	0.0075		
EMEP (2019)-3D-12									0.0412 [b]	--- [c]

Sources (IEFs for NH_3 from mineral fertilizers and for NMVOC are calculated from original data): Germany: Submission 2021; Austrian NH_3-N IEF for synthetic fertilizer: CEIP (2019), NFR Tables; all other countries and data: UNFCCC (2020), CRF Tables; CEIP (2020), NFR Tables

n/c, NO: no data available due to different reasons

[a] IPCC (2014) Wetlands Supplement, Table 2.5 (Cropland, drained / Grassland, drained, nutrient-poor / Grassland, deep-drained, nutrient rich / Grassland, shallow-drained, nutrient rich)

[b] calculated by multiplying the EMEP Tier 1 default EF (given in NH_3 units) with 14/17 in order to obtain NH_3-N units

[c] no EMEP default available in units kg kg^{-1}

For the application of mineral fertilizers and animal manures as well as for crop residues and mineralization of soil organic matter almost all countries which report this IEF (including Germany) use the IPCC (2006) default emission factor of 0.01 kg kg^{-1}.

As to the IEF for N_2O-N from organic soils four countries use the IPCC (2006) default value of 8 kg ha^{-1}. Three countries use a value relatively similar to the IPCC default. The German IEF is only 78 % of the IPCC default, but is based on national emission factors (see Chapter 11.6.).

Most IEFs for N_2O-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

Für die Ausbringung von Mineraldünger und Wirtschaftsdünger, Ernterückstände und Mineralisierung organischer Bodensubstanz entsprechen die N_2O-N-IEFs fast aller Länder, die diesen IEF berichten (incl. Deutschland), dem IPCC (2006)-Defaultwert von 0,01 kg kg^{-1}.

Beim IEF für N_2O-N aus organischen Böden verwenden vier Länder den IPCC (2006)-Defaultwert von 8 kg ha^{-1}, drei weitere Länder einen relativ ähnlichen Wert. Der deutsche IEF liegt bei 78 % des IPCC-Defaultwertes, basiert aber auf nationalen Emissionsfaktoren (siehe Kapitel 11.6).

Die meisten IEFs für N_2O-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

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, which represents the median, is identical to the median; it is also close to the default value for cattle, pigs and poultry, which, as expected, reflects the fact that in Germany the population shares of the "other animals" are comparatively small.

Except for the Netherlands and Switzerland all countries, including Germany, use the IPCC (2006) default emission factor for indirect N_2O-N due to the deposition of reactive nitrogen.

As to the indirect N_2O-N from leaching and runoff all countries except Czech Republic and Denmark use the emission factor provided in IPCC (2006).

The German NH3-IEF for the application of mineral fertilizer is 2 % above the median.

Four countries do not report a NH3-IEF for the application of manure. Among the other countries there is a variation of factor 2.6. Germany lies approximately in the middle between the values of Belgium and Switzerland.

Table 11.20 compares the aggregated emission factors (IEF) for emissions of CO_2 and NMVOC.

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, der den Median repräsentiert, liegt 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 der Niederlande und der Schweiz rechnen beim indirekten N_2O-N infolge Deposition reaktiven Stickstoffs alle Länder, also auch Deutschland, mit dem IPCC (2006)-Defaultwert.

Beim indirekten N_2O-N aus Auswaschung und Oberflächenabfluss folgen alle Länder außer Tschechien und Dänemark der Vorgabe in IPCC (2006).

Der deutsche NH_3-IEF für die Ausbringung von Mineraldünger liegt 2 % über dem Median.

Vier Länder berichten keinen NH_3-IEF für die Ausbringung von Wirtschaftsdünger. Bei den übrigen Ländern findet sich eine Variation von Faktor 2,6. Deutschland liegt mittig zwischen den Werten von Belgien und der Schweiz.

Table 11.20 vergleicht die aggregierten Emissionsfaktoren (IEF) für CO_2 und NMVOC.

Table 11.20: Soils and crops, 2018, international comparison of implied emission factors for CO_2 and NMVOC

	IEF				
	liming			application of urea	NMVOC
	Limestone	Dolomite	other C containing fertilizers		cultivated crops
	kg CO_2 per kg				kg ha^{-1}
Austria	0.12	0.13	NA	0.20	n/c
Belgium	0.12	0.13	NO	0.20	0.86
Czech Republic	0.12	0.13	NO	0.20	n/c
Denmark [a]	0.12	IE	0.03000	0.20	0.80
France	0.12	0.13	NO	0.20	n/c
Germany	**0.12**	**0.13**	**0.02748**	**0.20**	**0.50**
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	0.46
United Kingdom	0.12	0.13	n/a	0.20	0.48
IPCC (2006)-11.27	0.12	0.13		0.20	
EMEP (2019)-3D-12					0.86

Sources: Germany: Submission 2021; all other countries: UNFCCC (2020), CRF Tables; CEIP (2020), NFR Tables
n/c, NO, NA, IE: no data available due to different reasons

It can be seen that all countries reporting CO_2 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 countries calculate CO_2 emissions from from urea application using the IPCC (2006) default value.

The IEF for NMVOC emissions from the cultivation of crops can, due to missing data on emissions and / or cultivated area for some countries, only be calculated

Alle Länder, die CO_2-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.

Außer den Niederlanden berechnen alle Länder die CO_2-Emissionen aus Harnstoffanwendung mithilfe des IPCC (2006)-Defaultwertes.

Der IEF für NMVOC-Emissionen aus dem Anbau kann wegen fehlender Daten zu Emission und/oder Anbaufläche nur für fünf Länder verglichen werden. Belgien hat

for five countries. Belgium obviously used the EMEP default value for its emission calculations, the value of Denmark lies a bit lower. At a significantly lower level, the values for Germany, Switzerland and the United Kingdom are relatively close to one another.

Table 11.21 enables a comparison of the so-called FRAC quantities for Central Europe. For the definitions of the FRAC quantities see Chapter 13.

In the German inventory the quantities $Frac_{GASF}$ and $Frac_{GASM}$ are not used as input variable. They are back calculated from input and output data once the emission calculations are terminated.

All three Frac quantities shown in Table 11.21 have a more or less wide range of variation. The German values deviate only a few percent from the respective median values.

dabei offensichtlich mit dem EMEP-Defaultwert gerechnet, Dänemark liegt etwas darunter. Auf deutlich niedrigerem Niveau liegen relativ nahe beeinander die Werte von Deutschland, Schweiz und Vereinigtem Königreich.

Table 11.21 ermöglicht einen mitteleuropäischen Vergleich der so genannten FRAC-Größen. Zu den Definitionen der FRAC-Größen siehe Kapitel 13.

Die Größen $Frac_{GASF}$ und $Frac_{GASM}$ werden im deutschen Inventar nicht als Eingangsgröße verwendet, sondern aus Ein- und Ausgabedaten der abgeschlossenen Emissionsberechnungen ermittelt.

Bei allen drei in Table 11.21 gezeigten Frac-Größen zeigt sich eine mehr oder minder große Schwankungsbreite. Die deutschen Werte weichen nur um wenige Prozent von den jeweiligen Medianwerten ab.

Table 11.21: Soils and crops, 2018, international comparison of fractions

	$Frac_{GASF}$	$Frac_{GASM}$	$Frac_{LEACH}$
	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}	kg kg^{-1}
Austria	0.053	0.162	0.152
Belgium	0.068	0.174	0.300
Czech Republic	0.100	0.200	0.300
Denmark [a]	0.052	0.093	0.255
France	0.065	0.097	0.300
Germany	**0.054**	**0.157**	**0.300**
Netherlands	0.050	NA	0.130
Poland	0.100	0.200	0.300
Switzerland	0.063	0.227	0.178
United Kingdom	0.035	0.080	0.197
Median	**0.058**	**0.162**	**0.277**
IPCC(2006)-11.24	0.100	0.200	0.300

Sources: Germany: Submission 2021; other countries: UNFCCC (2020)

11.16 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 11.22: Direct emissions from agricultural soils, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	NH_3, mineral fertilizer	EM1001.001	
		NH_3, animal manure	EM1001.002	
		NH_3, sewage sludge	EM1001.003	
		NH_3, digested energy crops	EM1001.004	
		NH_3, grazing	EM1001.005	
		N_2O, mineral fertilizer	EM1001.007	
		N_2O, animal manure	EM1001.008	
		N_2O, sewage sludge	EM1001.009	
		N_2O, digested energy crops	EM1001.010	
		N_2O, grazing	EM1001.011	
		N_2O, crop residues	EM1001.012	
		N_2O, mineralization	EM1001.013	
		N_2O, histosols	EM1001.014	EM1001.016
		NO, mineral fertilizer	EM1001.027	
		NO, animal manure	EM1001.028	
		NO, sewage sludge	EM1001.029	
		NO, digested energy crops	EM1001.030	
		NO, grazing	EM1001.031	
		NMVOC, cultivated crops	EM1001.033	
		TSP, crop production	EM1001.034	
		PM_{10}, crop production	EM1001.035	
		$PM_{2.5}$, crop production	EM1001.036	
		CO_2, urea	EM1001.038	
		CO_2, liming (Lime application)	EM1001.039	
		CO_2, liming (Dolomite application)	EM1001.040	
		CO_2, liming (CAN application)	EM1001.041	
Activity data	Aktivitäten	mineral fertilizers (NH_3)	AI1001.004	AI1001.009
		mineral fertilizers (N_2O, NO)	AC1001.001	
		animal manures	AC1001.002	
		sewage sludge	AC1001.008	
		digested energy crops	AC1001.007	
		grazing	AC1001.003	AC1001.005
		crop residues	AC1001.009	
		mineralization	AC1001.010	
		histosols	AC1001.011	AC1001.013
		areas for NMVOC and PM calculation	AC1001.014	AC1001.015
		urea	AC1001.017	
		liming (Limestone)	AC1001.018	
		Liming (Dolomite)	AC1001.019	
		Liming (CAN)	AC1001.020	
Emission factors	Emissionsfaktoren	NH_3, mineral fertilizer	IEF1001.001	
		NH_3, animal manure	IEF1001.002	
		NH_3, sewage sludge	IEF1001.003	
		NH_3, digested energy crops	IEF1001.004	
		NH_3, grazing	IEF1001.005	
		N_2O, mineral fertilizer	IEF1001.007	
		N_2O, animal manure	IEF1001.008	
		N_2O, sewage sludge	IEF1001.009	
		N_2O, digested energy crops	IEF1001.010	
		N_2O, grazing	IEF1001.011	
		N_2O, crop residues	IEF1001.012	
		N_2O, mineralization	IEF1001.013	
		N_2O, histosols	IEF1001.014	IEF1001.016
		NO, mineral fertilizer	IEF1001.021	
		NO, animal manure	IEF1001.022	
		NO, sewage sludge	IEF1001.023	
		NO, digested energy crops	IEF1001.024	
		NO, grazing	IEF1001.025	
		NMVOC, cultivated crops	IEF1001.027	
		TSP, crop production	IEF1001.028	
		PM_{10}, crop production	IEF1001.029	
		$PM_{2.5}$, crop production	IEF1001.030	
		CO_2, urea	IEF1001.032	
		CO_2, liming (Lime application)	IEF1001.033	
		CO_2, liming (Dolomite application)	IEF1001.034	
		CO_2, liming (CAN application)	IEF1001.035	

12 Indirect N_2O emissions from agricultural soils / Indirekte N_2O-Emissionen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen

N_2O 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_3 from and N_2O after spreading of fertilizers, or emissions of particulate matter. For the direct emissions of N_2O see Chapter 11

Indirect emissions are N_2O emissions that are a secondary effect of agricultural activities, i. e. N_2O emissions from soils due to deposition of reactive nitrogen (NH_3 and NO) emitted from agricultural sources, and N_2O emissions that are a consequence of nitrogen leaching and runoff.

According to IPCC (2006), indirect N_2O 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_2O emissions in connection with digestion of energy crops see Chapter 10.2. All other indirect N_2O 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 t h etime being, only Tier 1 calculation procedures are available.

Bei N_2O aus landwirtschaftlichen Nutzflächen wird zwischen direkter und indirekter Emission unterschieden.

Direkte Emissionen sind Emissionen, die sich unmittelbar aus der Bodennutzung ergeben, wie z. B. NH_3 und N_2O infolge der Ausbringung von Mineraldünger, oder auch Emissionen von Partikeln. Zu direktem N_2O siehe Kapitel 11.

Indirekte Emissionen sind N_2O-Emissionen, die sich als Sekundärfolge von landwirtschaftlichen Aktivitäten ergeben: N_2O-Emissionen aus dem Boden nach Deposition reaktiven Stickstoffs, der zuvor aus landwirtschaftlichen Quellen emittiert wurde, sowie N_2O-Emissionen infolge von N-Auswaschung bzw. -Oberflächenabfluss.

Indirekte N_2O-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_2O-Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (siehe dazu Kapitel 10.2) werden alle übrigen indirekten N_2O-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 Tier-1-Verfahren verfügbar.

Table 12.1: Agricultural soils, procedures used for the calculation of indirect N2O emissions

Species	Origin	Tier	Method applied
N_2O	indirect, deposition	1	IPCC
N_2O	indirect, leaching	1	IPCC

12.1 Deposition of reactive nitrogen / Deposition von reaktivem Stickstoff

Atmospheric deposition of reactive nitrogen species results in N_2O 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_2O-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_2O emissions caused by deposition assumes that all emissions of reactive nitrogen listed below are deposited:

- NH_3 and NO from fertilizer application,
- NH_3 and NO from application of animal manures (incl. digested manures),
- NH_3 and NO from application of digestate of energy crops,
- NH_3 and NO from application of sewage sludge,
- NH_3 and No from grazing.

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.

Das deutsche Inventar berechnet die depositionsbedingten N_2O-Emissionen unter der Annahme, dass alle nachstehend aufgeführten Emissionen reaktiven Stickstoffs der Deposition unterliegen:

- NH_3 und NO aus Mineraldüngeranwendung,
- NH_3 und NO aus Wirtschaftsdünger-Ausbringung (incl. vergorenem Wirtschaftsdünger),
- NH_3 und NO aus Ausbringung von Energiepflanzen-Gärresten,
- NH_3 und NO aus Ausbringung von Klärschlämmen,
- NH_3 und NO aus Weidegang.

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_2O emissions from the application of mineral fertilizer is used (see Chapter 11.1.2.2):

Es wird ein Tier-1-Verfahren analog zur Beschreibung der N_2O-Emissionen aus der Mineraldünger-Anwendung eingesetzt (siehe Kapitel 11.1.2.2):

$$E_{\mathrm{N2O-N,dep}} = \left[(E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{\mathrm{fert}} + (E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{\mathrm{SAM}} + (E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{SEC} + (E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{SSS} + (E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{graz}\right] \cdot EF_{\mathrm{N2O-N,dep}} \quad \textbf{(12.1)}$$

$E_{\mathrm{N2O-N,\,dep}}$	indirect N_2O-N emissions resulting from the deposition of NH3-N and NO-N emitted from agricultural soils (see Chapter 12.1.1) (in Gg a^{-1})
$(E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{\mathrm{fert}}$	NH_3-N and NO-N emissions from mineral fertilizer (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.1
$(E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{\mathrm{SAM}}$	NH_3-N and NO-N emissions from spreading of animal manures (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.2
$(E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{\mathrm{SEC}}$	NH_3-N and NO-N emissions from spreading of digestate from energy crops (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.3
$(E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{\mathrm{SSS}}$	NH_3-N and NO-N emissions from spreading of sewage sludge (in Gg a^{-1}) , see Chapter 11.4
$(E_{\mathrm{NH3-N}} + E_{\mathrm{NO-N}})_{\mathrm{graz}}$	NH_3-N and NO-N emissions from grazing (in Gg a^{-1}) , see Chapter 11.5
$EF_{\mathrm{N2O-N,\,dep}}$	N_2O-N emission factor for indirect emissions from deposition (in kg kg^{-1}), see below

The N_2O-N emission factor $EF_{\mathrm{N2O-N,\,dep}}$ is given as 0.01 kg kg^{-1} (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.3, an asymmetric uncertainty range of 0.002 kg kg^{-1} to 0.05 kg kg^{-1} is given for the N_2O-N emission factor. The difference between the upper limit of the interval and the emission factor amounts to 400 % of the emission factor. Fitting a lognormal distribution leads to a 95 % confidence interval of [-95 %, +400 %]. According to IPCC(2006)-3.29 the higher percentage (400 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 14.6).

Der N_2O-N-Emissionsfaktor $EF_{\mathrm{N2O-N,\,dep}}$ wird mit 0,01 kg kg^{-1} angesetzt (IPCC(2006)-11.24, Table 11.3).

In IPCC(2006)-11.11, Table 11.3, wird für den Emissionsfaktor ein asymmetrischer Unsicherheitsbereich von 0,002 kg kg^{-1} bis 0,05 kg kg^{-1} angegeben. Das Intervall zwischen oberer Grenze und Emissionsfaktor entspricht 400 % des Emissionsfaktors. Die Anpassung einer Lognormal-Verteilung ergibt ein 95 %-Konfidenzintervall von [-95 %, +400 %]. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, d. h. 400 %.

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.

N-Einträge in Böden können teilweise abfließen oder ausgelaugt werden. Die Einträge in Oberflächen- und Grundwasser führen zu indirekten Lachgasemissionen.

12.2.1 Activity data / Aktivitätsdaten

The amount of leached N (m_{leach}) that leads to indirect N_2O emissions is calculated by multiplying an amount of N (m_N, see Equation (12.3)) with the leaching factor $Frac_{leach}$. According to IPCC (2006)-11.24, Table 11.3, $Frac_{leach}$ = 0.3 kg kg^{-1}. The criterion for the application of $Frac_{leach}$ = 0.3 kg kg^{-1} is the exceedance of the soil water-holding capacity, see IPCC (2006a)-11.24, Table 11.3. As there 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 N_2O-Freisetzung führende ausgewaschene N-Menge m_{leach} wird ermittelt, indem eine Stickstoffmenge m_N (siehe Gleichung (12.3) mit dem Auswaschungsfaktor $Frac_{leach}$ multipliziert wird. Dieser Faktor wird nach IPCC (2006)-11.24, Table 11.3, mit 0,3 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).

$$\boldsymbol{m_{\mathrm{leach}} = m_{\mathrm{N}} \cdot Frac_{\mathrm{LEACH}}} \qquad \textbf{(12.2)}$$

m_{leach}	amount of N leached (in Gg a^{-1})
m_N	amount of N available (in Gg a^{-1}), see Eq. (12.3)
$Frac_{LEACH}$	fraction to describe the ratio of m_{leach} to m_N (in kg kg^{-1}), see text

The amount of N available (m_N) is defined as follows:

Die N-Menge m_N setzt sich wie folgt zusammen:

$$m_N = m_{fert} + m_{man} + m_{ec} + m_{graz} + m_{\mathrm{sl}} + m_{\mathrm{cr}} + m_{\mathrm{min}} \qquad \textbf{(12.3)}$$

m_N	amount of N from which leaching is to be calculated (in Gg a^{-1})
m_{fert}	amount of synthetic fertilizer N applied (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.1.1
m_{man}	amount of manure N available for spreading (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.2.1
m_{ec}	amount of N available in digestate of energy crops to be spreaded (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.3.1
m_{graz}	amount N excreted during grazing (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.5.1
m_{sl}	amount of N in sewage sludge applied (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.4.1
m_{cr}	amount of N available by decomposition of crop residues (minus straw N for bedding) (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.7.1.1
m_{min}	amount of N available by mineralization of soil organic matter (in Gg a^{-1}), see Chapter 11.8.1

The uncertainty of the activity data m_{LEACH} is a combination of the uncertatinties of the various amounts of N and $Frac_{LEACH}$.

The uncertainty (i. e. the standard error) of the N iput data is assumed to be 30 %. A normal distribution seems to be appropriate.

For $Frac_{LEACH}$ IPCC(2006)-11.24, Table 11.3 gives an uncertainty range of 0.1 kg kg^{-1} to 0.8 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 m_{LEACH} of 170 %. Due to the asymmetry a lognormal

Die Unsicherheit der Aktivitätsdaten m_{LEACH} ergibt sich aus der Kombination der Unsicherheiten der N-Einträge und der Größe $Frac_{LEACH}$.

Die Unsicherheit (d. h. der Standardfehler) der N-Einträge wird dabei mit 30 % bei Normalverteilung angenommen.

Für $Frac_{LEACH}$ wird in IPCC(2006)-11.24, Table 11.3 ein Unsicherheitsbereich von 0,1 bis 0,8 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 m_{LEACH} von 170 %. Aufgrund der Asymmetrie wird Lognormal-Verteilung angenommen.

distribution is assumed. This results in the lower limit of the 95% confidence interval: -74%.

Damit ergibt sich für die untere Grenze des 95 %-Konfidenzintervall: -74 %.

12.2.2 Calculation of emissions / Emissionsberechnung

The N_2O emissions are calculated using a Tier 1 methodology according to IPCC(2006)-11.21, Equation 11.10:

Die N_2O-Emissionen werden nach IPCC(2006)-11.21, Gleichung 11.10, mit einem Tier-1-Verfahren berechnet:

$$E_{N_2O\text{-}N,leach} = m_{leach} \cdot EF_{N2O\text{-}N,leach} \quad \textbf{(12.4)}$$

$E_{N2O\text{-}N,\,leach}$	N_2O-N emissions due to leaching and runoff (in Gg a^{-1})
m_{leach}	amount of N leached (in Gg a^{-1}), see Chapter 12.2.1
$EF_{N2O\text{-}N,\,leach}$	N_2O-N emission factor for N from leaching and runoff (in kg kg^{-1})

The N_2O-N emission factor is 0.0075 kg kg^{-1}, see IPCC (2006)-11.24, Table 11.3.

In IPCC(2006)-11.24, Table 11.3, an asymmetric uncertainty range of 0.005 kg kg^{-1} to 0.025 kg kg a^{-1} is given for the N_2O-N emission factor. The difference between the upper limit of the interval and the emission factor amounts to (rounded) 230 % of the emission factor. Fitting a lognormal distribution leads to a 95 % confidence interval of [-83 %, +230 %].

According to IPCC(2006)-3.29 the higher percentage (230 %) has to be used to estimate derive the overall uncertainty (see Chapter 14.6).

Der N_2O-N-Emissionsfaktor ist 0,0075 kg kg^{-1}, siehe IPCC (2006)-11.24, Table 11.3.

In IPCC(2006)-11.24, Table 11.3, wird für den Emissionsfaktor ein asymmetrischer Unsicherheitsbereich von 0,0005 kg kg^{-1} bis 0,025 kg kg^{-1} angegeben. Dabei entspricht das Intervall zwischen oberer Grenze und Emissionsfaktor rund 230 % des Emissionsfaktors. Die Anpassung einer Lognormal-Verteilung ergibt ein 95 %-Konfidenzintervall von [-83 %, +230 %]. Nach IPCC(2006)-3.29 geht in die Gesamtunsicherheit des deutschen Treibhausgasinventars (siehe Kapitel 14.6) der größere Prozentwert ein, also 230 %.

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 4.3.9.)

The international comparison of the indirect N_2O emissions is made along with the comparison of the direct N_2O emissions, see Chapter 11.15.

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleurpäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.9.)

Der internationale Vergleich für indirekte N_2O-Emissionen erfolgt zusammen mit dem Vergleich der direkten N_2O-Emissionen in Kapitel 11.15.

12.4 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 12.2: Indirect N_2O emissions from agricultural soils, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

			from	to
Emissions	Emissionen	N_2O, indirect, deposition	EM1001.020	EM1001.022
		N_2O, indirect, leaching	EM1001.017	EM1001.019
Activity data	Aktivitäten	N deposited	AC1001.024	AC1001.026
		N input liable to leaching	AC1001.021	AC1001.023
Emission factors	Emissionsfaktoren	N_2O, indirect, deposition	IEF1001.018	
		N_2O, indirect, leaching	IEF1001.017	

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).

Die nachstehend beschriebenen Verhältniszahlen sind in der Treibhausgas-Emissionsberichterstattung nach IPCC (2006) zu berichten (CRF-Tabelle 3.D).

13.1 $Frac_{GASF}$

According to IPCC (2006)-11.21, Equation 11.9, $Frac_{GASF}$ is defined as the fraction of total N in synthetic fertilizers applied that is emitted as NH_3-N and NO-N.

In the German inventory the quantity $Frac_{GASF}$ is not used as an input parameter. It is back-calculated from input and output data once the emission calculations are terminated.

$Frac_{GASF}$ is primarily determined by NH_3-N and, because of the different 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 $Frac_{GASF}$ with the relative ratio r_{UN} of urea-N to total mineral fertilizer N.

Chapter 11.15 shows, for example, the German $Frac_{GASF}$ value for the penultimate time-series year. For the full time series, see the note in Chapter 13.5.

$Frac_{GASF}$ ist nach IPCC (2006)-11.21, Gleichung 11.9, der Anteil der mit Mineraldüngern ausgebrachten N-Menge an, der als NH_3-N und NO-N emittiert wird.

Die Größe $Frac_{GASF}$ wird im deutschen Inventar nicht als Eingangsgröße verwendet, sondern für die Berichterstattung nachträglich aus Ein- und Ausgabedaten der abgeschlossenen Emissionsberechnung ermittelt.

$Frac_{GASF}$ wird vorrangig durch NH_3-N bestimmt und dabei, wegen der unterschiedlichen 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 sich eine sehr gute Korrelation von $Frac_{GASF}$ mit dem relativen Verhältnis r_{UN} von Harnstoff-N zu Gesamtmineraldünger-N.

Kapitel 11.15 zeigt beispielhaft den deutschen $Frac_{GASF}$-Wert für das vorletzte Zeitreihenjahr. Zur vollständigen Zeitreihe siehe den Hinweis in Kapitel 13.5.

13.2 $Frac_{GASM}$

According to IPCC (2006)-11.21, Equation 11.9, $Frac_{GASM}$ 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_3-N and NO-N. (The $Frac_{GASM}$ 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 $Frac_{GASM}$ is not used as an input parameter. It is back-calculated from input and output data once the emission calculations are terminated.

Chapter 11.15 shows, for example, the German $Frac_{GASM}$ value for the penultimate time-series year. For the full time series, see the note in Chapter 13.5.

$Frac_{GASM}$ 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 NH_3-N und NO-N emittiert wird. (Die $Frac_{GASM}$-Definition in CRF 3.D entspricht nicht dieser Definition und wird in der deutschen Berichterstattung ignoriert.)

Die Größe $Frac_{GASM}$ wird im deutschen Inventar nicht als Eingangsgröße verwendet, sondern für die Berichterstattung aus Ein- und Ausgabedaten der abgeschlossenen Emissionsberechnung ermittelt.

Kapitel 11.15 zeigt beispielhaft den deutschen Wert von $Frac_{GASM}$ für das vorletzte Zeitreihenjahr. Zur vollständigen Zeitreihe siehe den Hinweis in Kapitel 13.5.

13.3 $Frac_{LEACH}$

$Frac_{LEACH}$ is defined as the relative fraction of N inputs into the soil that is lost via leaching and surface runoff ($Frac_{LEACH} = m_{leach}/m_{soil}$; for m_{leach} and m_{soil} see Chapter 12.2.1).

In the German inventory, $Frac_{LEACH}$ is an input value. The IPCC default value $Frac_{LEACH}$ = 0.30 kg kg^{-1} (IPCC (2006)-11.24, Table 11.3) is used.

$Frac_{LEACH}$ gibt den relativen Anteil des N-Eintrags in Böden an, der durch Auswaschung und Oberflächenabfluss verloren geht ($Frac_{LEACH} = m_{leach}/m_{soil}$; zu m_{leach} und m_{soil} siehe Kapitel 12.2.1).

$Frac_{LEACH}$ ist im deutschen Inventar eine Eingabegröße. Es wird der IPCC-Defaultwert $Frac_{LEACH}$ = 0,30 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 4.3.9.)

The international comparison of the Frac parameters is made along with the comparison of the direct N_2O emissions, see Chapter 11.15.

Im Zuge der Qualitätssicherung wurde ein Vergleich von Eingangsdaten und Inventarergebnissen auf mitteleurpäischer Ebene durchgeführt. (Nähere Angaben zur Durchführung: Siehe Kapitel 4.3.9.)

Der internationale Vergleich der Frac-Größen erfolgt zusammen mit dem Vergleich der direkten N_2O-Emissionen in Kapitel 11.15.

13.5 References to information in the data collection / Verweise auf Informationen in der Datensammlung

Table 13.1: Fractions $Frac_x$, related tables provided in the data collection (see Chapter 2.4)

$Frac_{GASF}$	AI1001.001
$Frac_{GASM}$	AI1001.002

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 (2019), 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 uncertainties 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_3 inventories (the EMEP (2019) 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 0 discuss the uncertainties of all relevant implied emission factors.

The resulting overall uncertainties (amounts and trends of GHG and NH_3) 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 (2019). 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 Gesamtunsicherheiten der nationalen Inventar von THG und NH_3 ist wegen der Vielzahl und Komplexität der emissionserzeugenden Prozesse sowie der großen Anzahl der eingehenden, i. d. R. nichtnormalverteilten 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 vernchlässigt 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_3-Inventar eingesetzt wird (die EMEP (2019)-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 0 gehen auf die Unsicherheiten aller relevanten aggregierten Emissionsfaktoren ein.

Die resultierenden Gesamtunsicherheiten des Inventars (Höhe der Emissionen und Trend bei THG und NH_3) finden sich in 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, …, n), is derived from the standard errors of the input data s(x_i) using the Gaussian error propagation procedure:

Der Standardfehler s(y) einer Größe y, die sich aus mehreren Größen x_i (i = 1, 2, …, n) berechnet, ergibt sich nach dem Gaußschen Fehlerfortpflanzungsgesetz aus den Standardfehlern s(x_i) der eingehenden Größen:

$$s(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\partial y}{\partial x_i}\cdot s(x_i)\right)^2} \qquad \textbf{(14.1)}$$

The relative standard error $r(y)$ is defined by

Für den relativen Standardfehler $r(y)$ gilt:

$$r(y) = \frac{s(y)}{y} \qquad \textbf{(14.2)}$$

If y is a sum of n quantities x_i (i = 1, 2, …, 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:

Wenn y eine Summe von n Größen x_i (i = 1, 2, …, 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:

$$r(y) = \frac{\sqrt{[r(x_1)\cdot x_1)]^2+[r(x_2)\cdot x_2)]^2+\cdots+[r(x_n)\cdot x_n)]^2}}{|x_1+x_2+\cdots+x_n|} \qquad \textbf{(14.3)}$$

If y is a product of n quantities x_i (I = 1, 2, …, n), Equations (14.1) und (14.2) lead to the following calculation procedure for the combined relative standard error :

Wenn y ein Produkt aus n Größen x_i (i = 1, 2, …, n) ist, führen die Gleichungen (14.1) und (14.2) zur folgenden Regel für den kombinierten relativen Standardfehler:

$$r(y) = \sqrt{[r(x_1)]^2 + [r(x_2)]^2 + \ldots + [r(x_n)]^2} \qquad \textbf{(14.4)}$$

This procedure is valid without change if one or more x_i are divisors.

Diese Regel gilt ohne Veränderung auch für den Fall, dass ein oder mehrere x_i als Divisoren auftreten.

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).

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).

Instead of the standard error $r(y)$, IPCC (2006a) und EMEP (2019) 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) and (14.2) one obtains for *U(y)* the following equation that is used in the inverntory (in % units):

Nach IPCC (2006a) und EMEP (2019) 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 %:

$$U(y) = 100 \cdot 2 \cdot r(y) \quad \textbf{(14.5)}$$

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 (2019), Part A, Chapter 5, Equations (2) and (3).

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 (2019), Part A, Kapitel 5, Gleichungen (2) und (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 propgation 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, $M*X_2$] 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_{low} below the mean value and U_{high} above the mean value. The U_{low} and U_{high} are given by (in perecent of the mean value):

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, $M*X_2$] 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_{low} unterhalb und U_{high} oberhalb des Mittelwertes M, beide Größe in Prozent des Mittelwertes:

$$U_{\text{low}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{1}{X_1}\right) \quad \textbf{(14.6)}$$

$$U_{\text{high}} = 100 \cdot (X_2 - 1) \quad \textbf{(14.7)}$$

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 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_{low} and U_{high}. The latter leads to an increase of the U values calculated without the method. It applies, however only to U values lower then 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 coprrections of the U values.

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 zu Berechnung von U_{low} und U_{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.

IPCC (2006a)-3.29 requires for asymmetric error distributions that, when using the Approach 1 method, the larger of the two intervals U_{low} and U_{high} be used (see specifications in IPCC (2006a) to fill the columns E and F in IPCC Table 3.2).

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_{low} und U_{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 erroro 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 5 confidence interval) of 20 % as recommended by IPCC(2006)-10.48 is used.

Zur Berechnung von Methanemissionen aus der 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_2O, NO and N_2 / IEF-Unsicherheiten für N_2O, NO und N_2

14.4.1 IEF uncertainty for N_2O from manure management / IEF-Unsicherheit für N_2O aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of the uncertainty *U* (half the 95 % confidence interval) of the IEF for N_2O 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_2O emission factors used in the inventory are related to the mount 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_2O-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_2O-Emissionsfaktoren beziehen sich auf die ausgeschiedene N-Menge. Daher gilt für den auf den Tierplatz bezogenen aggregierten Emissionsfaktor (IEF):

$$IEF_{\text{N2O-N, MM}} = N_{\text{housing}} \cdot EF_{\text{N2O-N, MM}} \tag{14.8}$$

$IEF_{\text{N2O-N, MM}}$ implied N_2O-N emission factor for manure management (in kg pl^{-1} a^{-1})
N_{housing} N excreted in the house (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{\text{N2O-N, MM}}$ partial N_2O-N emission factor for manure management, related to N (in kg kg^{-1})

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:

$$r\left(IEF_{\text{N2O-N, MM}}\right) = \sqrt{r^2\left(N_{\text{housing}}\right) + r^2\left(EF_{\text{N2O-N, MM}}\right)} \tag{14.9}$$

$r(IEF_{\text{N2O-N, MM}})$ relative standard error of the implied N_2O-N emission factor for manure management (in kg kg^{-1})
$r(N_{\text{housing}})$ relative standard error of the amount of N excreted in the house (in kg kg^{-1})
$r(EF_{\text{N2O-N, MM}})$ relative standard error of the partial N_2O-N emission factor for manure management (in kg kg^{-1})

IPCC (2006), Table 10.21, describes the uncertainty range of the emission factors of direct N_2O from all management systems with non-zero emission factors

IPCC (2006), Tabelle 10.21, gibt für die von Null verschiedenen Emissionsfaktoren für direktes N_2O aus allen Managementsystemen einen Unsicherheitsfaktor von 2

with a factor of 2, i. e. from -50 % to +100 % (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.

Regarding the uncertainty of the N-excretions, EMEP (2019) provides uncertainties between 7% for sheep and 30% for pigs (referring to "Webb (2000)", which actually means “Webb (2001)”). This information was derived for the United Kingdom using the methodologies available at the time to calculate the N excretions. Such an investigation is not known for Germany. It is clear, however, that the determination of N excretions in the German inventory has been considerably refined since the early days of inventories (see Döhler et al., 2002) for many animal categories, mainly by differentiated models (especially for pigs), but also by excretion data taken from technical literature. Therefore, an uncertainty (half 95% confidence interval) of 10% is considered appropriate for the current inventory (normal distribution). This corresponds to a standard error of about 5%. There is no distinction between different animal categories.

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 to 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 %.

an, der einer Unsicherheit (95 %-Konfidenzintervall) von -50 % / + 100 % entspricht. 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 % (d. h. 50 % für den relativen Standardfehler).

Bzgl. der Unsicherheit der N-Ausscheidungen gibt EMEP (2019) unter Verweis auf „Webb (2000)“, womit aber Webb (2001) gemeint ist, Unsicherheiten zwischen 7 % für Schafe und 30 % für Schweine an. Diese Angaben wurden für das Vereinigte Königreich unter der Verwendung der seinerzeit verfügbaren Methodiken zur Berechnung der N-Ausscheidungen abgeleitet. Eine solche Untersuchung ist für Deutschland nicht bekannt. Es steht aber fest, dass die Ermittlung der N-Ausscheidungen im deutschen Inventar seit den Anfangszeiten der Inventarerstellung (siehe Döhler et al., 2002) für zahlreiche Tierkategorien erheblich verfeinert wurde, überwiegend durch differenzierte Modelle (insbesondere auch für Schweine), aber auch durch Ausscheidungsdaten aus der Fachliteratur. Daher erscheint für das aktuelle Inventar eine Unsicherheit (halbes 95 %-Konfidenzintervall) von 10 % angemessen (Normalverteilung). Dies entspricht einem Standardfehler von ca. 5 %. Es wird dabei nicht zwischen verschiedenen Tierkategorien unterschieden.

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.

14.4.2 IEF uncertainty for NO and N_2 from manure management / IEF-Unsicherheit für NO und N_2 aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The ZSE data base of Umweltbundesamt requires uncertainties for NO and N_2 emission factors. No default values are available. However, as the NO and N_2 emissions are calculated proportional to the N_2O emissions, the uncertainties of the N_2O 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_2 werden für die ZSE-Datenbank des Umweltbundesamtes benötigt. Allerdings sind keine Defaultangaben verfügbar. Da die Emissionen von NO und N_2 im deutschen Inventar proportional zu den Emissionen von N_2O berechnet werden, werden die in Kapitel 14.4.1 beschriebenen N_2O-Unsicherheiten sowie die Verteilungsform übernommen.

14.4.3 IEF uncertainty for N_2O from agricultural soils / IEF-Unsicherheit für N_2O aus landwirtschaftlichen Böden

For the sectors to be reported, standard emission factors accoding 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. In this case, IPCC(2006a)-3.29 proposes to use the higher percentage between mean and the limits of confidence. The resulting uncrtainties are given in Table 14.1.

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. Daher wird entsprechend der Empfehlung in IPCC(2006a)-3.29, die größere Prozentzahl zwischen Mittelwert und Konfidenzgrenze verwendet, siehe Table 14.1.

Indirect emisions 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 0.

Indirekte N_2O-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 0.

14.5 IEF uncertainty for NH_3 from manure management / IEF-Unsicherheit für NH_3 aus dem Wirtschaftsdünger-Management

The calculation of the uncertainty *U* (half the 95 % confidence interval) of the implied emission factor $IEF_{NH3\text{-}N,\,MM}$ for NH_3 emissions from manure management without spreading (i.e. for the emissions from housing plus storage) is based on the partial NH_3 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 oder to simplify notation, indices are introduced to denote the origin of the emissions from the house (1) and the storage system (2):

Die Berechnung der Unsicherheit *U* (halbes 95 %-Konfidenzintervall) des aggregierten Emissionsfaktors $IEF_{NH3\text{-}N,\,MM}$ für NH_3-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management ohne Ausbringung (d. h. aus Stall und Lager zusammen) beruht neben den partiellen NH_3-Emissionsfaktoren dieser beiden Bereiche auch auf den jeweilig vorliegenden TAN-Mengen. Im Sinne von Approach 1 (siehe Kapitel 14.1) wird angenommen, dass die Voraussetzungen für die Anwendung der Gaußschen Fehlerfortpflanzung erfüllt seien. Nach Gleichung (14.5) lässt sich *U* auf den relativen Fehler *r* zurückführen. Dieser wird im Folgenden abgeleitet, wobei zur Vereinfachung der Schreibweise die Indizes 1 für Stall und 2 für Lager verwendet werden:

$$IEF_{NH3\text{-}N,\,MM} = IEF_{NH3\text{-}N,1} + IEF_{NH3\text{-}N,2} \qquad \textbf{(14.10)}$$

$IEF_{NH3\text{-}N,\,MM}$	implied NH_3-N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl^{-1} a^{-1})
$IEF_{NH3\text{-}N,\,j}$	implied NH_3-N emission factor for compartment j (in kg pl^{-1} a^{-1})
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage)

Each implied emission factor is defined as

Dabei ist jeder IEF wie folgt definiert:

$$IEF_{NH3\text{-}N,\,j} = TAN_{\,j} \cdot EF_{NH3\text{-}N,\,j} \qquad \textbf{(14.11)}$$

$IEF_{NH3\text{-}N,\,j}$	implied NH_3-N emission factor for compartment j (in kg pl^{-1} a^{-1})
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage)
TAN_j	TAN entering compartment j (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{NH3\text{-}N,\,j}$	partial NH_3-N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg^{-1})

According to the N flow scheme (see Chapter 3.3.4.3.5) TAN_2 is defined by:

Gemäß dem N-Fluss-Schema (siehe Kapitel 3.3.4.3.5) gilt für TAN_2:

$$TAN_2 = TAN_1 \cdot (1 - EF_{NH3\text{-}N,1}) \qquad \textbf{(14.12)}$$

TAN_2	TAN entering storage (in kg pl^{-1} a^{-1})
TAN_1	TAN excreted in the housing (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{NH3\text{-}N,\,1}$	partial NH_3-N emission factor for housing, related to TAN (in kg kg^{-1})

Using this one arrives at the following equation for the NH_3-IEF for housing plus storage:

Damit ergibt sich für den aggregierten Emissionsfaktor für NH_3-Emissionen aus Stall und Lager:

$$IEF_{NH3\text{-}N,\,MM} = TAN_1 \cdot (EF_{NH3\text{-}N,1} + EF_{NH3\text{-}N,2} - EF_{NH3\text{-}N,1} \cdot EF_{NH3\text{-}N,2}) \qquad \textbf{(14.13)}$$

$IEF_{NH3\text{-}N,\,MM}$	implied NH_3-N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl^{-1} a^{-1})
TAN_1	TAN excreted in the housing (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{NH3\text{-}N,\,j}$	partial NH_3-N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg^{-1})
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):

$$s(IEF_{\text{NH3-N, MM}}) = \sqrt{\left(\frac{\partial IEF_{\text{NH3-N, MM}}}{\partial TAN_1} \cdot s(TAN_1)\right)^2 + \sum_{j=1}^{2}\left(\frac{\partial IEF_{\text{NH3-N, MM}}}{\partial EF_{\text{NH3-N, j}}} \cdot s(EF_{\text{NH3-N, j}})\right)^2} \quad \textbf{(14.14)}$$

$s(IEF_{\text{NH3-N, MM}})$	standard error of the implied NH_3-N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl^{-1} a^{-1})
TAN_1	TAN excreted in the housing (in kg pl^{-1} a^{-1})
$EF_{\text{NH3-N, j}}$	partial NH_3-N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg^{-1})
j	j = compartment index (j = 1: housing, j = 2: storage)
$s(EF_{\text{NH3-N, j}})$	standard error of the partial NH_3-N emission factor for compartment j, related to TAN (in kg kg^{-1})

According to Chapter 14.2, the relative standard error is

Der relative Standardfehler folgt dann entsprechend Kapitel 14.2 aus

$$r(IEF_{\text{NH3-N, MM}}) = \frac{s(IEF_{\text{NH3-N, MM}})}{IEF_{\text{NH3-N, MM}}} \quad \textbf{(14.15)}$$

$r(IEF_{\text{NH3-N, MM}})$	relative standard error of the implied NH_3-N emission factor for manure management (housing plus storage)
$s(IEF_{\text{NH3-N, MM}})$	standard error of the implied NH_3-N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl^{-1} a^{-1})
$IEF_{\text{NH3-N, MM}}$	implied NH_3-N emission factor for manure management (housing plus storage) (in kg pl^{-1} a^{-1})

The uncertainty calculation uses the partial emission factors for NH_3-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 emisson 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 $r(IEF_{\text{NH3-N, MM}})$ is always lower than r_{max}:

In die Unsicherheitsberechnung gehen die partiellen Emissionsfaktoren für NH_3-N aus Stall und Lager ein, deren Unsicherheit allerdings nicht bekannt ist. EMEP (2007)-B1090-19 gab für Tier-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 $r(IEF_{\text{NH3-N, MM}})$ stets kleiner als r_{max}:

$$r(IEF_{\text{NH3-N, MM}}) < r_{max} = \sqrt{[r(TAN_1)]^2 + [r(EF)]^2} \quad \textbf{(14.16)}$$

$r(IEF_{\text{NH3-N, MM}})$	relative standard error of the implied NH_3-N emission factor for manure management (housing plus storage)
r_{max}	maximum possible value of $r(IEF_{\text{NH3-N, MM}})$
$r(TAN_1)$	relative standard error of the TAN excreted in the housing
$r(EF)$	relative standard error for each of the NH_3-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

Die Obergrenze r_{max} wird als eine für alle Tiere einheitliche Unsicherhiet verwendet, die von individuellen Emissionsfaktoren und Häufigkeitsverteilungen von Stall- und Lagersystemen unabhängig ist. Diese Vereinfachung erscheint in Anbetracht der relative vagen Aus-

basis of the uncertainty value. The upper threshold r_{max} is found to be 0.18 or 18 %. This means, according to Chapter 14.2, 36 % for U ($IEF_{NH3\text{-}N,\,MM}$) (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.

gangsbasis gerechtfertigt. Für r_{max} ergibt sich 0,18 bzw. 18 %. Die Unsicherheit U (halbes 95 %-Konfidenzintervall) wird nach Kapitel 14.2 als das Zweifache berechnet: U ($IEF_{NH3\text{-}N,\,MM}$) = 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 methododology / Berechnungsmethodik

The estimation of the overall uncertainty of the GHG emissions inventory uses the IPCC approximation approach "Approach 1" (IPCC (2006a) -3.31). The basics for using this approximation approach are described in Chapters 14.1 to 0.

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 Abschätzung der Gesamtunsicherheit des THG-Emissionsinventars verwendet den IPCC-Näherungsansatz „Approach 1“ (IPCC (2006a)-3.31). Die Grundlagen für die Nutzung dieses Näherungsansatzes werden in den Kapiteln 14.1 bis 0 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 significant impact on the overall uncertainty of the greenhous 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 geschätzen Mittelwert gerechnet. Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheiten ohne signifikanten 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 uncertainzy (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.

For Table 14.1 the emissions of the greenhouse gases were transformed in CO_2 equivalents using the following global warming potentials (GWP) defined by IPCC (2007): 25 kg kg^{-1} for CH_4, and 298 kg kg^{-1} for N_2O.

The overall uncertainty (as percentage of the total emissions of the last year of the time series) 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.

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.)

Since the emission factors are the same for all years of the time series (full correlation), the values in column K, as given in IPCC (2006a)-3.31, were calculated as the product of columns I and F of the same row, respectively.

The activity data of all years of the time series, however, are uncorrelated. Therefore, as given in IPCC (2006a)-3.31, the values in column J were calculated as the product of the columns J and E of the same row and the factor $\sqrt{2}$, respectively.

In emissions reporting the application of the various categories of mineral fertilizers is considered to be a single emission source. Therefore, the uncertainties of the activity data and the emission factors of the various mineral fertilizer categories are aggregated using error propagation calculation (see Section 14.2). Only the aggregated uncertainties are included in the calculation of the total uncertainty of the GHG inventory. The reporting category "total manure spreading of all animals" is dealt with by analogy: Before calculating the total uncertainty of the GHG inventory, the uncertainties of the activity data and the emission factors are aggregated from the corresponding uncertainties of the contributions of the individual animal categories.

Obviously the uncertainties of the emission factors are significantly higher than the unvcertainties of the activity data. They dominate the combined uncertainties given in column G („Combined uncertainty as % of total national emissions“).

The total uncertainty of GHG emissions from German agriculture is 29.0 % (valid for 2019). The uncertainty of the trend 1990 - 2019 is 12.1 %. Comparison of the data values in column H reveals that the overall uncertainy of the agricultural greenhouse gas inventory is caused mainly by the uncertainties of the N_2O emissions from agricultural soils.

Table 14.1 zeigt die verschiedenen Eingabedaten und ihre Unsicherheiten sowie Zwischenergebnisse zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars.

Die Umrechnung der in Table 14.1 eingehenden Treibhausgas-Emissionen in CO_2-Äquivalente wurde mit den durch IPCC (2007) vorgeschriebenen Umrechnungsfaktoren (GWP, Global Warming Potential) durchgeführt: 25 kg kg^{-1} für CH_4 und 298 kg kg^{-1} für N_2O.

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).

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.)

Da die Emissionsfaktoren für alle Jahre der Zeitreihe gleich sind (vollständige Korrelation), wurden die Werte in Spalte K wie in IPCC (2006a)-3.31 angegeben als Produkt aus den Spalten I und F der jeweils gleichen Zeile berechnet.

Die Aktivitätsdaten aller Jahre der Zeitreihe sind dagegen nicht untereinander korreliert. Daher wurden die Werte in Spalte J wie in IPCC (2006a)-3.31 angegeben als Produkt aus den Spalten J und E der jeweils gleichen Zeile sowie dem Faktor $\sqrt{2}$ berechnet.

Die Ausbringung der verschiedenen Mineraldüngerkategorien wird in der Berichterstattung als eine einzige Emissionsquelle angesehen. Daher werden die Unsicherheiten jeweils der Aktivitätsdaten und der Emissionsfaktoren der verschiedenen Mineraldüngerkategorien mittels Fehlerfortpflanzungsrechnung (siehe Kapitel 14.2) aggregiert. Nur die aggregierten Unsicherheiten gehen in die Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars ein. Analog werden für die Berichtskategorie „Gesamt-Wirtschaftsdüngerausbringung aller Tiere“ vor der Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars die Unsicherheiten jeweils der Aktivitätsdaten und der Emissionsfaktoren aus den entsprechenden Unsicherheiten der Ausbringungsbeiträge der einzelnen Tierkategorien aggregiert.

In Table 14.1 ist deutlich zu erkennen, dass die Unsicherheiten der Emissionsfaktoren i. d. R. erheblich über denen der Aktivitätsdaten liegen, so dass sie die kombinierte Unsicherheit in Spalte „Combined uncertainty as % of total national emissions“ dominieren.

Die Gesamtunsicherheit der THG-Emissionen der deutschen Landwirtschaft beträgt 29,0 % (gültig für das Jahr 2019). Die Unsicherheit des Trends 1990 – 2019 liegt bei 12,1 %. Der Vergleich der Daten in Spalte H zeigt, dass die Gesamtunsicherheit des landwirtschaftlichen Treibhausgas-Inventars überwiegend durch Unsicherheiten von N_2O-Emissionen aus dem Bereich der landwirtschaftlich genutzten Böden verursacht wird.

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 *EntFer = Enteric Fermentation* *MM = Manure Management (housing, storage, spreading)* *DEC = Digestion of Energy Crops*	Gas	Base year (1990) emissions, in CO_2-eq.	Year 2019 emissions, in CO_2-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 2019 (*)	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 acticity data uncertainty	Square of the uncertainty introduced into the trend (*)
		(GWP_{CH4} = 25 kg kg^{-1}, GWP_{N2O} = 298 kg kg^{-1})										
		Gg a^{-1}	Gg a^{-1}	%	%	%	$(\%)^2$	%	%	%	%	$(\%)^2$
EntFer, dairy cows	CH_4	17,718.2	13,902.8	4	20	20.4	21.0	0.01	0.18	0.11	1.03	1.07
EntFer, calves	CH_4	542.7	325.9	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00
EntFer, dairy heifers	CH_4	5,189.8	3,761.5	4	20	20.4	1.5	0.01	0.05	0.11	0.28	0.09
EntFer, female beef cattle	CH_4	1,057.2	452.2	4	20	20.4	0.0	0.01	0.01	0.11	0.03	0.01
EntFer, male beef cattle	CH_4	5,641.2	2,750.6	4	20	20.4	0.8	0.02	0.04	0.47	0.20	0.26
EntFer, suckler cows	CH_4	789.8	1,216.9	4	20	20.4	0.2	0.01	0.02	0.15	0.09	0.03
EntFer, male cattle > 2 years	CH_4	464.4	189.1	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00
EntFer, sows	CH_4	211.0	133.8	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
EntFer, weaners	CH_4	51.2	51.6	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EntFer, fattening pigs	CH_4	409.9	442.5	4	20	20.4	0.0	0.00	0.01	0.03	0.03	0.00
EntFer, boars	CH_4	5.7	0.9	20	20	28.3	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
EntFer, sheep	CH_4	518.2	288.5	10	30	31.6	0.0	0.00	0.00	0.05	0.05	0.01
EntFer, goats	CH_4	11.3	18.4	20	30	36.1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
EntFer, horses	CH_4	204.6	175.2	10	30	31.6	0.0	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
MM, dairy cows	CH_4	2,195.7	2,065.1	4	20	20.4	0.5	0.00	0.03	0.08	0.15	0.03
MM, calves	CH_4	102.7	105.3	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
MM, dairy heifers	CH_4	761.9	440.3	4	20	20.4	0.0	0.00	0.01	0.05	0.03	0.00
MM, female beef cattle	CH_4	143.0	58.1	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
MM, male beef cattle	CH_4	1,184.3	538.2	4	20	20.4	0.0	0.01	0.01	0.11	0.04	0.01
MM, suckler cows	CH_4	130.3	157.5	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
MM, male cattle > 2 years	CH_4	62.1	22.2	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, sows	CH_4	512.6	325.4	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
MM, weaners	CH_4	194.6	155.9	4	20	20.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MM, fattening pigs	CH_4	1,965.5	1,765.7	4	20	20.4	0.3	0.00	0.02	0.05	0.13	0.02
MM, boars	CH_4	11.9	1.9	20	20	28.3	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, sheep	CH_4	22.5	12.5	10	30	31.6	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, goats	CH_4	0.5	0.8	20	30	36.1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, horses	CH_4	38.8	33.2	10	30	31.6	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MM, laying hens	CH_4	54.5	58.8	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MM, broilers	CH_4	13.2	50.5	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
MM, pullets	CH_4	6.8	4.1	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, geese	CH_4	0.6	0.2	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, ducks	CH_4	1.7	1.8	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, male turkeys	CH_4	8.4	23.8	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, female turkeys	CH_4	4.3	12.3	10	20	22.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, dairy cows	N_2O	955.8	697.3	4	100	100.1	1.3	0.00	0.01	0.10	0.05	0.01

MM, calves	N_2O	141.8	113.3	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MM, dairy heifers	N_2O	322.5	227.0	4	100	100.1	0.1	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00
MM, female beef cattle	N_2O	66.4	27.1	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00
MM, male beef cattle	N_2O	330.9	199.9	4	100	100.1	0.1	0.00	0.00	0.09	0.01	0.01
MM, suckler cows	N_2O	104.0	115.8	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00
MM, male cattle > 2 years	N_2O	26.1	10.3	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, sows	N_2O	134.2	84.1	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00
MM, weaners	N_2O	18.5	28.8	4	100	100.1	0.0	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
MM, fattening pigs	N_2O	219.1	353.1	4	100	100.1	0.3	0.00	0.00	0.23	0.03	0.05
MM, boars	N_2O	4.7	0.9	20	100	102.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, sheep	N_2O	28.5	15.8	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, goats	N_2O	1.6	2.7	20	100	102.0	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, horses	N_2O	60.1	51.5	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
MM, laying hens	N_2O	20.6	25.6	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, broilers	N_2O	8.0	25.4	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
MM, pullets	N_2O	2.7	1.9	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, geese	N_2O	0.2	0.1	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, ducks	N_2O	0.7	0.8	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MM, male turkeys	N_2O	3.0	9.5	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, female turkeys	N_2O	1.8	5.9	10	100	100.5	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
MM, indirect N_2O, all animals	N_2O	1,172.0	940.3	40	400	402.0	37.4	0.00	0.01	0.04	0.70	0.48
Soils, mineral fertilizers	N_2O	10,281.3	6,647.2	0.5	101.1	101.1	118.1	0.02	0.09	2.19	0.06	4.82
Soils, spreading of manure	N_2O	5,161.2	4,458.8	9.3	93.3	93.8	45.8	0.00	0.06	0.35	0.77	0.71
Soils, sewage sludge	N_2O	128.4	60.6	20	200	201.0	0.0	0.00	0.00	0.11	0.02	0.01
Soils, crop residues	N_2O	2,272.8	2,635.9	50	200	206.2	77.2	0.01	0.03	2.09	2.44	10.29
Soils, organic soils	N_2O	3,790.8	3,719.5	0.13	245	245.0	217.2	0.01	0.05	2.10	0.01	4.40
Soils, mineralization	N_2O	11.6	8.5	13.6	200	200.5	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soils, grazing	N_2O	1,915.6	1,151.5	20	200	201.0	14.0	0.01	0.02	1.04	0.43	1.26
Soils, indirect N_2O (deposition)	N_2O	1,657.8	1,131.2	50	400	403.1	54.4	0.00	0.01	1.09	1.05	2.28
Soils, indirect N_2O (leaching, runoff)	N_2O	4,243.1	3,243.7	170	230	286.0	225.1	0.00	0.04	0.56	10.19	104.20
DEC, digester and storage	CH_4	0.3	1,315.5	10	20	22.4	0.2	0.02	0.02	0.34	0.24	0.18
DEC, storage, direct N_2O	N_2O	0.1	245.0	10	100	100.5	0.2	0.00	0.00	0.32	0.05	0.10
DEC, storage, indirect N_2O (deposition)	N_2O	0.0	12.6	10	400	400.1	0.0	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
DEC, soils, direct N_2O	N_2O	0.2	1,371.4	10	200	200.2	19.7	0.02	0.02	3.58	0.25	12.91
DEC, soils, indirect N_2O (deposition)	N_2O	0.0	227.1	10	400	400.1	2.2	0.00	0.00	1.19	0.04	1.41
DEC, soils, indirect N_2O (leaching, runoff)	N_2O	0.1	308.6	10	230	230.2	1.3	0.00	0.00	0.93	0.06	0.86
Liming (agriculture and forest), without Dolomite & CAN[#]	CO_2	1,849.8	2,047.4	3	3	4.2	0.0	0.01	0.03	0.02	0.11	0.01
Liming (agriculture and forest), Dolomite	CO_2	350.7	54.2	100	3	100.0	0.0	0.00	0.00	0.01	0.10	0.01
Liming (agriculture and forest), CAN[#]	CO_2	510.4	196.0	3	3	4.2	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Application of urea	CO_2	481.0	523.5	1	1	1.4	0.0	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
Total		76,509.5	61,838.9	Uncertainty of 2019 emissions (percentage) →			29.0			Uncertainty of the trend (percentage) →		12.1

[#] CAN: Calcium ammonium nitrate

[*] 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 $(\%)^2$ 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 (2019), Part A, Chapter 5. This approach is in line with the IPCC approach to calculate the overall uncertainty of GHG inventory, see Chapter 14.6.

Note: 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_3 emissions with the emission ceiling is checked (Adjustment, see Chapter 1).

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 visible impact on the overall uncertainty of the greenhous gas inventory.
- The uncertainties of emission factors for manure management are described in Chapter 14.5.

For the collective categories "mineral fertilizer application" and "commercial fertilizer application", by analogy to the procedure for the overall uncertainty of the GHG inventory (see Chapter 14.6.4), the uncertainties of activity data and emission factors of the respective subcategories are aggregated using error propagation calculation (see Chapter 14.2). Only the aggregated uncertainties are included in the calculation of the total uncertainty of the ammonia inventory.

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 ot column H. The other values in column H, however, are auxiliary data required for the uncertainty calvulations. 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 total uncertainty of ammonia emissions from German agriculture is 10.7 % (valid for 2019). The overall uncertainty is largely determined by the uncertainties in the manure management of dairy cows and fattening pigs as well as in the application of mineral fertilizers and, above all, the spreading of animal manures.

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 of the trend 1990 - 2019 is 3.6 %.

Für das Ammoniak-Inventar der deutschen Landwirtschaft wurde eine Unsicherheitenberechnung nach EMEP (2019), Part A, Kapitel 5, durchgeführt. Die Vorgehensweise entspricht dem IPCC-Ansatz zur Berechnung der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars, siehe Kapitel14.6.

Anmerkung: Die Emissionen aus der Vergärung von Energiepflanzen (incl. Ausbringung der Gärreste) wurden nicht berücksichtigt, da sie zwar berichtet werden, aber vor Überprüfung der deutschen NH_3-Gesamtemissionen auf Einhaltung der Emissionsobergrenze durch Adjustment wieder abgezogen werden, siehe Kapitel 1.

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 geschätzen Mittelwert der Unsicherheit gerechnet. Der exakte Wert dieser geschätzten Unsicherheit erwies sich als ohne sichtbaren Einfluss auf die Gesamtunsicherheit des Ammoniak-Inventars.
- Zu den Emissionsfaktor-Unsicherheiten für das Wirtschaftsdünger-Management siehe Kapitel 14.5.

Analog zur Vorgehensweise bei der Gesamtunsicherheit des THG-Inventars (siehe Kapitel 14.6.4) werden bei den Sammelkategorien „Mineraldüngeranwendung“ und „Wirtschaftsdüngerausbringung“ die Unsicherheiten von Aktivitätsdaten und Emissionsfaktoren der jeweiligen Unterkategorien mittels Fehlerfortpflanzungsrechnung (siehe Kapitel 14.2) aggregiert. Nur die aggregierten Unsicherheiten gehen in die Berechnung der Gesamtunsicherheit des Ammoniak-Inventars ein.

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 Gesamtunsicherheit der Ammoniak-Emissionen der deutschen Landwirtschaft beträgt 10,7 % (gültig für das Jahr 2019). Die Gesamtunsicherheit wird überwiegend bestimmt durch die Unsicherheiten im Wirtschaftsdünger-Management von Milchkühen und Mastschweinen sowie in der Ausbringung von Mineraldünger und, vor allem, Wirtschaftsdünger.

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 Unsicherheit des Trends 1990 – 2019 liegt bei 3,6 %.

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 2019 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 2019 (*)	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 acticity data uncertainty	Square of the uncertainty introduced into the trend (*)
		Gg a^{-1}	Gg a^{-1}	%	%	%	$(\%)^2$	%	%	%	%	$(\%)^2$
Manure management, dairy cows	NH_3	62.2	50.4	4	36	36.2	12.2	0.01	0.07	0.27	0.40	0.23
Manure management, calves	NH_3	12.2	9.2	4	36	36.2	0.4	0.00	0.01	0.02	0.07	0.01
Manure management, dairy heifers	NH_3	70.5	46.4	4	36	36.2	10.4	0.01	0.06	0.23	0.36	0.19
Manure management, female beef cattle	NH_3	6.4	2.7	4	36	36.2	0.0	0.00	0.00	0.10	0.02	0.01
Manure management, male beef cattle	NH_3	30.8	17.6	4	36	36.2	1.5	0.01	0.02	0.23	0.14	0.07
Manure management, suckler cows	NH_3	7.8	9.2	4	36	36.2	0.4	0.00	0.01	0.17	0.07	0.04
Manure management, male cattle > 2 years	NH_3	2.4	1.0	4	36	36.2	0.0	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00
Manure management, sows	NH_3	33.4	17.6	4	36	36.2	1.5	0.01	0.02	0.33	0.14	0.13
Manure management, weaners	NH_3	7.1	4.7	4	36	36.2	0.1	0.00	0.01	0.02	0.04	0.00
Manure management, fattening pigs	NH_3	75.3	65.9	4	36	36.2	20.9	0.02	0.09	0.57	0.52	0.59
Manure management, boars	NH_3	1.3	0.2	20	36	41.2	0.0	0.00	0.00	0.04	0.01	0.00
Manure management, sheep	NH_3	2.7	1.5	10	36	37.4	0.0	0.00	0.00	0.02	0.03	0.00
Manure management, goats	NH_3	0.1	0.2	20	36	41.2	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Manure management, horses	NH_3	6.7	5.8	10	36	37.4	0.2	0.00	0.01	0.05	0.11	0.01
Manure management, laying hens	NH_3	11.4	7.9	10	36	37.4	0.3	0.00	0.01	0.02	0.16	0.02
Manure management, broilers	NH_3	5.1	12.3	10	36	37.4	0.8	0.01	0.02	0.43	0.24	0.25
Manure management, pullets	NH_3	1.9	1.0	10	36	37.4	0.0	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00
Manure management, geese	NH_3	0.2	0.1	10	36	37.4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manure management, ducks	NH_3	0.4	0.4	10	36	37.4	0.0	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Manure management, turkeys	NH_3	4.0	10.6	10	36	37.4	0.6	0.01	0.01	0.39	0.21	0.19
Manure spreading, all animals	NH_3	273.7	174.1	9.3	14.5	17.2	33.0	0.03	0.24	0.48	3.19	10.41
Animal grazing	NH_3	22.2	12.8	20.0	150.0	151.3	13.7	0.00	0.02	0.68	0.50	0.72
Mineral fertilizers	NH_3	78.8	68.1	0.5	32.0	32.0	17.5	0.02	0.09	0.49	0.07	0.24
Sewage sludge	NH_3	3.7	1.7	20	50	53.9	0.0	0.00	0.00	0.06	0.07	0.01
Total		720.3	521.6	Uncertainty of 2018 emissions (percentage) →			10.7	Uncertainty of the trend (percentage) →				3.6

(*) For columns H and M the calculation procedures and the column heads differ from that described in EMEP (2019), 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 $(\%)^2$ in order to be consistent with the calculation procedures.

15 References / Quellenverzeichnis

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 - 2017) Rinderproduktion in Deutschland 1992 (and subsequent years). Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter, Bonn

AMI – AGRARMARKT INFORMATIONS-GMBH. Markt Bilanz Milch (2011)

AMI – AGRARMARKT INFORMATIONS-GMBH. Markt Bilanz Milch (2012)

AMI – AGRARMARKT INFORMATIONS-GMBH. Markt Bilanz Milch (2013)

AMI – AGRARMARKT INFORMATIONS-GMBH. Markt Bilanz Milch (2014)

AMI – AGRARMARKT INFORMATIONS-GMBH. Markt Bilanz Milch (2015)

AMI – AGRARMARKT INFORMATIONS-GMBH. Markt Bilanz Milch (2017)

AMI – AGRARMARKT INFORMATIONS-GMBH. Markt Bilanz Milch (2018)

AMI – AGRARMARKT INFORMATIONS-GMBH. Markt Bilanz Milch (2019)

AMI – AGRARMARKT INFORMATIONS-GMBH. Markt Bilanz Milch (2020)

AMON B, AMON TH, BOXBERGER J, ALT CH (2001) Emissions of NH_3, N_2O, and CH_4 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 [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_l1/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 Ferkelereugung 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 Ferkelereugung 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 Ferkelereugung 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. Klimabilanz der energetischen Nutzung von Biogas aus Wirtschaftsdüngern und nachwachsenden Rohstoffen. LfL-Information, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising-Weihenstephan, 12 p

BAILEY RE (2001) Global hexachlorobenzene emissions. Chemosphere, 43(2), 167-182.

BALDWIN RL, MCLEOD KR, KLOTZ JL (2003) Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre-ruminant and postweaning ruminant. J Dairy Sci 87, E55-E65

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 p
BERK J (2010) Faustzahlen zur Haltung von Mastgeflügel. Geflügeljahrbuch 2011. Ulmer, Stuttgart, 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 p
BD - BERATUNGSDIENST SCHWEINEHALTUNG UND SCHWEINEZUCHT E.V. (2011): Schweinereport Baden-Württemberg. Wirtschaftsjahr 2009/2010. Heft 5, Bad Mergentheim.
BGBL - Bundesgesetzblatt (2004) DirektZahlVerpflV; Direktzahlungen-Verpflichtungenverordnung vom 4. November 2004 (BGBl. I S. 2778), zuletzt geändert durch Artikel 3 der Verordnung vom 15. Dezember 2011 (eBAnz 2011 AT144 V1); Verordnung über die Grundsätze der Erhaltung landwirtschaftlicher Flächen in einem guten landwirtschaftlichen und ökologischen Zustand.
BLE – BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (2018) Milcherzeugung und –verwendung. http://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/milch-milcherzeugnisse_node.html#doc8985378bodyText5 [08.10.2018]
BLE – BUNDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT UND ERNÄHRUNG (2020) Milcherzeugung und –verwendung. http://www.ble.de/DE/BZL/Daten-Berichte/Milch-Milcherzeugnisse/milch-milcherzeugnisse_node.html#doc8985378bodyText5 [12.08.2020]
BLUM JW (2002) Fütterung von Equiden. http://www.vetmed.unibe.ch/studvet/download/year23/NOZ/NOZ%20ss%202003/Pferdef%FCtterung_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 p
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
BMP II (2009) Biogas-Messprogramm II - 61 Biogasanlagen im Vergleich. Aktualisierte Auflage 2010. Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR). Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), 168 p
BMP III (2020) Biogas-Messprogramm III. Hrsg.: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzow-Prüzen, 176 p
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, 23 p
BRS – BUNDESVERBAND RIND UND SCHWEIN (2018, and subsequent years) Rinder- und Schweineproduktion in Deutschland 2017 (and subsequent years). Bundesverband Rind und Schwein, Bonn
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 (2019) Persönliche Mitteilung der Wirkstoffdaten, 2019.
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 (2019) CLRTAP Inventory Submissions 2019. http://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/status_reporting/2019_submissions/
CEIP – CENTRE ON EMISSIONS INVENTORIES AND PROJECTIONS (2020) CLRTAP Inventory Submissions 2020. https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2020-submissions
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.
DAMME K (2000) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2001. Ulmer, Stuttgart, pp. 197-207
DAMME K (2001) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2002. Ulmer, Stuttgart, pp. 181-192

DAMME K (2002) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2003. Ulmer, Stuttgart, pp. 193-204
DAMME K (2003) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2004. Ulmer, Stuttgart, pp. 68-79
DAMME K (2004) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2005. Ulmer, Stuttgart, 74-89
DAMME K (2005) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2006. Ulmer, Stuttgart, 60-76
DAMME K (2006) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2007. Ulmer, Stuttgart, 67-85
DAMME K (2009) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2010. Ulmer, Stuttgart, 87
DAMME K (2009) Deutliche Unterschiede zwischen den Genotypen. DGS Magazin 45/2009. Ulmer, Stuttgart, 17-21
DAMME K (2010) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2011. Ulmer, Stuttgart, 70
DAMME K (2013) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2014. Ulmer, Stuttgart, 79
DAMME K (2014) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2015. Ulmer, Stuttgart, 89
DAMME K (2015) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2016. Ulmer, Stuttgart, 93
DAMME K (2016) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2017. Ulmer, Stuttgart, 71
DAMME K (2017) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Geflügeljahrbuch 2018. Ulmer, Stuttgart, 91
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 Völkenrode, Special Issue 260
DÄMMGEN U (2005) Statistical Data for Animal Numbers in German Emission Inventories. Landbauforsch Völkenrode Special Issue 291, 223-230
DÄMMGEN U, AMON B, 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, LÜTTCH M, EURICH-MENDEN B, OSTERBURG B, HAENEL H-D, DÖRING U, STROGIES M (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 1. Emissionen. Landbauforsch Völkenrode Special Issue 291, 5-9
DÄMMGEN U, ERISMAN JW (2005) Emission, transmission, deposition and environmental effects of ammonia from agricultural sources. In: Kuczyński T, Dämmgen U, Webb J, Myczko (eds) Emissions from European Agriculture. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 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, LÜTTCH 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, 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 Völkenrode 52, 19-42
DÄMMGEN U, LÜTTICH M, DÖHLER H, EURICH-MENDEN B, OSTERBURG B (2005) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2006 for 2004. Landbauforsch Völkenrode Special Issue 291, 47-222
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 p
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 p

DLG - DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (1997) Futterwerttabellen für Wiederkäuer. DLG-Verlag, Frankfurt/M, 212 p

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 Nutztiere. Arbeiten der DLG/Band 199. DLG-Verlag, Frankfurt/Main, 69 p

DLG - DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (2008) Jungrinderaufzucht. Grundstein erfolgreicher Milcherzeugung. DLG-Verlag, Frankfurt/M, 64 p

DLG - DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (2008b) Empfehlungen zur Sauen- und Ferkelfütterung. DLG-Information 1/2008. DLG-Verlag, Frankfurt/M., 55 p

DLG - DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (ed.) (2014) Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere. Arbeiten der DLG/Band 199, 2. Auflage. DLG-Verlag, Frankfurt/Main., 119 p

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

DÜNGEMITTELVERORDNUNG (2012) Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln (Düngemittelverordnung - DüMV). In der Fassung vom 5. Dezember 2012 (BGBl. I pg. 2482)

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 pg.221)

DÜNGEVERORDNUNG (2017) Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) DüV vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S.1305), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 28. April 2020 (BGBl. I S. 846)

DWA - DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E.V. (ed.) (2004) Klärschlämme - Inhaltsstoffe und Bewertung. DWA, Hennef, 138 p

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

EMEP (2019) -EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2019, EEA Report No 13/2019. http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019

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]

ERZEUGERRING WESTFALEN (2018) Jahresbericht 2017. http://www.erzeugerring.com/jahresberichte/jahresberichte.html [04.06.2018]

ERZEUGERRING WESTFALEN (2019) Jahresbericht 2018. http://www.erzeugerring.com/jahresberichte/jahresberichte.html [08.08.2019]

ERZEUGERRING WESTFALEN (2020) Jahresbericht 2019. http://www.erzeugerring.com/jahresberichte/jahresberichte.html [25.05.2020]

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, pg. 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, pg. 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, RÖSEMANN C; NAGEL H-D, SPRANGER T, KLIMONT Z (2006) Die Analyse von Stickstoff-Flüssen in der Landwirtschaft zum Zweck der Politikberatung und der Berichterstattung – eine Übersicht über Datenflüsse und Datenmanagement. Teil 2. Transmission und Deposition. Landbauforsch Völkenrode Spezial Issue 291, 11-19

GEFLÜGELJAHRBUCH (2005) Jahrbuch des Zentralverbandes der Deutschen Geflügelwirtschaft e.V. und seiner Mitgliedsverbände. Ulmer, Stuttgart, 328 p

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 p

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 p

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 p

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 p

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 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 (2018) Review and update of the excretion rates of sheep and horses in the German emission inventory. Thünen Institute of Climate-Smart Agriculture, Working Group on Emission Inventories, Braunschweig/Germany (unpublished)

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 p

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. Thünen Institute Braunschweig, Germany. Thünen Report 57, 424 p

HAENEL H-D, RÖSEMANN C, DÄMMGEN U, DÖRING U, WULF S, EURICH-MENDEN B, FREIBAUER A, DÖHLER H, SCHREINER C, OSTERBURG B, FUß R (2020) Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990–2018. Report on methods and data (RMD). Submission 2020. Thünen Institute Braunschweig, Germany. Thünen Report 77, 448 p

HAENEL H-D, WULF S (2016): Berechnung von CH_4-, N_2O-, NO-, N_2- und NH_3-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

Häusler H (2012) Wie viel Milch geben Mutterkühe. http://www.raumberg-gumpenstein.at/filearchive/fodok_1_11728_12_2012_haeusler_milchleistung_mutterkuh.pdf [01.07.2019]

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 [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, 71-89.

HEIL G, HARTMANN W (1993) Amtliche Legeleistungsprüfung 1991/92: Zusammenfassende Auswertung. DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 8/1993, Ulmer, Stuttgart, 7-15

HEIL G, HARTMANN W (1994) Amtliche Legeleistungsprüfung 1992/93: Zusammenfassende Auswertung. DGS Deutsche Geflügelwirtschaft und Schweineproduktion 8/1994, Ulmer, Stuttgart, 6-14

HEIL G, HARTMANN W (1995) Amtliche Legeleistungsprüfung 1993/94: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 13/1995, Ulmer, Stuttgart, 18-29

HEIL G, HARTMANN W (1996) Amtliche Legeleistungsprüfung 1994/95: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 18/1996, Ulmer, Stuttgart, 10-21

HEIL G, HARTMANN W (1997) Amtliche Legeleistungsprüfung 1995/96: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 36/1997, Ulmer, Stuttgart, 12-22

HEIL G, HARTMANN W (1998) Amtliche Legeleistungsprüfung 1996/97: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 40/1998, Ulmer, Stuttgart, 20-31

HEIL G, HARTMANN W (2000) Amtliche Legeleistungsprüfung 1997/99: Zusammenfassende Auswertung. DGS Magazin 9/2000, Ulmer, Stuttgart, 10-17

HENRICHSMEYER W, CYPRIS CH, LÖHE W,MEUTH M, ISERMEYER F, HEINRICH I, SCHEFSKI A, NEANDER E, FASTERDING F, NEUMANN M, NIEBERG H (1996) Entwicklung des gesamtdeutschen Agrarsektormodells RAUMIS96. Endbericht zum Kooperationsprojekt. Forschungsbericht für das BMELF (94 HS 021), Bonn, Braunschweig

HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT, WIESBADEN
see Statistische Landesämter

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.hmulv.hessen.de/irj/HMULV_Internet?uid=24607118-ff12-701b-e592-63b5005ae75d

HMULV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2009) Jahresagrarbericht 2009.

HMULV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2010) Jahresagrarbericht 2010.

HMULV – HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2011) Jahresagrarbericht 2011. http://www.hessen.de/irj/HMULV_Internet?cid=8527e1d18ef246c2c1d4d79017bb47ec [20.7.2011]

HUBER J (undated): http://www.anderlbauer.de/0000009bb40e00207/0000009bb40ea1921/0000009bce0c7d84c/index.html [12.10.2016]

IGZ – INSTITUT FÜR GEMÜSE- UND ZIERPFLANZENBAU, GROßBEEREN/ERFURT (2011) Düngung im Freilandgemüsebau (3. Auflage). https://www.igzev.de/publikationen/IGZ_Duengung_im_Freilandgemuesebau.pdf

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 [2016-04-18]

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014) 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 [20.12.2017]

IUPAC – INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY (1993) Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry. 2nd ed., Blackwell, London, 160 p

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 [2009-12-17]

JUNGKUNST H F, FREIBAUER A (2005) Overview on emissions observations in Europe. In: Leip A (ed.) N_2O emissions from agriculture. Report on the expert meeting on "Improving the quality for greenhouse gas inventories for N_2O emissions from agricultural soils" under the mandate of the working group on annual inventories, Climate Change Commettee, Joint Research Centre, 21-22 October 2004, Ispra, 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, 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 p

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 oxigenated hydrocarbons to the total biogenic VOC emissions of selected Mid-European agricultural and natural plant species. Atmospheric Environment 29, 861-874

KRISTENSEN VF, KRISTENSEN T, AAES O, HANSEN OK (1998) The amount and composition of cattle faeces and urine and the excretion of N, P and K in faeces and urine. In: Poulsen HG, Kristensen VF (eds.) (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, 108 – 141

KRUIF A DE, MANSFELD R, HOEDEMAKER M (2006): Tierärztliche Bestandsbetreuung beim Milchrind. Stuttgart: Enke, 113

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2004) Betriebsplanung Landwirtschaft 2004/05. KTBL-Datensammlung. 19th ed., Darmstadt: KTBL, 573 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2005a) Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13th ed., Darmstadt: KTBL, 1095 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2005b): Methodenaktualisierung für die Emissionsberechung 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 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2006a) Nationaler Bewertungsrahmen Tierhaltungsverfahren. Methode zur Bewertung von Tierhaltungsanlagen hinsichtlich Umweltwirkungen und Tiergerechtheit. KTBL-Schrift 446, Darmstadt: KTBL, 778 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2006b) Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. KTBL-Datensammlung. 20th ed., Darmstadt: KTBL, 672 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2008a) Betriebsplanung Landwirtschaft 2008/09. KTBL-Datensammlung. 21st ed., Darmstadt: KTBL, 752 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2008b) Planungsdaten für die Haltung von Wasserbüffeln. https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Artikel/Tierhaltung/Andere_Tiere/Wasserbueffel/Wasserbueffelhaltung.pdf [21 Feb 2021]

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2009) Faustzahlen für die Landwirtschaft. 14th ed., Darmstadt: KTBL, 1179 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2010) Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11. KTBL-Datensammlung. 22nd ed., Darmstadt: KTBL, 784 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2013a) Faustzahlen Biogas, 3. Auflage. KTBL, Darmstadt, 360 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2014) Betriebsplanung Landwirtschaft 2014/15. KTBL-Datensammlung. 24th ed., Darmstadt: KTBL, 832 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2015) KTBL-Produktivdatenbank: KTBL-Stoffliste, Stand 31. Januar 2015 (unpublished), Darmstadt, Germany.

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2016) Betriebsplanung Landwirtschaft 2016/17. KTBL-Datensammlung. 25th ed., Darmstadt: KTBL, 768 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2018) Betriebsplanung Landwirtschaft 2018/19. KTBL-Datensammlung. 26th ed., Darmstadt: KTBL, 776 p

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2019) Ableitung der Standard-N-Ausscheidung einer Mutterkuh für das Emissionsinventar. Darmstadt, Germany.

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2020a) Documentation on the generation of activity data on biogas for the National Inventory Report, Submission 2021. Darmstadt, Germany.

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2020b) Berechnung des Anfangsgewichts der Milchkuh. Darmstadt, Germany.

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2020c) Überprüfung des Mehrbedarfs an Energie bei Weidehaltung von Milchkühen, Mutterkühen und Färsen. Darmstadt, Germany.

KTBL – KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT (2021) Überprüfung der Berechnung von Kot-Stickstoff-Ausscheidungen durch Milchkühe im deutschen Emissionsinventar. Darmstadt, Germany.

LABER H (2005) Biologische N_2-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 ^{15}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, LÆRKE PE, MALJANEN M, MANDER Ü, MÄKIRANTA P, MINKKINEN 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.) (2003): Leitfaden für die Düngung von Acker- und Grünland. 7. überarbeitete Auflage 2003, 82 p

LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2004a) Basisdaten für die Ermittlung des Düngebedarfs und Umsetzung der Düngeverordnung, Stand Dezember 2004. http://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/mineralisch/10536/

LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2004b) Futterberechnungen für Schweine. 14th ed. Freising. LfL. http://www.lfl.bayern.de/publikationen/daten/informationen_url_1_27.pdf [23.03.2011]

LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2004c) Perspektiven, Strukturentwicklung und Wettbewerbsfähigkeit der Ferkelerzeungung 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 [20.02.2013]

LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2006b) Tabellen zum ILB-Internet-Beitrag „Ferkelerzeugung 2995/96: Rückgang in der Wirtschaftlichkeit trotz Leistungsprüfung“. http://www.lfl.bayern.de/ilb/tier/23602/linkurl_0_10.pdf [24.07.2007]

LFL – BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (ed.) (2011) Gruber Tabellen zur Fütterung der Milchkühe, Zuchtrinder, Mastrinder, Schafe, Ziegen. 33th ed., Freising, LfL. 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 [04.07.2013]

LIU X J, MOSIER A R, HALVORSON A, REULE C A, ZHANG F S (2007) Dinitrogen and N_2O emissions in arable soils: Effects of tillage, N source and soil mositure. 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

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 [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 [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 [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 [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 [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 [05.04.2016]

LKV-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2018a) LKV Fleischleistungsprüfung 2016 - Ferkelerzeugung. http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp_16_fe.pdf [27.03.2018]

LKV-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2018b) LKV Fleischleistungsprüfung 2016 - Schweinemast. http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp_16_sm.pdf [27.03.2018]

LKV-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2019) Fleischleistungsprüfung in Bayern 2017. http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp_jahresbericht2017.pdf [08.08.2019]

LKV-BY – LANDESKURATORIUM DER ERZEUGERRINGE FÜR TIERISCHE VEREDELUNG IN BAYERN E. V. (2020) Fleischleistungsprüfung in Bayern 2018. http://www.lkv.bayern.de/lkv/medien/Jahresberichte/flp_jahresbericht2018.pdf [10.03.2020]

LKV-SN – SÄCHSISCHER LANDESKONTROLLVERBAND E.V. (2012) Jahresbericht 2011. 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 [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 [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&dlid=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&dlid=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&dlid=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]

LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2019) Jahresbericht 2018. https://www.lkv-st.de/?name=content&csid=7 [08.08.2019]

LKV-ST – LANDESKONTROLLVERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNG SACHSEN-ANHALT E.V. (2020) Jahresbericht 2019. https://www.lkv-st.de/index.php?name=content&csid=7 [25.05.2020]

LSZ-BW – 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_l1/LSZ_Schweinereport%20Kurzfassung-07.pdf [24.07.2007]

LSZ-BW – 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_l1/LSZ_Schweinemast_Schweinereport_doc.pdf [17.06.2008]

LSZ-BW – 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_l1/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport.pdf [17.06.2008]

LSZ-BW – 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-BW – 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_l1/LSZ_Ferkelerzeugung_Schweinereport2009.pdf [17.05.2010]

LSZ-BW – 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_l1/LSZ_Teil%201_Ferkelerzeugung_Schweinereport2010%20biol.pdf [20.07.2011]

LSZ-BW – LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT BOXBERG, Baden-Württemberg (2018) Schweinereport Baden-Württemberg. Wirtschaftsjahr 2016/2017. Heft 12.

LSZ-BW – LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT BOXBERG, Baden-Württemberg (2019) Schweinereport Baden-Württemberg. Wirtschaftsjahr 2017/2018. Heft 13.

LSZ-BW – LANDESANSTALT FÜR SCHWEINEZUCHT BOXBERG, Baden-Württemberg (2020) Schweinereport Baden-Württemberg. Wirtschaftsjahr 2018/2019. Heft 14.

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 [20.07.2011]

LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2011) Schweinereport 2011. 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 [07.05.2013]

LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2013) Schweinereport 2013. 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 [14.07.2015]

LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2015) Schweinereport 2015. 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 [03.03.2017]

LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2017) Schweinereport 2017. https://www.lksh.de/fileadmin/dokumente/Landwirtschaft/Tier/Schweine/Schweinereport_2017.pdf [27.03.2018]

LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2018) Schweinereport 2018. https://www.ssbsh.de/wp-content/uploads/2019/01/Schweinereport-2018-allgemein.pdf [08.08.2019]

LWK-SH – LANDWIRTSCHAFTSKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN (2019) Schweinereport 2019. https://www.lksh.de/fileadmin/PDFs/Landwirtschaft/Tier/Schweinereport_2019.pdf [10.03.2020]

MATHIEU O, LÉVÊQUE J, HÉNAULT C, MILLOUX M-J, BIZOUARD F, ANDREUX F (2006) Emissions and spational variabiliy of N_2O, N_2 and nitrous oxide mole fraction at the field scale, revealed with ^{15}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.

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.mluv.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

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

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

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

MMB (2016) Berechnung des potenziellen Legehennenbestandes auf neuer Basis. DGS Magazin 28/2016, Ulmer, Stuttgart, 6

MONTEITH JL (1984) Consistency and convenience in the choice of units for agricultural science. Expl Agric 20, 105-117

MONTENY GJ, ERISMAN JW (1999) Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of meaasurement 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. Klärschlammentsorgung in Europa. Berichte zur Umwelt. Bereich Abfall, Vol. 6., 374 p

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 [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, Pelikan J, Rösemann C, Salamon P (2018) Thünen-Baseline 2017 – 2027: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland. Braunschweig, Johann Heinrich von Thünen-Insitut, Thünen Report 56, 116

Osterburg B, Dämmgen U (2009) Annahmen für die Prognose der Gasemissionenen aus der deutschen Landwirtschaft im Jahr 2010, 2015 und 2020. In: Dämmgen U (ed) (2009) Calculations of emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR) 2009 for 2007. vTI Agricultural and Forestry Research, Special Issue 324, 397-410

Oura N, Shindo J, Fumoto T, Toda H, Kawashima H (2001) Effects of nitrogen deposition on nitrous oxide from the forest floor. Water Air Soil Pollut 130, 673-687

Pennstate College of Agricultural Sciences (2011) Calf Rumen Images. http://www.das.psu.edu/research-extension/dairy/nutrition/calves/rumen [15.02.2011]

Petersen J (1993) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1994. Ulmer, Stuttgart, 160-173

Petersen J (1994) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1995. Ulmer, Stuttgart, 164

Petersen J (1995) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1996. Ulmer, Stuttgart, 181

Petersen J (1996) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1997. Ulmer, Stuttgart, 176-191

Petersen J (1997) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1998. Ulmer, Stuttgart, 192

Petersen J (1998) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 1999. Ulmer, Stuttgart, 193

Petersen J (1999) Faustzahlen zur Betriebwirtschaft. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2000. Ulmer, Stuttgart, 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

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

QNETICS (2019) Jahresbericht Thüringen 2018. https://www.tvlev.de/cms/sites/default/files/downloads/publikationen/QControl_2018.pdf [08.08.2019]

QNETICS (2020) Jahresbericht Thüringen 2019. https://www.qnetics.de/qualität/milchleistungspruefung/QControl_2019_Internet_kleiner.pdf [25.05.2020]

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

Regulation (EU) 2019/677: Commission Implementing Regulation (EU) 2019/677 of 29 April 2019 concerning the non-renewal of the approval of the active substance chlorothalonil, in accordance with Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the Council concerning the placing of plant protection products on the market, and amending Commission Implementing Regulation (EU) No 540/2011, http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2019/677/oj

Reichenbach S (2011) http://www.kamerunschafe-aus-eichelborn.de/kamerunschafe/fütterung/fütterung-der-mutterschafe-und-lämmeraufzucht/ [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_3 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 measurment of denitrification: I. Flux of N_2 and N_2O- Soil Sci Soc Amer J 42, 863-869

Rom HB, Sorensen CG (2001) Sustainable Handling and Utilisation of Livestock Manure from Animals to Plants. Proceedings, NJF-Seminar no. 320, Denmark, 16-19 January 2001. DIAS report Animal Husbandry no. 21. http://www.agrsci.dk/djfpublikation/djfpdf/djfhd21.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, 389 p

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, 386 p

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, 372 p

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, 424 p

RÖSEMANN C, HAENEL H-D, DÄMMGEN U, FREIBAUER A, DÖRING U, WULF S, EURICH-MENDEN B, DÖHLER H, SCHREINER C, OSTERBURG B (2019) Calculations of gaseous and particulate emissions from German Agriculture 1990 – 2017. Thünen Report 67, 432 p

ROTH U, DÖHLER H, HARTMANN S, WULF S (2011) Treibhausgasbilanzen und CO2eq-Vermeindungskosten landwirtschaftlicher Biogasanlagen. In: Biogas in der Landwirtschaft – Stand und Perspektiven. KTBL-Schrift 488, Darmstadt, 196-208

RUDAZ AO, WÄLTI E, KYBURZ G, LEHMANN P, FUHRER J (1999) Temporal variation in N_2O and N_2 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

SCHULTHEIß 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_l1/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

SESKEVICIENE J, JANKOWSKI J, KOZLOWSKI S (2005) Effect of probiotic preparation and phytogeneous feed additive on digestibility of nutrients, metabolizibility of gross energy and content of metabolizable energy of a practical feed ration for fattening turkeys. Arch. Geflugelkd. 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 Tierzuchtreport 2003. http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/9203.htm

SLL – SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT (2007). Umsetzung der Düngeverordnung. Hinweise und Richtwerte für die Praxis. https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/15242

SLULG – SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE (2019). Datensammlung Düngerecht. Tabelle 3: Nährstoffgehalte von Gemüsekulturen und Erdbeeren. https://www.landwirtschaft.sachsen.de/download/Tab_3_Naehrstoffgehalte_Gemuese_Erdbeeren_2019-02-19.pdf

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

SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2002). Sächsischer Agrarbericht 2002. 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

SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2005). Sächsischer Agrarbericht 2004 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

SMUL – STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT, SACHSEN (2009). Schweine-Report 2008 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 (20012). Tierzuchtreport 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

SPIEKERS H, RÖSEMANN C (2018) Nutzung der Daten zur Validierung der Maßgaben zur Berechnung der Nährstoffausscheidungen und des Emissionsinventars. In: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (Hrsg.), Verbundprojekt optiKuh, Abschlussveranstaltung 30.-31.01.2018, Braunschweig, LfL-Schriftenreihe 2/2018, S. 106 – 110. https://www.lfl.bayern.de/mam/cms07/publikationen/daten/schriftenreihe/verbundprojekt-optikuh-abschluss-2018_lfl-schriftenreihe.pdf [15.10.2020]

Spindler B (2008) Planungsdaten für die Haltung von Wasserbüffeln. KTBL-Fachartikel. https://www.ktbl.de/fileadmin/user_upload/Artikel/Tierhaltung/Andere_Tiere/Wasserbueffel/Wasserbueffelhaltung.pdf [19.07.2019]

STATBA FS3 R3 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 3: Landwirtschaftliche Bodennutzung und pflanzliche Erzeugung. Wiesbaden : Statistisches Bundesamt

STATBA FS3 R3.1.3 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 3.1.3: Gemüseerhebung – Anbau und Ernte von Gemüse und Erdbeeren. Wiesbaden : Statistisches Bundesamt

STATBA FS3 R3.2.1 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 3.2.1: Wachstum und Ernte - Feldfrüchte. Wiesbaden : Statistisches Bundesamt

STATBA FS3 R4 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4: Viehbestand und tierische Erzeugung. Wiesbaden : Statistisches Bundesamt

STATBA FS3 R4.1 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4.1: Viehbestand (annual reports). Wiesbaden : Statistisches Bundesamt

STATBA FS3 R4.2.1 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4.2.1 Schlachtungen und Fleischerzeugung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

STATBA FS3 R4.2.2 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4.2.2 Milcherzeugung und –verwendung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

STATBA FS3 R4.2.3 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Reihe 4.2.3 Geflügel. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

STATBA FS4 R8.2 - Statistisches Bundesamt (annual reports). Fachserie 4: Produzierendes Gewerbe. Reihe 8.2 Düngemittelversorgung. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

STATISTISCHE LANDESÄMTER

Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, Hamburg and Kiel
Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin
Statistisches Amt Saarland, Saarbrücken
Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart
Statistisches Landesamt Berlin, Berlin (until 2006)
Statistisches Landesamt Bremen, Bremen
Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen, Kamenz
Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, Bad Ems
Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Halle/Saale

Reihen (published in 19XX or 20XX) by Statistische Landesämter

Reihe C III 2-j/XX Schlachtungen und Fleischerzeugung
Reihe C III 3-j/XX Milcherzeugung
Reihe C III 6-j/XX Brut und Schlachtungen von Geflügel
Reihe C III 7-j/XX Legehennenhaltung und Eiererzeugung
Reihe C III-1-j/XX Viehbestand
Reihe C II-j/XX Ernteberichterstattung und Feldfrüchte
Reihe C I-j/XX: Bodennutzung

STATISTISCHES BUNDESAMT GENESIS Online-Datenbank. https://www-genesis.destatis.de/genesis/online/logon

STEHFEST E, BOUWMAN L (2006) N_2O 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

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, EBLI M, EICKENSCHEIDT 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, ROSSKOPF 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

TIEMEYER B, FREIBAUER A, BORRAZ EA, AUGUSTIN J, BECHTOLD M, BEETZ S, BEYER C, DRÖSLER M, EBLI M, EICKENSCHEIDT T, FIEDLER S, FÖRSTER C, GENSIOR A, GIEBELS M, GLATZEL S, HEINICHEN J, HOFFMANN M, HÖPER H, JURASINSKI G, LAGGNER A, LEIBER-SAUHEITL K, PEICHL-BRAK M, DRÖSLER M (2020) A new methodology for organic soils in national greenhouse gas inventories: Data synthesis, derivation and application. Ecological Indicators, 109 (2020) 105838.

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

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, 54-56

TÜLLER R (1999) Faustzahlen zur Geflügelmast. Jahrbuch für die Geflügelwirtschaft 2000. Ulmer, Stuttgart, 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 [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 [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 [22.03.2017]

TVL – THÜRINGER VERBAND FÜR LEISTUNGS- UND QUALITÄTSPRÜFUNGEN IN DER TIERZUCHT E.V. (2018) Jahresbericht 2017. https://www.tvlev.de/cms/sites/default/files/downloads/publikationen/TVL%20Jahresbericht%202017.pdf [27.03.2018]

UBA – UMWELTBUNDESAMT (2008) Deutsches Treibhausgasinventar 1990 – 2006. Nationaler Inventarbericht 2008. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen. Umweltbundesamt, Berlin, 534 p

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, 191 p

UBA – UMWELTBUNDESAMT (2016b): Qualitätsystem Emissionsinventare – QSE Handbuch. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 235 p, unveröffentlicht.

UFOP – UNION ZUR FÖRDERUNG VON OEL- UND PROTEINPFLANZEN (2004) Anbauratgeber Süßlupine. UFOP-Praxisinformationen. 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

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 (2020) National Inventory Submissions 2020. https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020

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_2O and N_2 emissions. Nutrient Cycling Agroecosystems 52, 187-194

VANDRÉ R, WULF S, HÄUßERMANN U, HORLACHER, D (2012) N_2O 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, 15 p

VANDRÉ R, WULF S, HÄUßERMANN U, HORLACHER, D (2012) N_2O emissions from solid manure storage - Calculation of a national emission factor. LANDTECHNIK 68(1), 38-42

VAN ROSSUM, G., DRAKE, F. L. (2009). Python 3 Reference Manual. Scotts Valley, CA: CreateSpace.

VERMOESEN A, VAN CLEEMPUT O, HOFMAN G (1996) Long-term measurements of N_2O 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 p

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_2- und N_2O-Emissionen aus dem Boden. PhD Thesis Universität Hannover, Fachbereich Gartenbau, 130 p

WEBB J (2001) Estimating the protential for ammonia emissions from livestock excreta and manures. Environmental Pollution 111, 395-406.

WEIER KL, MACRAE IC, MYERS RJK (1993) Denitrification in a clay soil under pasture and annual ctop: 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 [15 Sept 2014]

WIEDMANN S, DAMME K (2008) Klare Unterschiede 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 - 70	siehe http://www.thuenen.de/de/infothek/publikationen/thuenen-report/
71	Thomas Schmidt, Felicitas Schneider, Dominik Leverenz, Gerold Hafner **Lebensmittelabfälle in Deutschland – Baseline 2015 –**
72	Friederike Mennicke, Martin Ohlmeyer, Vera Steckel, Jörg Hasener, Julia Borowka, Joachim Hasch **Entwicklung einer Prüfmethode für die schnelle Bestimmung von VOC aus Holzprodukten zur frühzeitigen Ableitung des langfristigen Emissionsverhaltens und Qualitätskontrolle bei der Herstellung von Holzwerkstoffen**
73	Thomas Schmidt, Sandra Baumgardt, Antonia Blumenthal, Bernhard Burdick, Erika Claupein, Walter Dirksmeyer, Gerold Hafner, Kathrin Klockgether, Franziska Koch, Dominik Leverenz, Marianne Lörchner, Sabine Ludwig-Ohm, Linda Niepagenkemper, Karoline Owusu-Sekyere, Frank Waskow **Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen - Pathways to reduce food waste (REFOWAS)** Maßnahmen, Bewertungsrahmen und Analysewerkzeuge sowie zukunftsfähige Ansätze für einen nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln unter Einbindung sozio-ökologischer Innovationen - Volume 1
73	Thomas Schmidt, Sandra Baumgardt, Antonia Blumenthal, Bernhard Burdick, Erika Claupein, Walter Dirksmeyer, Gerold Hafner, Kathrin Klockgether, Franziska Koch, Dominik Leverenz, Marianne Lörchner, Sabine Ludwig-Ohm, Linda Niepagenkemper, Karoline Owusu-Sekyere, Frank Waskow **Wege zur Reduzierung von Lebensmittelabfällen - Pathways to reduce food waste (REFOWAS)** Maßnahmen, Bewertungsrahmen und Analysewerkzeuge sowie zukunftsfähige Ansätze für einen nachhaltigen Umgang mit Lebensmitteln unter Einbindung sozio-ökologischer Innovationen - Volume 2 (Anhang)
74	Jan T. Benthien, Susanne Gäckler, Martin Ohlmeyer **Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Durchtrittbeständigkeit von Pferdebox-Ausfachungsbohlen sowie Entwicklung von Alternativen zu derzeit verwendeten Ausfachungsmaterialien für den Bau von Pferdeboxen**
75	Sophie Drexler, Gabriele Broll, Axel Don, Heinz Flessa **Standorttypische Humusgehalte landwirtschaftlich genutzter Böden Deutschlands**
76	Mirko Liesebach (ed.) **Forstpflanzenzüchtung für die Praxis, 6. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 16. bis 18. September 2019 in Dresden, Tagungsband**
77	Hans-Dieter Haenel, Claus Rösemann, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg, Roland Fuß **Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2018** **Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2018**
78	Alexandra Purkus, Jan Lüdtke, Dominik Jochem, Sebastian Rüter, Holger Weimar **Entwicklung der Rahmenbedingungen für das Bauen mit Holz in Deutschland: Eine Innovationssystemanalyse im Kontext der Evaluation der Charta für Holz 2.0**
79	Peter Elsasser, Kerstin Altenbrunn, Margret Köthke, Martin Lorenz, Jürgen Meyerhoff **Regionalisierte Bewertung der Waldleistungen in Deutschland**

80	Lutz Laschewski, Andreas Tietz **Auswirkungen überregional aktiver Investoren in der Landwirtschaft auf ländliche Räume : Ergebnisse aus zwei Fallstudien**
81	Martin Ohlmeyer, Friederike Mennicke, Saskia Poth **Erarbeiten eines objektiven Verfahrens unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Holz und Holzwerkstoffen bei der Bewertung ihres Einflusses auf die Innenraumluftqualität (HoInRaLu), TV 1: Untersuchungen unter realen Raumluftbedingungen**
82	Marlen Haß, Martin Banse, Claus Deblitz, Florian Freund, Inna Geibel, Alexander Gocht, Peter Kreins, Verena Laquai, Frank Offermann, Bernhard Osterburg, Janine Pelikan, Jörg Rieger, Claus Rösemann, Petra Salamon, Maximilian Zinnbauer, Max-Emanuel Zirngibl **Thünen-Baseline 2020 – 2030: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland**
83	Marc Simon Weltersbach, Carsten Riepe, Wolf-Christian Lewin, Harry V. Strehlow **Ökologische, soziale und ökonomische Dimensionen des Meeresangelns in Deutschland**
84	Claus Rösemann, Hans-Dieter Haenel, Cora Vos, Ulrich Dämmgen, Ulrike Döring, Sebastian Wulf, Brigitte Eurich-Menden, Annette Freibauer, Helmut Döhler, Carsten Schreiner, Bernhard Osterburg, Roland Fuß **Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2019** **Berechnung von gas- und partikelförmigen Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft 1990 – 2019**

THÜNEN

Thünen Report 84

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Johann Heinrich von Thünen-Institut
Bundesallee 50
38116 Braunschweig
Germany

www.thuenen.de

ISBN 978-3-86576-222-1

9 783865 762221