

**Aus dem Institut für Agrarökologie  
und dem  
Institut für Betriebswirtschaft**

**Ulrich Dämmgen  
Helmut Döhler  
Bernhard Osterburg**

**Manfred Lüttich  
Brigitte Eurich-Menden**

**Calculations of emissions from German agriculture -  
national emission inventory report (NIR) 2004 for 2002  
*pt. 1, report***

Manuskript, zu finden in [www.fal.de](http://www.fal.de)

Published in: Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 260,  
pp. 7-32

**Braunschweig  
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)  
2004**

Errata

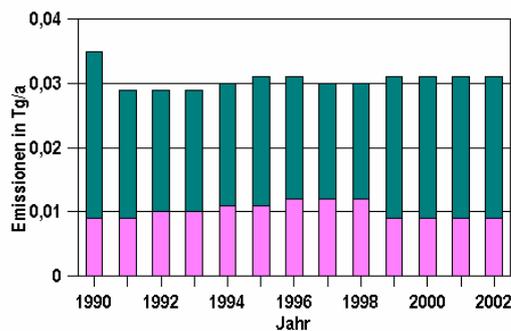
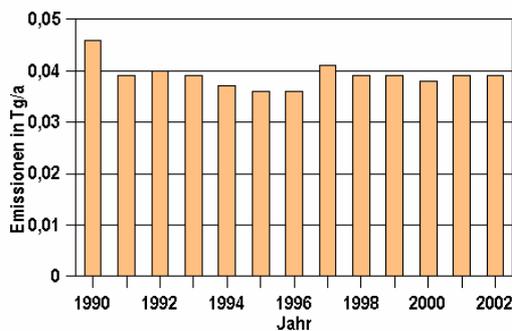
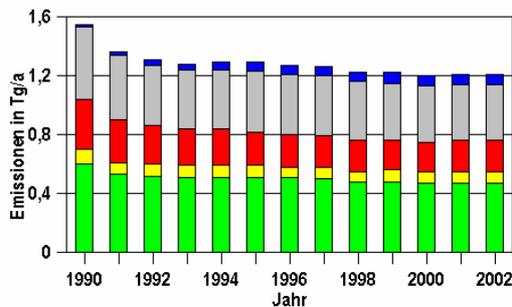
Landbauforschung  
Völkenrode  
FAL Agricultural Research

Nationaler Inventarbericht 2004 —  
Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention  
der Vereinten Nationen —  
Teilbericht für die Quellgruppe Landwirtschaft

herausgegeben von  
Ulrich Dämmgen

In den nationalen Inventarbericht 2004 haben sich einige Fehler eingeschlichen, die wir zu korrigieren bzw. zu beachten bitten.

• Seite 11, Abbildung 2 ersetzen



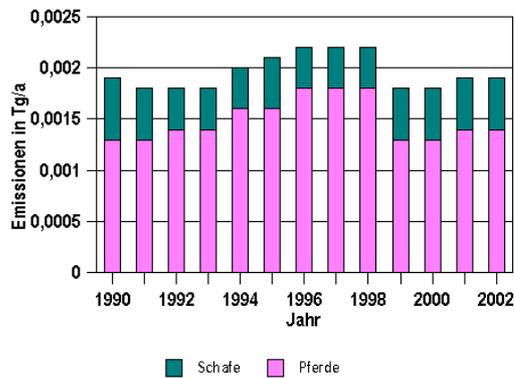
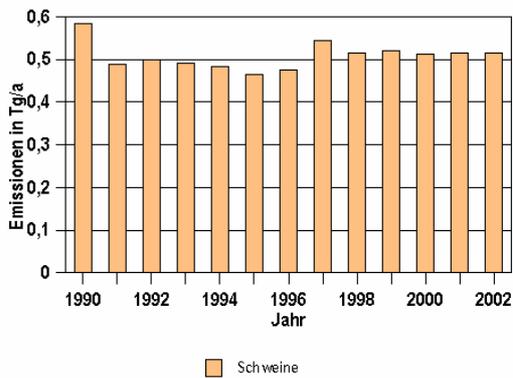
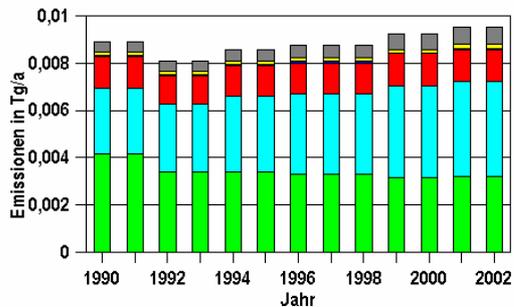
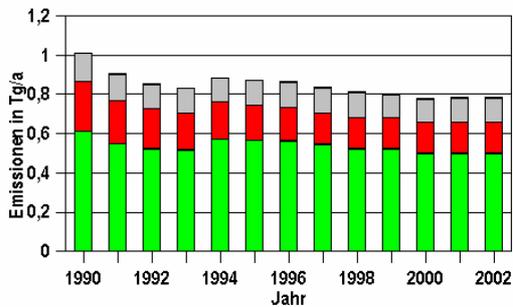
Schweine

Schafe Pferde

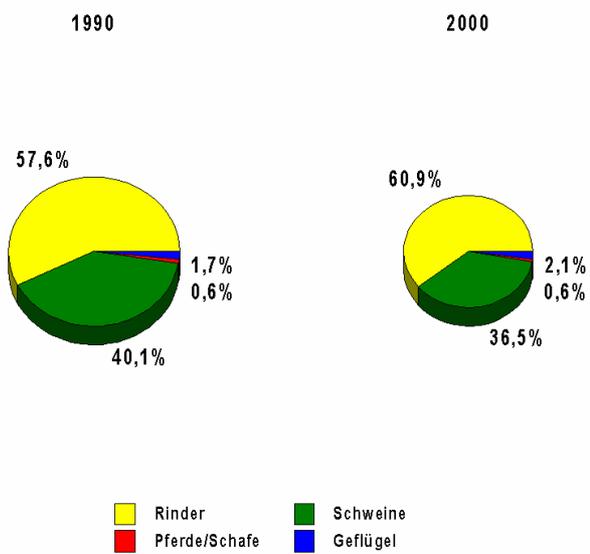
• Seite 17, Tabelle 4, Spalte 2

$E_{CH_4}$  für 1990: 1,61 statt 1,16 Tg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>

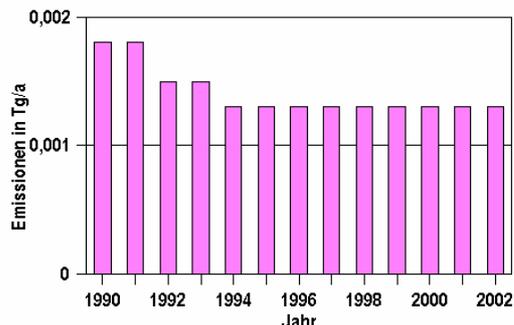
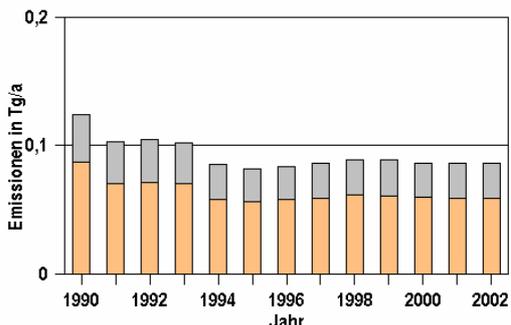
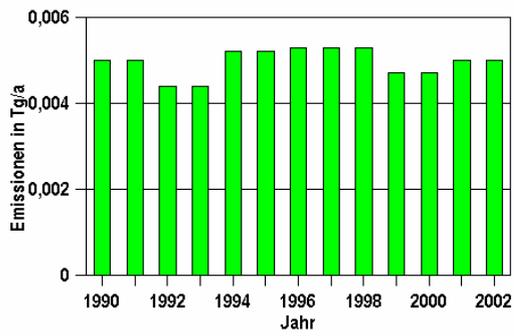
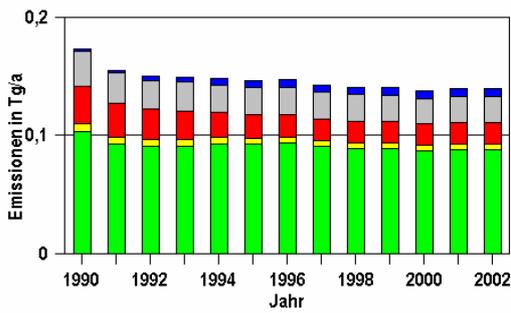
• Seite 17, Abbildung 4 ersetzen



• Seite 18, Abbildung 5 ersetzen



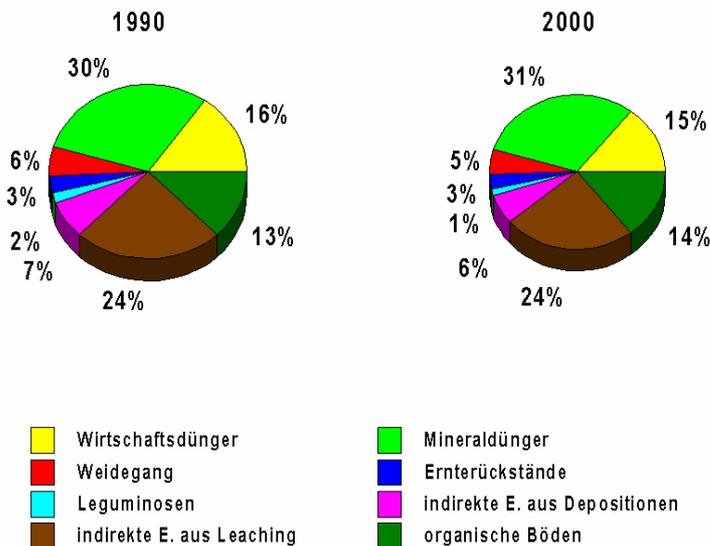
• Seite 18, Abbildung 6 ersetzen



• Seite 26, Tabelle 11 ersetzen

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{N_2O}$	141	130	125	121	115	120	120	119	121	123	125	121	120
$E_{NO}$	65	59	57	55	51	54	55	54	55	56	57	55	54
$E_{NH_3}$	121	111	104	106	98	108	109	109	114	120	121	129	129

• Seite 26, Abbildung 11 ersetzen





• Seite 50, Tabelle EM1001.05 ersetzen

Tabelle EM1001.05:  $\sum$  N<sub>2</sub>O-Emissionen aus gedüngten Kulturen in Gg a<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

$\sum$  N<sub>2</sub>O emissions from cultures with fertilizers in Gg a<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O

Bericht: CRF/NFR 4D1

Rechenverfahren: Summe der Emissionen aus Tabelle EM1001.02 bis EM1001.04

Stand: September 2003

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Baden-Württemberg	4,5	3,8	3,8	3,7	3,7	4,1	4,4	4,4	4,1	4,6	4,7	4,2	4,1
Bayern	13,5	13,4	12,5	11,5	11,3	11,3	11,3	11,5	11,8	11,7	12,7	11,3	11,2
Brandenburg	6,3	5,8	5,5	5,3	4,9	5,2	5,5	5,3	5,2	5,5	5,3	5,4	5,3
Hessen	2,3	2,4	2,0	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,1	2,4	2,4	2,1	2,2
Mecklenburg-Vorpommern	9,0	8,4	7,9	7,6	6,7	7,4	7,1	6,6	7,2	6,9	7,2	7,4	7,2
Niedersachsen	17,8	16,5	17,1	16,8	16,6	17,6	17,3	17,0	17,0	17,3	17,0	17,0	16,8
Nordrhein-Westfalen	8,5	7,5	8,1	8,4	7,7	7,5	7,3	7,1	7,2	8,2	8,0	7,1	6,8
Rheinland-Pfalz	1,9	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,6	1,6	1,6	1,1	1,1	1,3	1,4
Saarland	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Sachsen	3,1	2,6	2,3	2,2	1,9	2,6	2,3	2,3	2,5	2,7	2,7	2,6	2,8
Sachsen-Anhalt	4,9	4,4	4,0	3,7	3,1	3,3	3,8	3,6	3,8	4,2	4,4	4,5	4,2
Schleswig-Holstein	7,0	6,7	6,4	6,5	6,5	6,8	6,6	6,6	6,7	6,6	6,8	6,9	6,7
Thüringen	2,6	2,3	2,1	2,0	1,6	1,8	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1
Stadtstaaten	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Deutschland	81,6	76,2	73,8	71,4	67,8	71,3	71,2	70,4	71,4	73,3	74,5	72,0	71,1
Deutschland in Tg a <sup>-1</sup>	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07

• Seite 93, Tabelle ersetzen

Zusammenstellung: Summe der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft in Tg a<sup>-1</sup>

Summary: Total emissions from German agriculture in Tg a<sup>-1</sup>

Schadstoff (Kurzname)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
NH <sub>3</sub>	0,70	0,62	0,61	0,60	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,59	0,59
N <sub>2</sub> O	0,16	0,14	0,14	0,13	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
CH <sub>4</sub>	3,21	2,81	2,70	2,65	2,71	2,68	2,67	2,68	2,61	2,59	2,53	2,55	2,55
NO	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
NMVOG - C	0,30	0,27	0,26	0,26	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23
NMVOG - S	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Pestizide - C	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Limestone - CO <sub>2</sub>	2,48	1,88	1,40	1,41	1,21	1,45	1,49	1,55	1,76	1,79	2,01	1,72	1,81

## Calculations of Emissions from German Agriculture — National Emission Inventory Report (NIR) 2004 for 2002

### Berechnungen der Emissionen aus der Landwirtschaft — Nationaler Emissionsbericht (NIR) 2004 für 2002

#### Part 1: Report

#### Teil 1: Bericht

*Ulrich Dämmgen<sup>1</sup>, Manfred Lüttich<sup>1</sup>, Helmut Döhler<sup>2</sup>, Brigitte Eurich-Menden<sup>2</sup> and Bernhard Osterburg<sup>3</sup>*

#### Inhaltsübersicht

<b>1 Methodenübersicht</b>	<b>9</b>
<b>2 Landwirtschaftliche Quellen und die Quantifizierung ihrer Emissionen bzw. Depositionen in den Jahren 1990 bis 2002</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Fermentation bei Verdauung (4.A)</b>	<b>9</b>
2.1.1 Beschreibung der Quellgruppe (4.A)	9
2.1.2 Methodische Aspekte (4.A)	9
2.1.3 Emissionen (4.A)	10
2.1.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.A)	12
2.1.5 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.A)	12
2.1.6 Quellenspezifische Rückrechnungen (4.A)	12
2.1.7 Geplante Verbesserungen (quellenspezifisch) (4.A)	12
2.1.8 Hinweise auf Methoden und Daten	13
<b>2.2 Wirtschaftsdünger-Management (4.B)</b>	<b>13</b>
2.2.1 Beschreibung der Quellgruppe (4.B)	13
2.2.2 Methodische Aspekte (4.B)	13
2.2.3 Emissionen	15
2.2.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.B)	21
2.2.5 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.B)	21
2.2.6 Quellenspezifische Rückrechnungen (4.B)	21
2.2.7 Geplante Verbesserungen (quellenspezifisch) (4.B)	22
2.2.8 Hinweise auf Methoden und Daten	23
<b>2.3 Landwirtschaftliche Böden (4.D)</b>	<b>23</b>
2.3.1 Beschreibung der Quellgruppe (4.D)	23
2.3.2 Methodische Aspekte (4.D)	23
2.3.3 Emissionen	25
2.3.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.D)	27
2.3.5 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.D)	27
2.3.6 Quellenspezifische Rückrechnungen (4.D)	27
2.3.7 Geplante Verbesserungen (quellenspezifisch) (4.D)	28
2.3.8 Hinweise auf Methoden und Daten	29
<b>2.4 Brandrodung (4.E)</b>	<b>29</b>
<b>2.5 Verbrennen von Ernterückständen auf der Fläche (4.F)</b>	<b>29</b>
<b>2.6 Pestizide (4.G)</b>	<b>29</b>
2.6.1 Beschreibung der Quellgruppe (4.G)	29
2.6.2 Methodische Aspekte (4.G)	29
2.6.3 Emissionen	29

<sup>1</sup> Federal Agricultural Research Centre, Institute of Agroecology, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

<sup>2</sup> Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt, Germany

<sup>3</sup> Federal Agricultural Research Centre, Institute of Farm Economics and Rural Studies, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Germany

2.6.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.G)	29
2.6.5 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.G)	29
2.6.6 Quellenspezifische Rückrechnungen (4.G)	30
2.6.7 Geplante Verbesserungen (quellenspezifisch) (4.G)	30
2.6.8 Hinweise auf Methoden und Daten	30
<b>2.7 Kohlenstoffdioxid aus landwirtschaftlichen Böden (5.D)</b>	<b>30</b>
2.7.1 Beschreibung der Quellgruppe (5.D)	30
2.7.2 Methodische Aspekte (5.D)	30
2.7.3 Emissionen (5.D)	30
2.7.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D)	30
2.7.5 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.D)	30
2.7.6 Quellenspezifische Rückrechnungen (5.D)	30
2.7.7 Geplante Verbesserungen (quellenspezifisch) (5.D)	31
2.7.8 Hinweise auf Methoden und Daten	31
<b>3 Schritte zur Verbesserung der zukünftigen Inventare</b>	<b>31</b>
<b>4 Summe landwirtschaftlicher Emissionen</b>	<b>31</b>
<b>5 Prognosen landwirtschaftlicher Emissionen</b>	<b>31</b>
<b>6 Literatur</b>	<b>32</b>

## 1 Methodenübersicht

Die deutschen Inventare der Gase für

- Methan (CH<sub>4</sub>),
- Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe (NMVOC) und
- Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>),
- Ammoniak (NH<sub>3</sub>),
- Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O) und
- Stickstoffmonoxid (NO)

aus landwirtschaftlichen Quellen wurden unter Nutzung der jeweiligen Handbücher der United Nations Economic Commission for Europe (UN/ECE, zitiert als EMEP/CORINAIR 2003) und des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, zitiert als IPCC 1996, 2000) sowie nach weiteren dokumentierten Quellen erstellt. Die relevanten Emissionen von

- Distickstoff (N<sub>2</sub>)

sind für die Berechnungen indirekter Emissionen erforderlich. Sie wurden ebenfalls berücksichtigt.

Die Berechnungsmethoden und die Bereitstellung der Aktivitätsdaten sind in Teil 3 (Methoden und Daten - GAS-EM) ausführlich beschrieben:

Die Aktivitätsdaten wurden fast ausschließlich amtlichen Statistiken entnommen. Lücken, die bei den Neuen Bundesländern für die Jahre 1990 bis 1993 auftraten, wurden durch Expertenschätzung geschlossen. Die ausgebrachten Mengen an persistenten Pflanzenschutzmitteln wurden von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) übermittelt. Die Flächen landwirtschaftlich genutzter organische Böden wurden vom Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) ermittelt.

Für die in Deutschland zu behandelnden Tiere fehlen Zahlen für Ziegen, Esel und Maultiere völlig (sie sind allerdings auch nicht relevant; vgl. hierzu Teil 3, Kap. 4.4.3.1 und 4.4.5.1). Die Zahlen für Pferde werden nur teilweise durch die amtlichen Tierzählungen erfasst. Die jeweiligen Anzahlen der Pelztiere wurden durch BMVEL bei den einzelnen Ländern erfragt und teilweise geschätzt.

Wichtige Parameter, die die Haltung von Tieren, die Lagerung der Wirtschaftsdünger und ihre Ausbringung betreffen, wurden modelliert. (Siehe Dämmgen et al. 2004, Kap. 4.4, Vorbemerkung.)

## 2 Landwirtschaftliche Quellen und die Quantifizierung ihrer Emissionen bzw. Depositionen in den Jahren 1990 bis 2002

### 2.1 Fermentation bei Verdauung (4.A)

Mikrobielle Umsetzungen, insbesondere von Cellulose, im Magen von Wiederkäuern setzen CH<sub>4</sub> frei. Die pro Tier und Zeiteinheit abgegebenen Mengen sind abhängig von der Tierart, der individuellen Leistung und der Nahrungszusammensetzung.

#### 2.1.1 Beschreibung der Quellgruppe (4.A)

Deutschland berichtet über die Emissionen von CH<sub>4</sub> aus der Fermentation in Magen und Darm bei der Haltung von Milchkühen, anderen Rindern (Kälbern, Bullen, Färsen und Mutterkühen), Schweinen, Schafen und Pferden. Für die Behandlung von Geflügel fehlen Methoden; die entstandenen Mengen werden als vernachlässigbar angesehen.

#### 2.1.2 Methodische Aspekte (4.A)

Die Emissionsberechnung basiert auf Methoden, die in EMEP/CORINAIR (2003) als einfachere Methoden beschrieben sind; sie sind von IPCC Tier 1 (1996) übernommen. Die Emissionsfaktoren spiegeln die Situation Deutschlands im Prinzip wider; benutzt werden die default values für Westeuropa aus den IPCC Guidelines (IPCC 1996) bzw. EMEP/CORINAIR (2003). Die Berechnung erfolgt für Landkreise.

Wesentliche Grundlage der Aktivitätsdaten sind die Tierzählungen der Jahre 1990, 1992, 1994, 1996, 1999 und 2001. Eine Interpolation der Tierzahlen zur Beschreibung der Jahre ohne Tierzählungen fand nicht statt. Als weitere emissionserklärende Variable wurden bei Milchkühen die Milchleistungen öffentlichen Statistiken entnom-

men, alle anderen wichtigen Variablen wurden modelliert. Zur Beschreibung der Vorgehensweise siehe Döhler et al. (2002), Kap. 2.

### 2.1.2.1 Methan-Emissionen aus der Milchkuh-Haltung (4.A.1a)

Für Milchkühe wurde vorläufig ein Leistung und Körpergewicht berücksichtigender Regressionsansatz verwendet.

$$EF_{CH_4} = \alpha \cdot (\beta + \gamma \cdot Y + \delta \cdot w^{0.75})$$

mit		(A) Fütterung basiert auf Gras/Grassilage		
		(B) Fütterung basiert auf Mais/Maissilage		
wobei	$EF_{CH_4}$	Methan-Emission	kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	
	$\alpha$	Konstante	0,365 kg g <sup>-1</sup> d a <sup>-1</sup>	
	$\beta$	Konstanten	A: $\beta = 55$ g Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	B: $\beta = 26$ g Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
	$\gamma$	Faktor	A: $\gamma = 4,5$ g kg <sup>-1</sup>	B: $\gamma = 5,1$ g kg <sup>-1</sup>
	$Y$	Milchleistung	kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	
	$\delta$	Faktor	A: $\delta = 1,2$ g kg <sup>-0.75</sup> Tier <sup>0.25</sup> d <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>	B: $\delta = 1,8$ g kg <sup>-0.75</sup> Tier <sup>0.25</sup> d <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
	$w$	Lebendgewicht	kg Tier <sup>1</sup>	

Die Milchleistung wird der Statistik (Kreise) entnommen. Die Fütterung wird aus dem Agrarsektormodell RAUMIS ermittelt. Das Körpergewicht wird wegen fehlender Daten ebenfalls aus der Milchleistung berechnet. Zu weiteren Einzelheiten siehe Dämmgen et al. 2004, Kap. 4.4.1. Die CH<sub>4</sub>-Emissionsfaktoren in Deutschland bewegen sich zwischen 85,4 kg Tier<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> und 131,5 kg Tier<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> (Kreismittel, 2002); sie liegen im nationalen Mittel bei 94,3 kg Tier<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> (1990) und 102,7 kg Tier<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> (2002).

Die Anwendung der Gleichungen unterschätzt wahrscheinlich die Emissionen (vgl. Dämmgen et al., 2004, Kap. 6.2, und Bertilsson, 2002).

### 2.1.2.2 Methan-Emissionen aus der Haltung (Fermentation bei der Verdauung) aller anderen Säugetiere (4.A)

Für alle anderen Säugetiere wurde das Tier-1-Verfahren entsprechend

$$E_{CH_4_A} = EF_A \cdot n_A$$

mit	$E_{CH_4}$	CH <sub>4</sub> -Emission	kg a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
	$A$	Tierklasse	
	$EF$	Emissionsfaktor	kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
	$n$	Anzahl der Tiere	

angewendet. Für jede Tierart wurden die default-Werte (Emissionsfaktoren) nach IPCC (1996), Kap. 4, Tab. A4 und Tab. 4-3, eingesetzt:

männliche und weibliche Mastrinder	84 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
Kälber	33 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
Mutterkühe	100 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
Schafe	8 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
Pferde	18 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>
Schweine	1,5 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> CH <sub>4</sub>

Deutschland berichtet nicht über die Emissionen von Eseln und Maultieren, Ziegen und Gehegewild (NE).

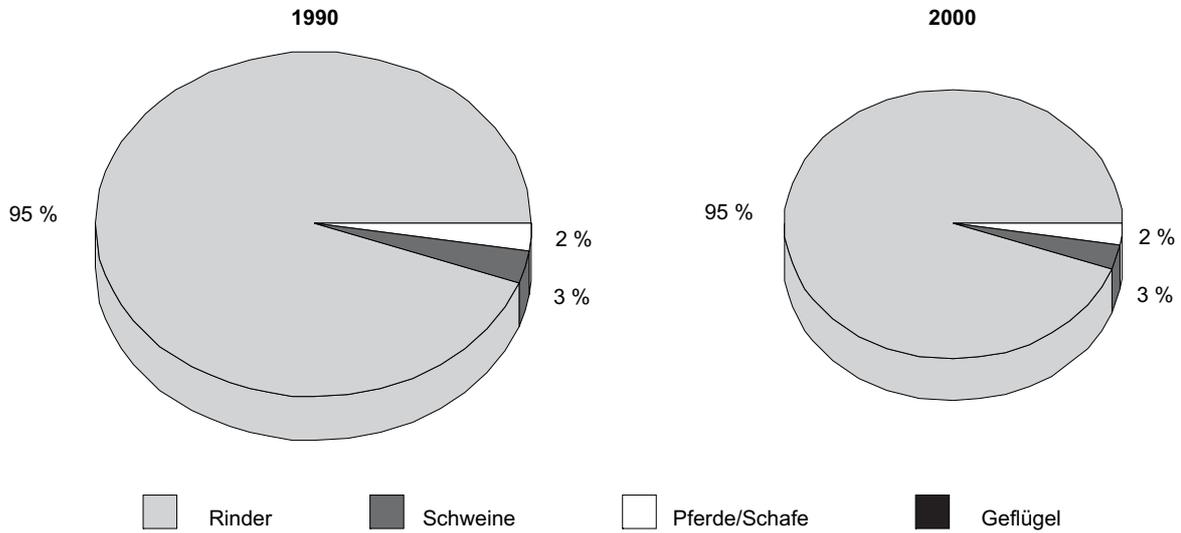
### 2.1.3 Emissionen (4.A)

Die Zeitreihe der Gesamtemissionen geht aus hervor, die Aufschlüsselung nach Tierarten aus Tabelle 1 und den Abbildungen 1 und 2 hervor:

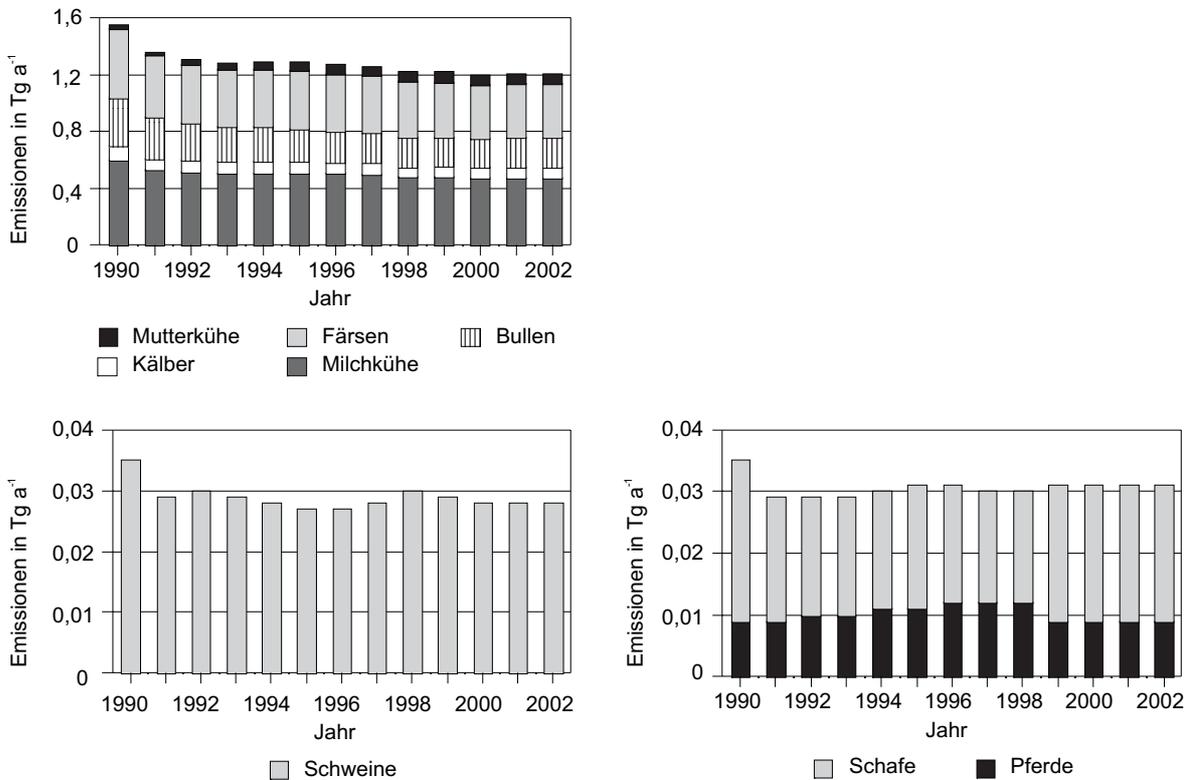
Landwirtschaftliche CH<sub>4</sub>-Emissionen in Deutschland entstammen fast vollständig aus der Rinderhaltung. Die Anteile aus der Schweinehaltung sind gering, die aller anderen Tiere vernachlässigbar klein. Innerhalb der Rinder sind Milchkühe die bedeutendste Gruppe. Die Abnahme der Emissionen seit 1990 ist (bei steigenden Emissionsfaktoren für Milchkühe und gleichbleibenden Emissionsfaktoren für alle anderen Tiere) eine Folge rückgängiger Tierzahlen.

**Tabelle 1:** CH<sub>4</sub>-Emissionen  $E_{CH_4}$  aus der Tierhaltung (Fermentation bei der Verdauung). Angaben für Deutschland in Tg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{CH_4}$	1,63	1,44	1,38	1,35	1,36	1,36	1,35	1,32	1,30	1,29	1,26	1,28	1,28



**Abbildung 1:** CH<sub>4</sub>-Emissionen  $E_{CH_4}$  aus der Tierhaltung (Fermentation bei der Verdauung). Angaben für 1990 (links) und 2000 (rechts)



**Abbildung 2:** Zeitreihen der CH<sub>4</sub>-Emissionen  $E_{CH_4}$  der betrachteten Tierkategorien. Oben links: Rinder; unten links: Schweine; unten rechts: Pferde und Schafe. Angaben in Tg CH<sub>4</sub> a<sup>-1</sup>

## 2.1.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.A)

### 2.1.4.1 Relevante Tierzahlen

Die Unsicherheiten der Methan-Emissionsfaktoren liegen in der Größenordnung von 30 %, die der Tierzahlen pro Klasse bei 10 % (EMEP/CORINAIR 2000, Kapitel B 1040 6). Für die Neuen Länder wurden die Tierzahlen und ihre regionale Verteilung für die Jahre 1990 und 1991 mit dem Modell RAUMIS berechnet, das regionale Daten für landwirtschaftliche Produktionsprozesse und Produkte liefert. Da die Datenquellen mit den Jahren nicht variieren, wird die Zeitreihe als im Wesentlichen konsistent betrachtet. Im Jahr 1998 wurde das Agrarstatistikgesetz geändert. Hiermit änderten sich die Erhebungsgrundlagen für die Ermittlung der Tierzahlen zum Teil erheblich. Auswirkungen werden vor allem auf die Anzahl der Pferde beobachtet. Die für das Land Thüringen ermittelten Auswirkungen der Änderung des Agrarstatistikgesetzes gehen aus Tabelle 2 hervor:

**Tabelle 2:** Prozentuale Unterschiede der Tierzahlen, die sich aus der Änderung des Agrarstatistikgesetzes (BML, 1998) ergeben haben. Beispielhafte Ergebnisse für Thüringen (TMLNU 2000)

Kategorie	Unterschied: (alt – neu)/neu (%)
Rinder	1,2
Schweine	1,3
Schafe	10,6
Pferde	40,3
Geflügel	4,3

### 2.1.4.2 Emissionsfaktoren

Für die *Milchkuh-Haltung* sind die aus der Leistung und Körpergewicht berücksichtigenden Methodik errechneten Emissionen wahrscheinlich systematisch zu gering (vgl. Dämmgen et al., 2004, Kap. 6.2, und Bertilsson, 2002). In Anlehnung an EMEP/CORINAIR (2003) (Kapitel B1040-6) wird ein Fehler für die Emissionsfaktoren in der Größenordnung von 30 % angesehen.

## 2.1.5 Quellspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.A)

Eine Qualitätskontrolle (Verifizierung) fand nicht statt. Zukünftige QA/QC-Verfahren setzen die weitere Entwicklung der Methoden (Anwendung von Tier 2) und die bessere Auflösung der Aktivitätsdaten (insbesondere Daten zur Fütterung auf Kreisebene) voraus.

## 2.1.6 Quellspezifische Rückrechnungen (4.A)

Im Gegensatz zu früheren Berechnungen wurden bei der Berechnung der Emissionen auch die Tiere aus den Stadtstaaten Bremen, Hamburg und Berlin eingeschlossen.

Die Emissionen aus der Fermentation bei der Verdauung wurden für die gesamte Zeitreihe nach der gleichen Methode berechnet (default-Emissionsfaktoren). Für die Emissionen aus der Milchkuhhaltung wurden bisher ebenfalls default-Emissionsfaktoren verwendet. Dieser Bericht verwendet nationale Emissionsfaktoren, die die Leistungs- und Gewichtsabhängigkeit der CH<sub>4</sub>-Emission widerspiegeln (vgl. Tabelle 3).

**Tabelle 3:** Mittlere Emissionsfaktoren für CH<sub>4</sub>-Emissionen  $EF_{CH_4}$  aus der Tierhaltung (Fermentation bei der Verdauung). Angaben für Deutschland in kg Tier<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> bei der Verwendung von default-Werten (NIR 2003) und nationalen Werten (NIR 2004).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
NIR 2003	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
NIR 2004	94,3	94,6	96,3	97,1	97,2	98,2	98,7	99,1	99,8	101,0	101,9	102,7	102,7

## 2.1.7 Geplante Verbesserungen (quellspezifisch) (4.A)

Es ist geplant, die Fermentation bei der Verdauung ab 2004 nach Tier 2 zu berechnen. Die Anwendung entsprechender Gleichungen (siehe Dämmgen et al. 2004, Kap. 6.3) setzt allerdings voraus, dass die Datenbasis zur Be-

schreibung der Häufigkeitsverteilungen der Rationsgestaltung bei Milchkühen sowie der Leistung (Gewichtszunahme) bei Mastrindern und Mastschweinen durch Umfragen ermittelt worden ist.

### 2.1.8 Hinweise auf Methoden und Daten

Beschreibung der Methoden:	Dämmgen et al. (2004), Kap. 4.4
Emissionsdaten:	Lüttich et al. (2004), Tab. EM1004.01 bis EM1004.11
Aktivitätsdaten:	Lüttich et al. (2004), Tab. AC1005.01 bis AC1005.19
Zusätzliche Informationen:	Lüttich et al. (2004), Tab. AI1005CAT.01 – AI1005.CAT.56, AI1005PSH.01 – AI1005PSH.48
Resultierende Emissionsfaktoren:	Lüttich et al. (2004), Tab. IEF1004.01 bis IEF1004.09

## 2.2 Wirtschaftsdünger-Management (4.B)

### 2.2.1 Beschreibung der Quellgruppe (4.B)

Bei der Lagerung von Wirtschaftsdüngern im Stall, auf befestigten Flächen außerhalb des Stalls, im Lager (im engeren Sinne) und bei der Ausbringung werden CH<sub>4</sub> und NMVOC sowie NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O, NO, und N<sub>2</sub> freigesetzt. Mit NMVOC können auch schwefelhaltige Spezies emittiert werden. Die Emissionen sind abhängig von der Tierart, der Tierleistung, der Ernährung, den in bestimmten Aufenthaltsräumen (Weide, Stall, befestigte Flächen) verbrachten Zeiten, artspezifischem Verhalten beim Absetzen von Kot und Harn sowie Stalltyp, Stroheinsatz, Lagerungstyp und -dauer, Ausbringungsart, -ort und -zeitpunkt sowie der Einarbeitung von Wirtschaftsdüngern. Zwischen festen und flüssigen Wirtschaftsdüngern sowie aufbereiteten und unaufbereiteten Düngern muss unterschieden werden.

Die Emissionssituation für die einzelnen Gase wird in Tabellen (2 bis 6) und Abbildungen (3 bis 12) zusammenfassend dargestellt.

Deutschland berichtet nicht über Esel und Maultiere, Ziegen sowie über Gehegewild.

Für Pelztiere existiert keine Zeitreihe. Die für das Jahr 2000 ermittelten Tierzahlen lassen erkennen, dass keinerlei Einfluss auf die Gesamtemissionen von Ammoniak haben. Weitere Emissionen wurden nicht berechnet.

### 2.2.2 Methodische Aspekte (4.B)

#### 2.2.2.1 Relevante Tierzahlen

Im Regelfall werden die Emissionen einer Tierkategorie mit den Tierzahlen der Gesamtpopulation berechnet. Bei den *Schweinen* werden jedoch bei der Berechnung der Emissionen der N-Spezies Mastschweine und Sauen getrennt behandelt. Die Emissionsfaktoren für Sauen schließen die Emissionen der Ferkel und der Eber ein. Das bisher verwendete Rechenverfahren für die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Emissionen benötigt die Gesamtzahl der Schweine als Aktivität. Bei den *Schafen* werden die Emissionen der N-Spezies aus den Angaben für die weiblichen Schafe zur Zucht berechnet, wobei der Emissionsfaktor Lämmer und Hammel einschließt. Die Emissionen von CH<sub>4</sub> dagegen werden aus den Zahlen der Gesamtpopulation der Schafe bestimmt.

#### 2.2.2.2 Ausscheidungen

*C-Spezies*: Für Deutschland sind keine Ausscheidungen für „volatile solids“ verfügbar. Die Rechnungen beruhen auf den default-Ausscheidungen, die bei IPCC (1996), Tabellen B-1 und B-7 angegeben sind:

Milchkühe	5,08 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> C
männliche und weibliche Mastrinder	2,99 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> C
Kälber	1,46 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> C
Mutterkühe	5,08 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> C
Schweine	0,50 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> C
Schafe	0,40 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> C
Pferde	1,72 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> C
Geflügel	0,10 kg Tier <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> C

Die Berechnung der NMVOC-Emissionen beruht auf dem Wissen über die Menge der NH<sub>3</sub>-Emissionen, da die beiden Stoffgruppen über den Mechanismus der Bildung miteinander verknüpft sind.

*N-Spezies*: Für Milchkühe werden die N-Ausscheidungen in Abhängigkeit von Milchleistung berechnet:

$$m_{N_{\text{excr}}} = m_0 + a \cdot m_{\text{milch}}$$

mit	$m_{N_{\text{excr}}}$	Masse des ausgeschiedenen N	kg Tier <sup>-1</sup> · a <sup>-1</sup> N
	$m_0$	48,5 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	
	$a$	0,0095 kg N (kg Milch) <sup>-1</sup>	
	$m_{\text{milch}}$	Milchleistung	kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> Milch

Eine zusätzliche Korrektur berücksichtigt die Fütterung (Anteil Gras/Grassilage). Milchleistungen werden kreisweise der Statistik entnommen, die Zusammensetzung der Ration kreisweise mit RAUMIS modelliert. Zu Einzelheiten der Methode siehe Dämmgen et al. (2004), Kapitel 4.9.1., zur zeitlich und räumlich aufgelösten N-Ausscheidung Lüttich et al. (2004), Tabellen AI1005CAT.08, AI1005CAT18 und ähnliche Tabellen)

Für alle anderen Tiere wurden die N-Ausscheidungen der deutschen Literatur (im wesentlichen Düngeverordnung, zu Details siehe Dämmgen et al., 2004, Kapitel 4.9.2 bis 4.9.9) entnommen. Im Einzelnen wurden verwendet:

männliche Mastrinder	42 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
weibliche Mastrinder	44 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
Kälber	16 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
Mutterkühe	96 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
Mastschweine	13 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	phasengefüttert	11 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N
Sauen	36 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	phasengefüttert	29 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N
Schafe	13 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
Pferde	64 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
Legehennen	0,74 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	phasengefüttert	0,71 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N
Masthühnchen und -hähnchen	0,29 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
Junghennen	0,28 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
Gänse	0,73 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
Enten	0,60 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N		
Puten	1,50 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N	phasengefüttert	1,41 kg Tier <sup>-1</sup> a <sup>-1</sup> N

Bei Tieren mit Lebensdauern < 1 a wurde die Zahlen für Tierplätze bei durchschnittlicher Umtriebszeit berechnet. Der Anteil an leicht umsetzbarem Stickstoff (total ammoniacal N: TAN) wurde wie folgt angesetzt:

Rinder	0,50 kg kg <sup>-1</sup> N
Schweine	0,66 kg kg <sup>-1</sup> N
Schafe	0,40 kg kg <sup>-1</sup> N
Pferde	0,40 kg kg <sup>-1</sup> N
Geflügel	0,70 kg kg <sup>-1</sup> N

### 2.2.2.3 Rechenverfahren für Stickstoffflüsse im Wirtschaftsdüngermanagement

Zur Berechnung der Verluste von gasförmigen N-Spezies wird das Massenfluss-Verfahren angewandt. Das Verfahren verfolgt den Fluss des gesamten im Kot und Urin abgesetzten Stickstoffs als Gesamt-N sowie als leicht in Ammoniak umsetzbares N (TAN). Der Stofffluss teilt sich dabei auf in Weide- und Stallhaltung, berücksichtigt bei der Stallhaltung die in Deutschland gängigen Haltungsverfahren für gülle- und strohbasierte Systeme und lagert die bei beiden Typen entstehenden Mengen in den in Deutschland üblichen Vorrichtungen. Die dort gelagerten Exkremate werden dann mit den jeweils verfügbaren Techniken ausgebracht. Die Einarbeitungszeiten werden berücksichtigt.

Die Angaben werden für jeden Landkreis mit Hilfe des Agrarsektormodells RAUMIS ermittelt. Im Prinzip resultiert für jede Tierkategorie und jeden Kreis in jedem Jahr ein anderer Emissionsfaktor. Zu Einzelheiten siehe Dämmgen et al. (2004), Kapitel 4.4 und die dort zitierte Literatur.

### 2.2.2.4 Weidegang, Stalltyp und Aufstallungsdauer

Bei den Rindern wird die Dauer der Weideperiode, die mittlere Weidedauer pro Tag und die mittleren Aufenthalte im Melkstall zur Aufteilung der Exkremate auf Weide und Stall herangezogen.

Alle in Deutschland üblichen Stallkategorien werden berücksichtigt. Über die Häufigkeitsverteilungen wird bei Lüttich et al. (2004), Tabellen AI1005CAT.05, AI1005CAT.06, AI1005CAT.15 und ähnliche informiert. Die Daten sind in den IPCC-Berichtstabellen 4.B(a) und 4 B(b) (additional information) zusammengestellt.

#### *2.2.2.5 Gülle- und Mist-Aufbereitung*

Zwischen aufbereiteten und unaufbereiteten Düngern muss unterschieden werden (z.B. Gülle-Separation, Biogas-Gewinnung, Festmist-Kompostierung). Die Aufbereitung von Düngern ist noch nicht Gegenstand dieses Berichts, da Häufigkeitsverteilungen (Gülle) oder Rechenverfahren (Festmist) fehlen.

#### *2.2.2.6 Lagerung*

Zwischen festen und flüssigen Wirtschaftsdüngern wird unterschieden. Die in Deutschland gängigen Lagerungsverfahren werden berücksichtigt. Tägliche Ausbringung ist in Deutschland unüblich; offene Lagunen werden nicht benutzt. Über die Häufigkeitsverteilungen der Lagerungsformen wird berichtet (IPCC Berichtstabelle 4.B(b)).

#### *2.2.2.7 Ausbringung*

Die Art der Ausbringung und der Zeitpunkt der nachfolgenden Einarbeitung ist für die Berechnung der  $\text{NH}_3$ -Emissionen und die Bestimmung der dem Boden mit Wirtschaftsdüngern zugefügten N-Mengen wichtig. Unterschiede werden für Gülle Breitverteilung, Schleppschläuche und Schleppschuhe, für Mist nur Breitverteilung. Ackerland (brach und mit Vegetation) und Grünland werden unterschieden. Einarbeitungszeiten werden gestuft (< 1 h, < 4 h, < 6 h, < 12 h, < 24 h, ohne Einarbeitung) berücksichtigt.

### *2.2.3 Emissionen*

#### *2.2.3.1 Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (4.B)*

Im Prinzip wird versucht, das Massenflusskonzept auf die Flüsse von Kohlenstoff-Spezies anzuwenden, wo immer das möglich ist. Die bei IPCC (1996) angegebenen Tabellen im Appendix B geben hierzu notwendige Informationen ohne nationale Bezüge.

Die Berechnung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen basiert auf den Methoden, die in EMEP/CORINAIR (2003) als einfachere Methode beschrieben sind; die Methode entspricht der von IPCC (1996) mit den Änderungen von IPCC (2000) für die Behandlung flüssiger Wirtschaftsdünger IPCC, 2000, Tabelle 4.10). Die Emissionsfaktoren spiegeln die Situation Deutschlands im Prinzip wider. Für die Ausscheidungen ( $V_S$ ) und die maximale Methan-Bildungskapazität ( $B_0$ ) werden noch die default-Werte für Westeuropa aus EMEP/CORINAIR (Kapitel B1040-4; IPCC, 1996, Tabelle B-2) benutzt.

Die Berechnungen erfolgen für Landkreise. Zu Einzelheiten siehe Dämmgen et al. (2004), Kap. 4.4.

In Tabelle 3 ist die Zeitreihe der  $\text{CH}_4$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management zusammengestellt. Sie lässt einen Rückgang der Emissionen erkennen, der im Wesentlichen auf die Jahre nach der deutschen Vereinigung beschränkt ist und hierbei auf die Verringerung der Rinderbestände (Abbildung 4). Zur Gesamtemission tragen die Rinder zu zwei Dritteln und die Schweine mit einem Drittel bei. Die Emissionen aus der Geflügelhaltung und aus der Haltung von Pferden und Schafen sind demgegenüber vernachlässigbar. (vgl. Abbildungen 3 und 4).

#### *2.2.3.2 Emissionen von Nichtmethan-Kohlenwasserstoffen (Kohlenstoff und Schwefel) aus dem Wirtschaftsdünger-Management (erste Schätzung)*

Bei der mikrobiellen Umsetzung von Proteinen im Wirtschaftsdünger (etwa 50 % des in den Ausscheidungen enthaltenen Stickstoffs sind in Proteinen gebunden) entstehen gleichzeitig Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) und Nichtmethan-Kohlenwasserstoffe (NMVOC). Die weitgehende Proportionalität der Emissionen von  $\text{NH}_3$ - und NMVOC-Emissionen aus unterschiedlichen Wirtschaftsdüngern wurde im Vereinigten Königreich dazu benutzt, ein erstes NMVOC-Emissionsinventar zu erstellen. Deutschland hat die dort angesetzten relativen Emissionsfaktoren dazu benutzt, eine erste Schätzung der Emissionen von NMVOC aus der Tierhaltung vorzunehmen. (Zu Einzelheiten siehe Dämmgen et al, 2004, Kapitel 4.5.1.2.1). Die Zeitreihe ist in Tabelle 4, die Zusammensetzung lässt sich aus den Abbildungen 5 und 6 ableiten. wiedergegeben. Nach dem Rückgang der Tierzahlen als Folge der deutschen Vereinigung bleiben die Emissionen ab etwa 1994 konstant. Obschon zahlen für Pferde wegen des fehlenden Rechenverfahrens nicht verfügbar sind, lässt sich erkennen, dass die Emissionen überwiegend der Rinderhaltung, insbesondere der Milchkuh-Haltung, zuzuordnen sind.

Die Emissionen an S mit NMVOC belaufen sich diesen Schätzungen zufolge auf etwa 0,03 bis 0,04 Tg a<sup>-1</sup> (Tabelle 4). Zur möglichen Bedeutung dieser Emissionen für SO<sub>2</sub>-Konzentrationen und -Flüsse bzw. für die Versauerung von Ökosystemen siehe die Darstellung in Dämmgen et al, 2004, Kapitel 6.5).

### *2.2.3.3 Distickstoffoxid-, Stickstoffmonoxid- und Distickstoff-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management*

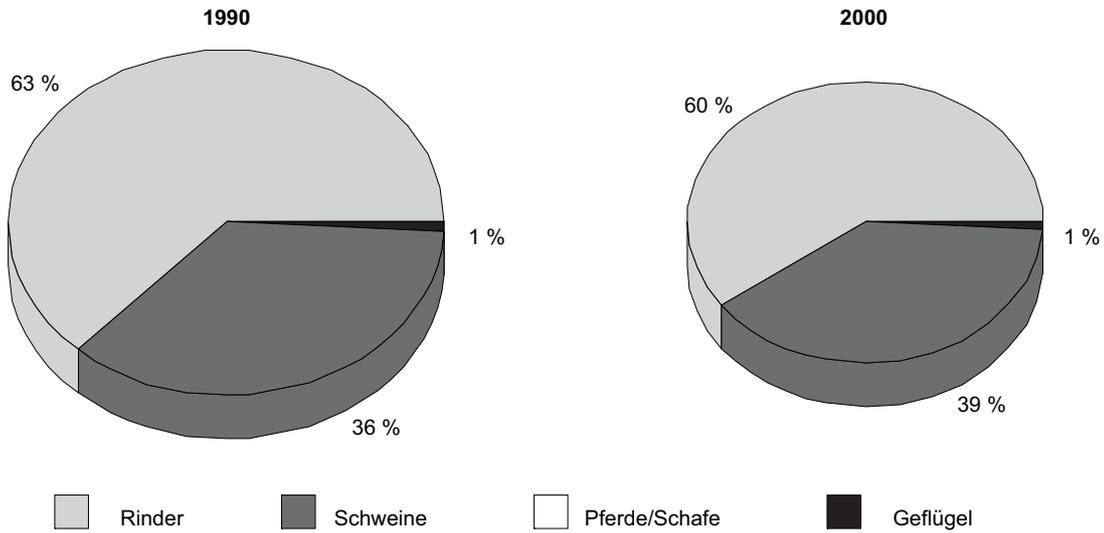
Die Berechnungsverfahren für N<sub>2</sub>O- und NO-Emissionen und die entsprechenden Standardwerte für Lagerungstypen wurden IPCC 2-4.33 sowie 4.10 ff entnommen. Sie wurden auf die Stickstoff-Mengen angewendet, die nach dem Massenfluss-Verfahren für die Lagerung berechnet wurden. Die bei der Bildung von N<sub>2</sub>O gleichzeitig entstehenden Mengen von N<sub>2</sub> wurden im Hinblick auf die Berechnung von indirekten Emissionen nach Literaturdaten geschätzt. Die Emissionsfaktoren (Gülle-basierte Systeme:  $EF_{N_2O} = EF_{NO} = 0,001 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ,  $EF_{N_2} = 0,007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ; Stroh-basierte Systeme:  $EF_{N_2O} = EF_{NO} = 0,02 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ,  $EF_{N_2} = 0,14 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ) wurden aus IPCC (1996), Tabelle 4-22 entnommen bzw. aus ihnen abgeleitet.

Die Berechnungen erfolgen für Landkreise. Zu Einzelheiten siehe Dämmgen et al. (2004), Kapitel 4.9.

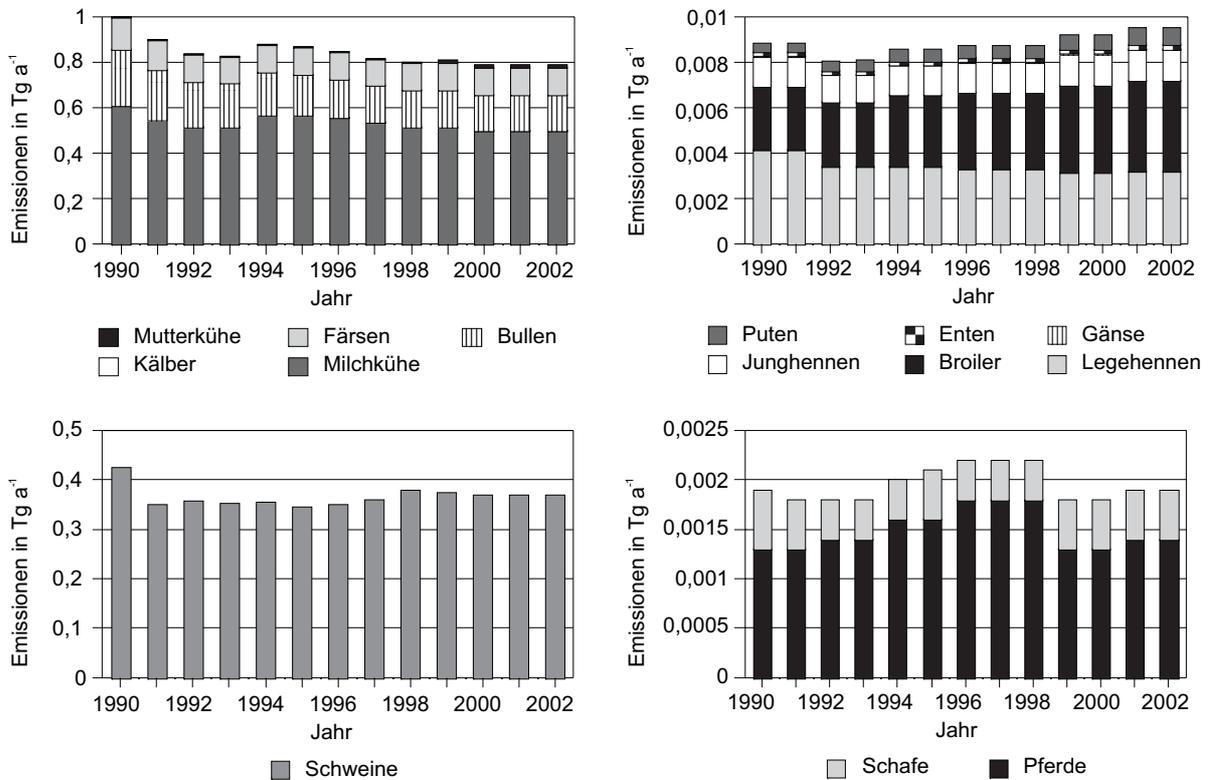
Die Ergebnisse der Berechnungen der N<sub>2</sub>O- und NO-Emissionen sind in der Tabelle 5 und in den Abbildungen 7 und 8 zusammengestellt. Da N<sub>2</sub>O- und NO-Emissionen proportional sind, wurde auf eine entsprechende Darstellung der NO-Emissionen verzichtet.

**Tabelle 4:** CH<sub>4</sub>-Emissionen  $E_{CH_4}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management). Angaben für Deutschland in Tg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{CH_4}$	1,16	1,40	1,36	1,33	1,38	1,35	1,35	1,39	1,34	1,33	1,30	1,31	1,31



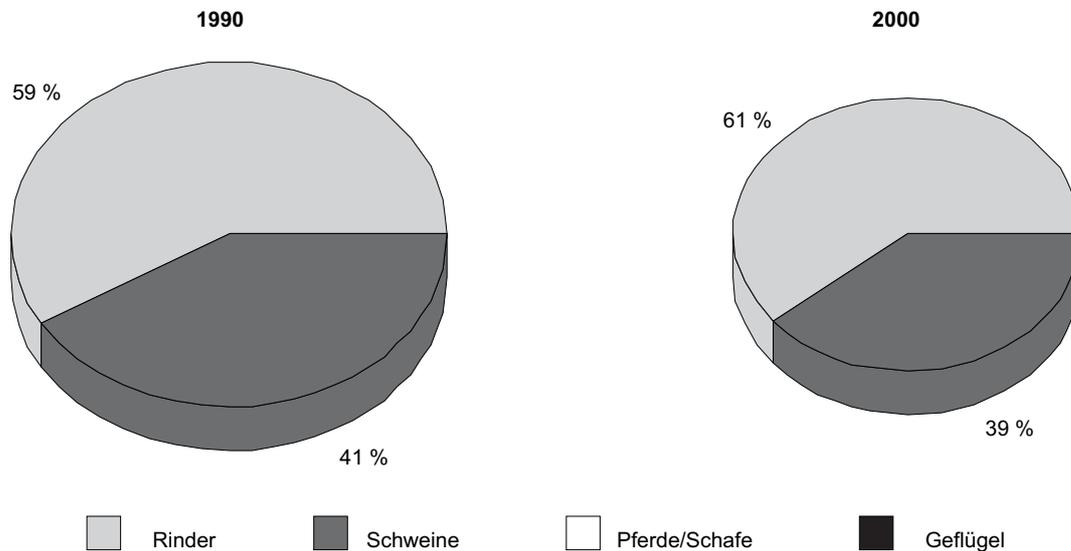
**Abbildung 3:** CH<sub>4</sub>-Emissionen  $E_{CH_4}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management). Angaben für 1990 (links) und 2000 (rechts)



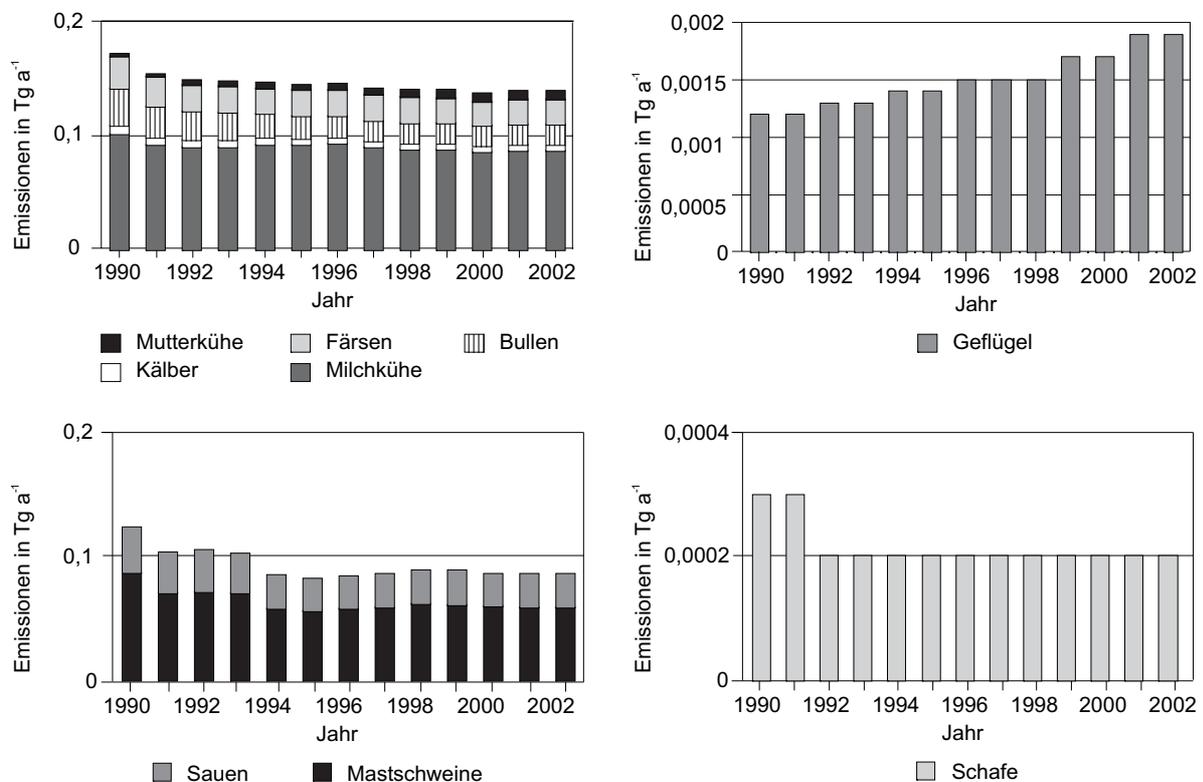
**Abbildung 4:** Zeitreihen der CH<sub>4</sub>-Emissionen  $E_{CH_4}$  der betrachteten Tierkategorien. Oben links: Rinder; unten links: Schweine; unten rechts: Pferde und Schafe. Angaben in Tg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>

**Tabelle 5:** NMVOC-Emissionen  $E_{\text{NMVOC}}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management) und die Emissionen an darin gebundenem Schwefel  $E_{\text{S}}$ . Angaben für Deutschland in  $\text{Tg a}^{-1} \text{C}$  bzw.  $\text{Tg S a}^{-1}$

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{\text{NMVOC}}$	0,30	0,27	0,26	0,26	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23
$E_{\text{S}}$	0,045	0,040	0,039	0,038	0,037	0,036	0,037	0,037	0,037	0,036	0,035	0,036	0,036



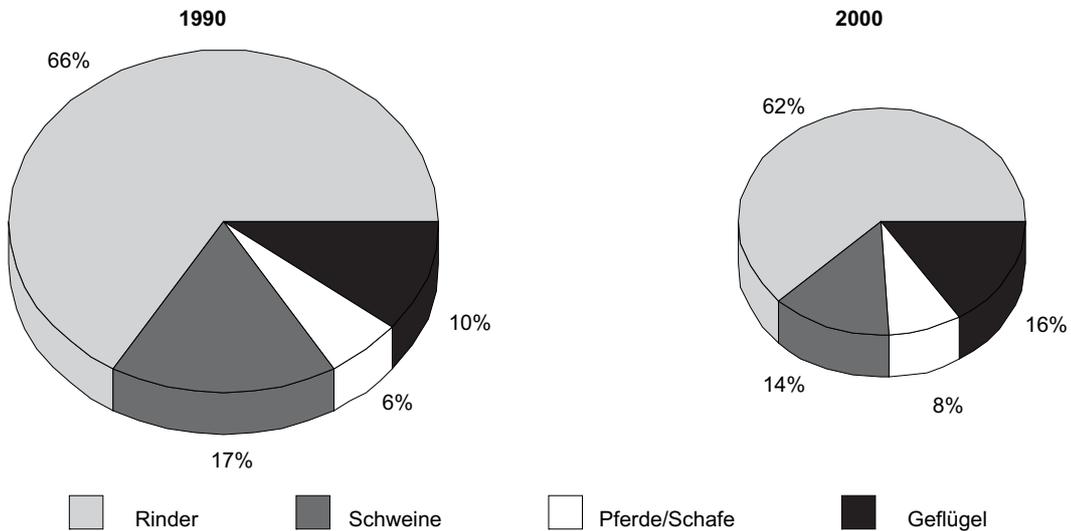
**Abbildung 5:** NMVOC-Emissionen  $E_{\text{NMVOC}}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management). Angaben für 1990 (links) und 2000 (rechts)



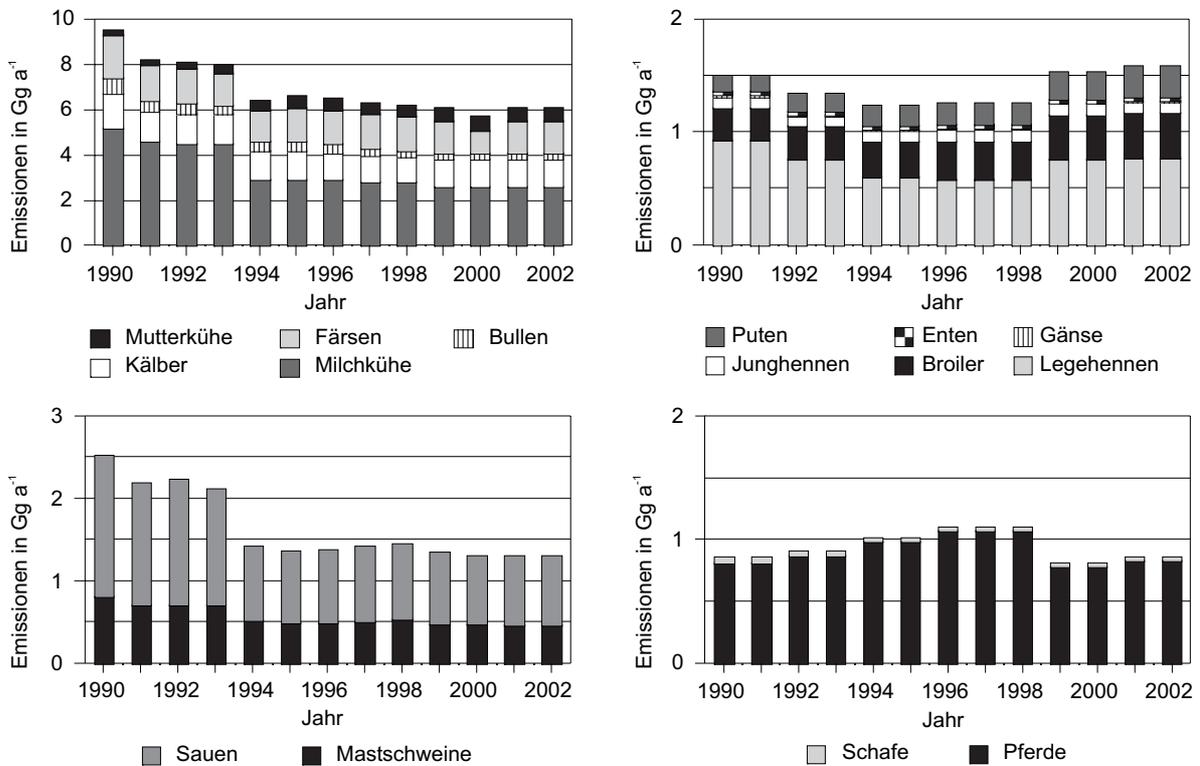
**Abbildung 6:** Zeitreihen der NMVOC-Emissionen  $E_{\text{NMVOC}}$  der betrachteten Tierkategorien. Oben links: Rinder; unten links: Schweine; unten rechts: Geflügel und Schafe. Angaben in  $\text{Tg C a}^{-1}$

**Tabelle 6:** N<sub>2</sub>O-Emissionen  $E_{N_{2O}}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management). Angaben für Deutschland in Gg a<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O bzw. NO

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{N_{2O}}$	14,4	12,8	12,5	12,5	10,1	10,1	10,2	10,2	10,0	9,8	9,7	9,8	9,8
$E_{NO}$	19,7	17,5	17,0	16,9	13,8	13,8	14,0	13,8	13,7	13,4	13,2	13,3	13,3



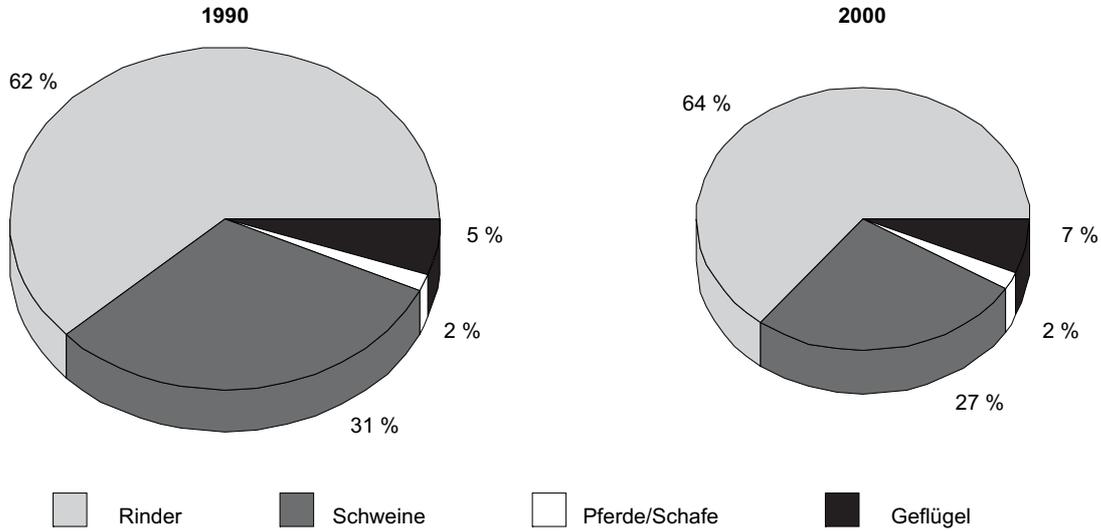
**Abbildung 7:** N<sub>2</sub>O-Emissionen  $E_{N_{2O}}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management). Angaben für 1990 (links) und 2000 (rechts)



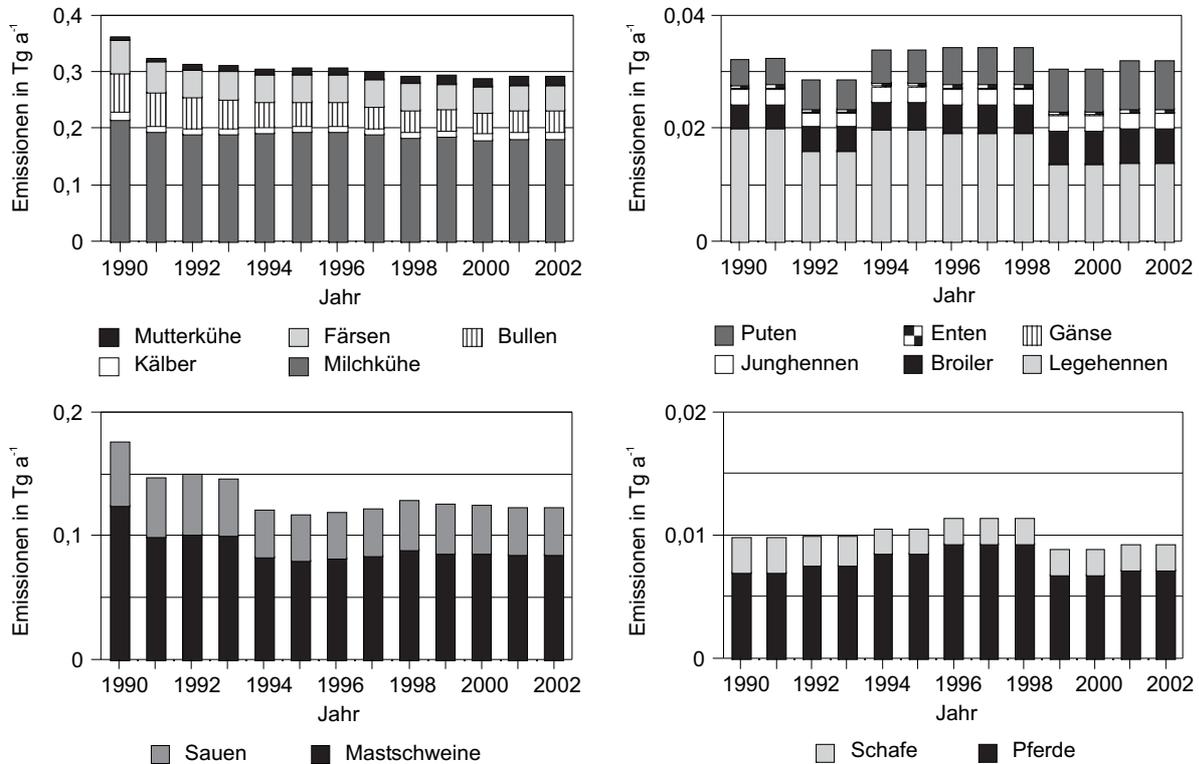
**Abbildung 8:** Zeitreihen der N<sub>2</sub>O-Emissionen  $E_{N_{2O}}$  der betrachteten Tierkategorien. Oben links: Rinder; unten links: Schweine; oben rechts: Geflügel; unten rechts: Pferde und Schafe. Angaben in Gg N<sub>2</sub>O a<sup>-1</sup>

**Tabelle 7:** NH<sub>3</sub>-Emissionen  $E_{NH_3}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management) nach Tierkategorien. Angaben für Deutschland in Tg a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{NH_3}$	0,58	0,51	0,50	0,50	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,45	0,46	0,46



**Abbildung 9:** NH<sub>3</sub>-Emissionen  $E_{NH_3}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdünger-Management). Angaben für 1990 (links) und 2000 (rechts)



**Abbildung 10:** Zeitreihen der NH<sub>3</sub>-Emissionen  $E_{NH_3}$  der betrachteten Tierkategorien. Oben links: Rinder; unten links: Schweine; oben rechts: Geflügel; unten rechts: Pferde und Schafe. Angaben in Tg a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>

#### 2.2.3.4 Ammoniak-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management

Den Berechnungen der  $\text{NH}_3$ -Emissionen liegt das bei Dämmgen et al. (2004) Kap. 2 und 4.9 beschriebene Massenflussverfahren zugrunde, das die Massenströme N-haltiger Spezies von ihrer Ausscheidung bis zur Einarbeitung in den Boden verfolgt. Es wird für Rinder, Schweine, Pferde, Schafe und Geflügel angewandt. Neben den N-Strömen aus den Ausscheidungen werden die Einträge aus Stroh erfasst.

Bei Milchkühen wird die N-Ausscheidung als Funktion von Leistung und Futterzusammensetzung berechnet, bei den übrigen Rindern werden die für Deutschland üblichen Daten eingesetzt. Bei Mastschweinen, Legehennen und Masthähnchen wird die Fütterung berücksichtigt.

Die Berechnungen erfolgen für Landkreise. Zu Einzelheiten siehe Dämmgen et al. (2004), Kap. 4.9.

Für Pelztierarten wird das einfachere Verfahren angewendet. Der default-Wert von EMEP/CORINAIR (2003) B1090-9 wird verwendet ( $EF_{\text{NH}_3} = 1,69 \text{ kg Tier}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ NH}_3$ ) verwendet. Die Berechnung erfolgt nur für das Jahr 2000 und für Bundesländer. Die relevante Gesamtzahl beträgt 100626 Tiere, die resultierende Emission  $0,17 \text{ Gg a}^{-1} \text{ NH}_3$ . Sie wird im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Die Haltung von Pelztieren in Deutschland wird durch gesetzliche Reglementierung so stark eingeschränkt, dass die Emissionen auch in Zukunft nicht mehr erörtert werden müssen.

Zwei Drittel der  $\text{NH}_3$ -Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement entstammte im Jahr 2000 der Rinderhaltung, ein Viertel der Schweinehaltung, ein Zehntel der Haltung von Geflügel, Schafen und Pferden. Bei insgesamt rückläufigen Emissionen stieg der relative Anteil der Emissionen aus der Rinderhaltung und der Geflügelhaltung geringfügig an, während der der Schweinehaltung abnahm (Tabelle 7, Abbildungen 11 und 12).

#### 2.2.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.B)

Die Unsicherheiten sind in EMEP/CORINAIR (2003) dargestellt und gelten bis auf weiteres auch für Deutschland, d.h. 10 % für die Tierzahlen und 30 % für die Emissionsfaktoren von  $\text{CH}_4$  und  $\text{NH}_3$ . Für die anderen Emissionsfaktoren sind die Fehler nicht bekannt.

Die Zeitreihe ist hinsichtlich der Tierzahlen inkonsistent: (Zu Einzelheiten siehe die Ausführungen in Kapitel 2.1.4.1 dieses Berichts)

Die Zahlen zum Wirtschaftsdünger-Management sind aufgrund einer Datenbasis modelliert, die als unzureichend angesehen wird (Übertragung von Befragungsdaten in Modellkreisen auf weiterer Kreise, vgl. Döhler et al. 2002). Das Ausmaß der Unsicherheit kann nicht geschätzt werden.

#### 2.2.5 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.B)

Eine Qualitätssicherung im Sinne einer Verifizierung wurde nicht durchgeführt. Zukünftige QA/QC-Verfahren setzen die weitere Entwicklung der Methoden und die bessere Auflösung der Aktivitätsdaten voraus, darüber hinaus eine bessere Datenlage zur Beschreibung des Wirtschaftsdünger-Managements. Hierzu zählen insbesondere die Erfassung von Parametern zur Fütterung, Leistung (Schlachtgewicht, Mastdauer, etc.), Haltung (Weidengang, Stallform), Lagerungsform, Ausbringungspraktiken, etc. Sie müssen durch Befragungen erhalten werden.

#### 2.2.6 Quellenspezifische Rückrechnungen (4.B)

Im Gegensatz zu früheren Berechnungen wurden auch die Tiere in den Stadtstaaten Bremen, Hamburg und Berlin eingeschlossen.

##### 2.2.6.1 Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (4.B)

Rückrechnungen wurden aufgrund veränderter methane conversion factors (MCF) für Flüssigmist-Lagerung nach IPCC (2000) erforderlich. Die MCF für Flüssigmist-Systeme wurden von 10 % (IPCC, 1996, Tabelle B-6) auf 39 % (IPCC, 2000, Tabelle 4.10) angehoben. Bei den Rückrechnungen wurden außerdem die Häufigkeitsverteilungen der in Deutschland üblichen Lagerungsmöglichkeiten (kreisweise) berücksichtigt. Die Rechnungen für NIR 2003 hatten feste Emissionsfaktoren für jede Tierart verwendet. Die Unterschiede sind erheblich (vgl. Tabelle 8).

**Tabelle 8:** CH<sub>4</sub>-Emissionen  $E_{\text{CH}_4}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdüngermanagement). Angaben für Deutschland in Tg a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub>. Emissionen bei der Verwendung von default-Werten (NIR 2003) und nationalen Werten sowie aktualisierten  $EF_{\text{N}_2\text{O}}$  (NIR 2004)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
NIR 2003	0,27	0,24	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	
NIR 2004	1,45	1,26	1,22	1,19	1,25	1,23	1,23	1,20	1,20	1,19	1,16	1,16	1,16

#### 2.2.6.2 Emissionen von Nichtmethan-Kohlenwasserstoffen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (4.B)

NMVOC Emissionen wurden zum ersten Mal geschätzt.

#### 2.2.6.3 Emissionen von Stickstoff-Spezies aus dem Wirtschaftsdünger-Management (4.B)

Distickstoffoxid-Emissionen wurden für dieses Inventar mit Hilfe des Massenfluss-Ansatzes berechnet. Als Quelle für die Emission N-haltiger Spezies wurde jeweils die TAN-Fraktion (TAN: total ammoniacal nitrogen) angesehen. Als Emissionsfaktoren wurden die default-Werte eingesetzt. Zu Einzelheiten siehe Dämmgen et al. (2004), Kapitel 4.9. Der Massenfluss-Ansatz wurde für das vorliegende Inventar zum ersten Mal umfassend angewendet. Alle entsprechenden Emissionen wurden daher neu berechnet. Die erheblichen Änderungen gehen aus Tabelle 9 hervor.

**Tabelle 9:** N<sub>2</sub>O-Emissionen  $E_{\text{N}_2\text{O}}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdüngermanagement). Angaben für Deutschland in Tg a<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O. Emissionen bei der Verwendung von default-Werten (NIR 2003) und nationalen Werten sowie aktualisierten  $EF_{\text{N}_2\text{O}}$  (NIR 2004)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
NIR 2003	30,9	27,0	26,0	25,6	25,4	25,1	25,1	24,7	24,7	24,5	24,0	24,1	
NIR 2004	14,4	12,8	12,5	12,4	10,1	10,1	10,2	10,1	10,0	9,8	9,7	9,8	9,8

#### 2.2.6.4 Ammoniak-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management (4.B)

Die konsequente Anwendung des Massenfluss-Modells wurde gegenüber den Berechnungen des Vorjahres weiter diversifiziert und Programmfehler beseitigt. Die berichteten Emissionen umfassen nicht mehr die Emissionen aus dem Weidegang. Die Änderungen zwischen beiden Inventaren sind aus Tabelle 10 ersichtlich.

**Tabelle 10:** NH<sub>3</sub>-Emissionen  $E_{\text{NH}_3}$  aus der Tierhaltung (Wirtschaftsdüngermanagement). Angaben für Deutschland in Tg a<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O. Emissionen einschließlich Weidegang (NIR 2003) und ohne Weidegang mit aktualisierten Aktivitätsdaten und korrigierten Programmen (NIR 2004). NIR 2004 schließt die Stadtstaaten mit ein

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
NIR 2003	0,60	0,53	0,52	0,50	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,46	0,47	
NIR 2004	0,58	0,51	0,50	0,50	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,46	0,45	0,46	0,46

#### 2.2.7 Geplante Verbesserungen (quellenspezifisch) (4.B)

Das Massenfluss-Modell zur Berechnung von Emissionen N-haltiger Spezies bedarf im Bereich der oxidierten Spezies einer Aktualisierung. Insbesondere sind die Emissionsfaktoren auf TAN abzustimmen.

Die Anwendung des Massenfluss-Modells (siehe Dämmgen et al., 2004, Kapitel 4.9) setzt allerdings voraus, dass die Datenbasis zur Beschreibung der Häufigkeitsverteilungen der Rationsgestaltung bei Milchkühen sowie der Stalltypen, Lagerungsverfahren und Ausbringungsmethoden durch Umfragen ermittelt worden ist.

### 2.2.8 Hinweise auf Methoden und Daten

Beschreibung der Methoden:	Dämmgen et al. (2004), Kap. 4.5
Emissionsdaten:	Lüttich et al. (2004), Tab. EM1005.01 bis EM1005.32
Aktivitätsdaten:	Lüttich et al. (2004), Tab. AC1005.01 bis AC1005.19
Zusätzliche Informationen:	Lüttich et al. (2004), Tab. AI1005CAT.01 – AI1005.CAT.56, AI1005PSH.01 – AI1005PSH.48
Resultierende Emissionsfaktoren:	Lüttich et al. (2004), Tab. IEF1005.01 bis IEF1004.46

## 2.3 Landwirtschaftliche Böden (4.D)

### 2.3.1 Beschreibung der Quellgruppe (4.D)

Das Inventar enthält direkte N<sub>2</sub>O-, NO- und NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Stickstoff-Düngung mit mineralischen N-Düngern, Wirtschaftsdüngern sowie aus der biologischen N-Fixierung und Pflanzenrückständen im Boden. N<sub>2</sub>O-Emissionen durch die Kultivierung von organischen Böden sind ebenfalls als eine direkte Emissionsquelle eingeschlossen.

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen werden berechnet aus der atmosphärischen Deposition von reaktiven N-Spezies (NH<sub>3</sub> und NO) aus landwirtschaftlichen Quellen, dem ausgewaschenen N und dem Abfluss von aufgebrachtem N.

Pflanzenbestände sind im Prinzip immer aus Quellen von flüchtigen organischen Verbindungen. Eine erste Schätzung entsprechender Emissionen für wichtige Fruchtarten wurde vorgenommen.

Landwirtschaftliche Böden sind Senken für atmosphärisches Methan, das von methanotrophen Bakterien oxidiert wird.

Die Berechnungen erfolgen für Bundesländer.

### 2.3.2 Methodische Aspekte (4.D)

Die Berechnungsmethoden folgen in den meisten Fällen den Vorgaben der einfacheren Methode, wie sie in EMEP/CORINAIR (2003) beschrieben ist. Wo immer möglich, werden nationale Angaben verwendet. Spezifische Einzelheiten gehen aus den folgenden Abschnitten hervor.

Die Anbauflächen werden aus der Offizialstatistik für jedes Jahr übernommen.

#### 2.3.2.1 Methan-Konsumption von landwirtschaftlichen Böden (4.D)

Die Berechnung der CH<sub>4</sub>-Deposition beruht auf einem Vorschlag von Boeckx und Van Cleemput (2001), die die verfügbaren Ergebnisse europäischer Messungen zusammenfassen. Unterschieden werden danach Grünlandflächen ( $EF_{CH_4} = -2,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ ) und Ackerland ( $EF_{CH_4} = -1,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ ).

#### 2.3.2.2 Emissionen von Nichtmethan-Kohlenwasserstoffen aus landwirtschaftlichen Böden und Kulturen (4.D)

Die Größenordnung der NMVOC-Emissionen aus Pflanzen wurde anhand des bei EMEP/CORINAIR (2003) angegebenen Verfahrens geschätzt. Einzelheiten sind in Dämmgen et al. (2004), Kap. 4.1.5 beschrieben.

#### 2.3.2.3 Distickstoffoxid- und Stickstoffmonoxid-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (4.D)

Die Berechnung beruht auf der Annahme, dass die Emission der beiden Gase den N-Einträgen ins System im Mittel proportional ist. Die Einträge aus Mineraldüngern werden der amtlichen Statistik entnommen, die Einträge aus Wirtschaftsdüngern folgen aus den Berechnungen der N-Flüsse im Wirtschaftsdünger-Management.

#### 2.3.2.4 Ammoniak-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Kulturen (4.D)

NH<sub>3</sub>-Emissionen werden als im Mittel den N-Einträgen proportionale Stoffflüsse angesehen. Sie sind von der Art des Düngers, dem pH-Wert des Bodens, den Bestand (Ackerland, Grünland) und der Bodentemperatur abhängig. Deutschland berichtet zurzeit nur nach Düngerarten differenzierte NH<sub>3</sub>-Emissionen. Dabei werden folgende Emissionsfaktoren für Region B (mittlere Lufttemperatur im Frühling  $6 \text{ °C} < t_s < 13 \text{ °C}$ ; EMEP/CORINAIR, 2003) angewendet:

Kalkammonsalpeter

0,015 kg kg<sup>-1</sup> N

Ammoniumnitrat	0,015 kg kg <sup>-1</sup> N
Ammoniak	0,03 kg kg <sup>-1</sup> N
Harnstoff	0,17 kg kg <sup>-1</sup> N
andere Einkomponenten N-Dünger	0,015 kg kg <sup>-1</sup> N
NP-Dünger	0,02 kg kg <sup>-1</sup> N
NK- und NPK-Dünger	0,015 kg kg <sup>-1</sup> N
Ammoniumnitrat-Harnstoff-Lösung	0,09 kg kg <sup>-1</sup> N
andere Ammoniumnitrat-Dünger, Kalkstickstoff	0,015 kg kg <sup>-1</sup> N
Ammoniumsulfat	0,02 kg kg <sup>-1</sup> N
Nitrat (z.B. Kaliumnitrat)	0,005 kg kg <sup>-1</sup> N

Die Düngermengen werden der amtlichen Statistik entnommen. Die dort aufgeführten Mengen an verkauften Düngern werden als angewendete Mengen angesehen. Lücken, die bei den Neuen Bundesländern für die Jahre 1990 bis 1993 auftraten, wurden durch Expertenschätzung geschlossen.

Die Angaben werden auf der Länderebene berechnet. Einzelheiten sind in Dämmgen et al. (2004), Kapitel 4.1.1 beschrieben.

#### 2.3.2.5 Distickstoffoxid-, Stickstoffmonoxid- und Ammoniak-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (Leguminosen) (4.D)

Die mit durch Leguminosen fixierten N-Mengen werden aus den Anbauflächen (amtliche Statistik) und nationalen Mittelwerten der flächenspezifischen N-Fixierung berechnet. Unterschieden werden:

Hülsenfrüchte	250 kg ha <sup>-1</sup> N
Klee, Klee/Gras, Klee/Luzerne	200 kg ha <sup>-1</sup> N
Luzerne	300 kg ha <sup>-1</sup> N

Als Emissionsfaktoren werden verwendet:

NH <sub>3</sub>	1,0 kg kg <sup>-1</sup> N
N <sub>2</sub> O	0,0125 kg kg <sup>-1</sup> N
NO	0,007 kg kg <sup>-1</sup> N

Die Anbauflächen sind bei Lüttich et al. (2004) angegeben (siehe Kapitel 2.4.7).

#### 2.3.2.6 Distickstoffoxid- und Stickstoffmonoxid-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (Ernterückstände) (4.D)

Die mit den Ernterückständen im Boden verbleibenden N-Mengen werden aus der Anbaufläche und den kulturspezifischen N-Rückständen berechnet:

$$E_{N_2O_{Crop}} = EF_{N_2O} \cdot m_{N_{Crop}} \cdot A_{Crop}$$

mit	$E_{N_2O, crop}$	N <sub>2</sub> O-Emission aus dem Anbau einer Feldfrucht
	$EF_{N_2O}$	Emissionsfaktor
	$m_{N, Crop}$	Stickstoffmenge in Ernterückständen
	$A_{Crop}$	Anbauflächen einer Feldfrucht

Die Rechnungen benutzen default-Emissionsfaktoren für die Berechnung der Emissionen aus Mineraldünger- und Wirtschaftsdünger-Anwendungen (IPCC, 1996, Tabelle 4-19; EMEP/CORINAIR 2003, B1010-15:  $EF_{N_2O} = 0,0125$  kg kg<sup>-1</sup> N;  $EF_{NO} = 0,007$  kg kg<sup>-1</sup> N;  $EF_{N_2} = 0,1$  kg kg<sup>-1</sup> N). Die gleichen Faktoren werden auch auf die in Ernterückständen gebundenen N-Mengen angewendet.

Die N-Mengen in den Ernterückständen gehen aus der folgenden Zusammenstellung hervor:

Weizen	17 kg ha <sup>-1</sup> N
Roggen	14 kg ha <sup>-1</sup> N
Wintergerste	12 kg ha <sup>-1</sup> N
Sommergerste	9 kg ha <sup>-1</sup> N
Hafer	14 kg ha <sup>-1</sup> N
Triticale	12 kg ha <sup>-1</sup> N

Körnermais	60 kg ha <sup>-1</sup> N
Silomais	26,7 kg ha <sup>-1</sup> N
Raps	15 kg ha <sup>-1</sup> N
Zuckerrübe	22 kg ha <sup>-1</sup> N
Futterrübe	0,11 kg ha <sup>-1</sup> N
Klee, Klee-Gras, Klee-Luzerne	40 kg ha <sup>-1</sup> N
Luzerne	158 kg ha <sup>-1</sup> N
Gras	30 kg ha <sup>-1</sup> N
Kartoffeln	10 kg ha <sup>-1</sup> N

Die Anbauflächen sind Bei Lüttich et al. (2004) zusammengestellt (siehe Kapitel 2.4.7)

#### 2.3.2.7 Distickstoffoxid-Emissionen aus organischen Böden (4.D)

Die aus genutzten organischen Böden freigesetzten N<sub>2</sub>O-Mengen werden nach der einfacheren Methode berechnet. Sie werden als flächenproportional angesehen. Die relevanten Flächen wurden aus Flächennutzungskarten und Bodenkarten durch Verschneiden ermittelt (Einzelheiten hierzu siehe Dämmgen et al., 2004, Kapitel 6.2). Als Emissionsfaktor wurde der default-Faktor ( $EF_{N_2O} = 8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ) (EMEP/CORINAIR 2003, B1020-22) verwendet.

#### 2.3.2.8 Distickstoffoxid-Emissionen aus beim Weidegang ausgeschiedenen Exkrementen (4.D)

Die aus dem Weidegang resultierenden Emissionen von N-Spezies werden aus den anteiligen Ausscheidungen auf der Weide bei der Behandlung der Wirtschaftsdünger nach dem Massenfluss-Verfahren für jede Tierart kreisweise berechnet und für die Bundesländer aufsummiert (Einzelheiten hierzu siehe Dämmgen et al., 2004, Kapitel 4.9).

Als Emissionsfaktoren werden verwendet (EMEP/CORINAIR 2003, B1010-13; IPCC 1996, Tabelle 4-22):

NH <sub>3</sub>	0,075 kg kg <sup>-1</sup> N
N <sub>2</sub> O	0,02 kg kg <sup>-1</sup> N
NO	0,02 kg kg <sup>-1</sup> N

#### 2.3.2.9 Indirekte Distickstoffoxid-Emissionen als Folge atmosphärischer Deposition (4.D)

Indirekte N<sub>2</sub>O-Emissionen ergeben sich aus der Deposition von reaktiven N-Spezies, die aus landwirtschaftlichen Quellen stammen. Einbezogen wurden die NH<sub>3</sub>- und die NO-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management, der Anwendung von Mineraldüngern, dem Leguminosen-Anbau und dem Weidegang. Die Emission wird als der emittierten Menge proportional angesehen. Als Emissionsfaktor wird der default-Faktor verwendet ( $EF_{N_2O} = 0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}$ ; IPCC 1996, Tabelle 4-23).

#### 2.3.2.10 Indirekte Distickstoffoxid-Emissionen als Folge von Auswaschung und Oberflächenabfluss (4.D)

Auswaschung und Oberflächenabfluss von N-Spezies führen zu N<sub>2</sub>O-Bildung. Die Menge wird als der in den Boden eingetragenen N-Menge proportional angesehen. Als relevante Mengen werden die mit Leguminosen und Ernterückständen in den Boden gelangenden N-Mengen angesehen. Hiervon gelten im einfacheren Verfahren 30 % als auswaschbar. Der Emissionsfaktor beträgt  $EF_{N_2O} = 0,025 \text{ kg kg}^{-1} \text{ N}_2\text{O-N}$ ; IPCC 1996, Tabelle 4-23).

### 2.3.3 Emissionen

N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Böden wurden für die Anwendung von Wirtschafts- und Mineraldüngern, Ausscheidungen beim Weidegang, für die Bewirtschaftung organischer Böden, für Ernterückstände, Leguminosen-Anbau und als Folge von Depositionen (aus landwirtschaftlichen Quellen) sowie Auswaschung und Oberflächenabfluss berechnet.

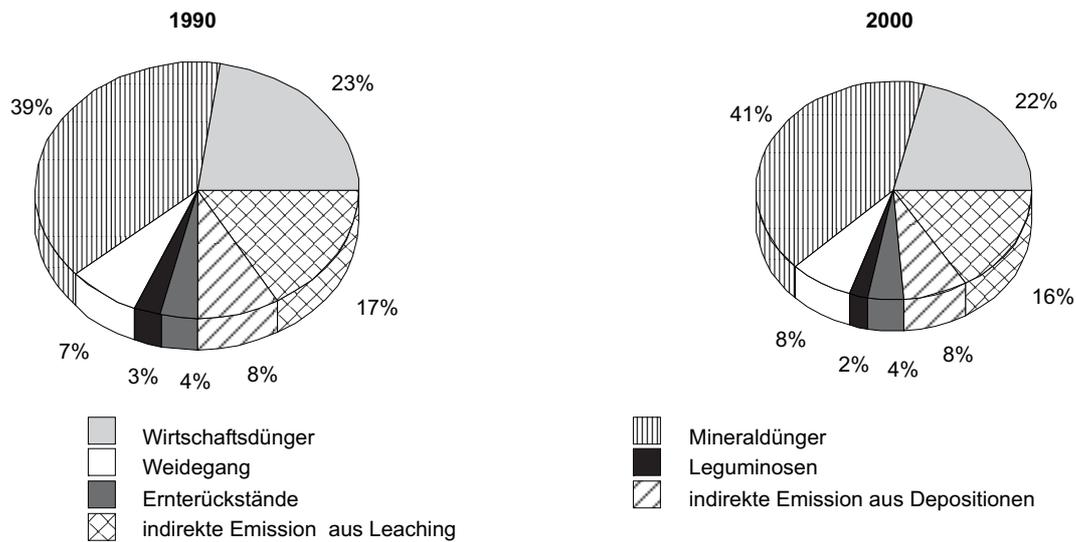
NO-Emissionen werden für die Anwendung von Wirtschafts- und Mineraldüngern berechnet, ebenso für Ausscheidungen beim Weidegang, für Ernterückstände und für Leguminosen-Anbau bestimmt.

NH<sub>3</sub>-Emissionen wurden für die Anwendungen von Wirtschafts- und Mineraldüngern, Weidegang und Leguminosen-Anbau erhalten.

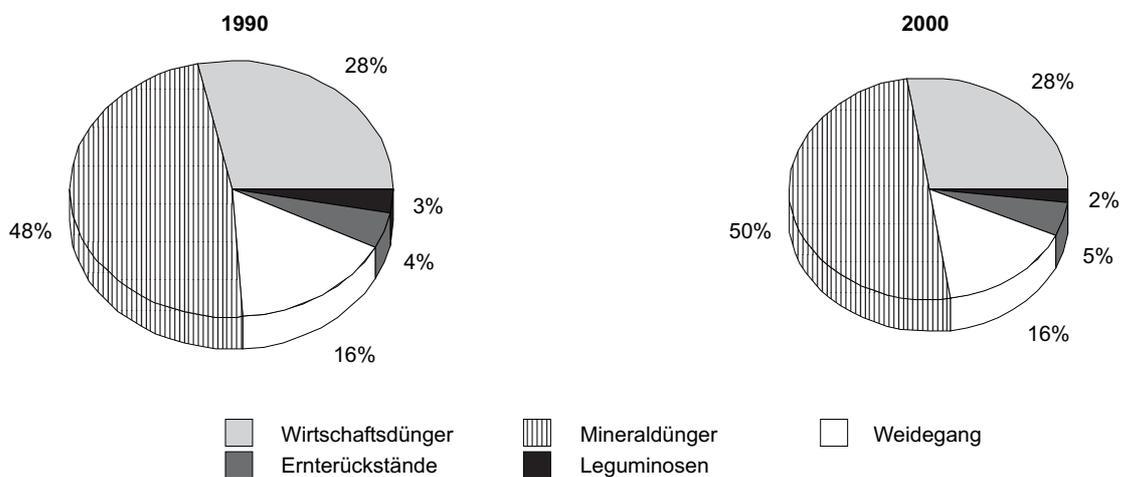
Die Ergebnisse der Rechnungen sind in Tabelle 11 sowie in den Abbildungen 13 bis 15 dargestellt bzw. veranschaulicht.

**Tabelle 11:** N<sub>2</sub>O-, NO- und NH<sub>3</sub>-Emissionen  $E_{N_2O}$ ,  $E_{NO}$  und  $E_{NH_3}$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Angaben für Deutschland in Gg a<sup>-1</sup> N<sub>2</sub>O, Gg a<sup>-1</sup> NO und Gg a<sup>-1</sup> NH<sub>3</sub>

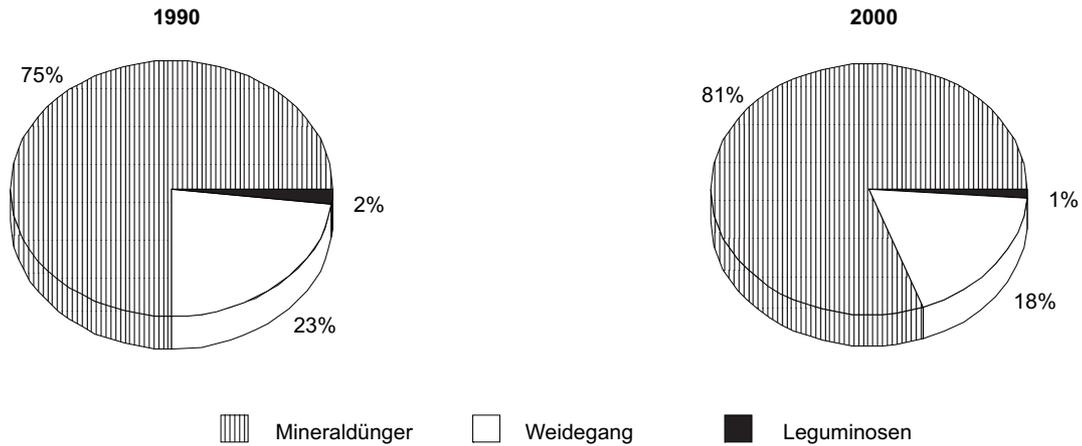
Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{N_2O}$	105	95	91	89	84	88	88	87	88	90	90	88	87
$E_{NO}$	67	61	59	57	53	56	56	56	56	58	58	57	56
$E_{NH_3}$	121	111	104	106	98	108	109	109	114	120	121	129	129



**Abbildung 11:** N<sub>2</sub>O-Emissionen  $E_{N_2O}$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Angaben für 1990 (links) und 2000 (rechts)



**Abbildung 12:** NO-Emissionen  $E_{NO}$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Angaben für 1990 (links) und 2000 (rechts)



**Abbildung 13:** NH<sub>3</sub>-Emissionen  $E_{\text{NH}_3}$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Angaben für 1990 (links) und 2000 (rechts)

#### 2.3.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.D)

Die Unsicherheiten sind in EMEP/CORINAIR (2003) dargestellt und gelten bis auf weiteres auch für Deutschland. Die dort ausführlich diskutierten Fehler lassen den Schluss zu, dass die Fehler bei den relevanten Flächen in der Größenordnung von 10 % liegen, der Fehler bei den Emissionen in der Größenordnung von 50 % liegt. Die Zeitreihe ist konsistent. Eine Verifizierung fand nicht statt.

#### 2.3.5 Quellenspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.D)

Zukünftige QA/QC-Verfahren setzen die weitere Entwicklung der Methoden und die bessere Auflösung der Aktivitätsdaten voraus. Umfragen sollen Auskunft über das Düngeverhalten der Landwirte geben. In Kombination mit räumlich hoch aufgelösten Temperaturangaben soll die räumliche und zeitliche Auflösung des Inventars erhöht werden.

#### 2.3.6 Quellenspezifische Rückrechnungen (4.D)

##### 2.3.6.1 Methan-Konsumption von landwirtschaftlichen Böden (4.D)

Eine erste Schätzung der CH<sub>4</sub>-Konsumption im Vorjahr benutzte einen nicht nach Senken differenzierten Faktor ( $EF_{\text{CH}_4} = -0,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1} \text{ CH}_4$ ), der zudem deutlich unter den jetzt angenommen lag. Die Unterschiede gehen aus Tabelle 12 hervor.

**Tabelle 12:** CH<sub>4</sub>-Depositionen  $D_{\text{CH}_4}$  in landwirtschaftlich genutzte Böden. Angaben für Deutschland in  $\text{Tg a}^{-1} \text{ CH}_4$ . Depositionen bei der Verwendung von default-Werten (EMEP/CORINAIR 2003, B1010-16) (NIR 2003) und nationalen  $EF_{\text{CH}_4}$  (NIR 2004)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
NIR 2003	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
NIR 2004	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03

##### 2.3.6.2 Distickstoffoxid- und Stickstoffmonoxid-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (4.D)

Im Vorjahr wurden die mit Wirtschaftsdüngern eingetragenen Stickstoff-Mengen nach dem default-Verfahren geschätzt. Das vorliegende Inventar bedient sich der nach dem Massenfluss-Verfahren berechneten Werte. Die letzte Auflage des EMEP/CORINAIR-Guidebooks (2003) enthielt einen deutlich höheren Emissionsfaktor für NO.

Die indirekten Emissionen als Folge von Auswaschung wurden erstmals berücksichtigt. Die Zeitreihen für N<sub>2</sub>O und NO wurden daher neu berechnet.

Im Vorjahr wurden die mit Wirtschaftsdüngern eingetragenen Stickstoff-Mengen nach dem default-Verfahren (IPCC, 1996, Kapitel 4.5.2) geschätzt. Das vorliegende Inventar bedient sich der nach dem Massenfluss-Verfahren berechneten Werte für die N-Einträge in Böden.

Die letzte Auflage des EMEP/CORINAIR-Guidebooks (2003) enthielt einen deutlich höheren Emissionsfaktor für NO als EMEP/CORINAIR (2002) ( $EF_{NO} = 0,007 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$ ). Der zuvor benutzte Faktor betrug  $EF_{NO} = 0,003 \text{ kg kg}^{-1} \text{ NO-N}$ .

Die indirekten Emissionen als Folge von Auswaschung wurden erstmals berücksichtigt.

Die Zeitreihen für  $N_2O$  und NO wurden daher neu berechnet. Die Änderungen gehen aus den Tabelle 13 und 14 hervor.

**Tabelle 13:**  $N_2O$ -Emissionen  $E_{N_2O}$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Angaben für Deutschland in  $Tg \text{ a}^{-1}$   $N_2O$ . Emissionen bei der Verwendung von default-Werten (IPCC 1996) (NIR 2003), unter Berücksichtigung von Auswaschung und nationalen Daten für N-Einträge aus der Tierhaltung in Böden (NIR 2004)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
NIR 2003	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	
NIR 2004	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10

**Tabelle 14:** NO-Emissionen  $E_{NO}$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Angaben für Deutschland in  $Tg \text{ a}^{-1}$  NO. Emissionen für Mineraldünger (EMEP/CORINAIR 2002) (NIR 2003), zusätzlich für Anwendung von Wirtschaftsdünger, Leguminosen, Ernterückstände und Weidegang, mit veränderten Emissionsfaktoren und unter Berücksichtigung nationaler Daten für N-Einträge aus der Tierhaltung in Böden (NIR 2004)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
NIR 2003	0,015	0,014	0,013	0,012	0,011	0,012	0,012	0,012	0,012	0,013	0,013	0,012	
NIR 2004	0,065	0,059	0,057	0,055	0,051	0,054	0,054	0,054	0,055	0,056	0,057	0,055	0,054

### 2.3.6.3 Ammoniak-Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden (4.D)

Ammoniak-Emissionen waren im NIR 2003 für die Emissionen aus der Mineraldüngeranwendung (EMEP/CORINAIR 2002, verbessertes Verfahren) und den Leguminosen-Anbau (EMEP/CORINAIR, einfacheres Verfahren) berechnet worden. Die Rechnungen in NIR 2004 berücksichtigen die mit Leguminosen fixierten N-Mengen.

Die  $NH_3$ -Emissionen beim Weidegang waren im NIR 2003 in den Emissionen aus der Tierhaltung enthalten. Sie werden im NIR 2004 als Emissionen aus Böden gesondert aufgeführt. Diese waren im NIR 2003 mit einem geringfügig anderen Emissionsfaktor berechnet worden.

Zu Einzelheiten siehe Tabelle 15.

**Tabelle 15:**  $NH_3$ -Emissionen  $E_{NH_3}$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Angaben für Deutschland in  $Tg \text{ a}^{-1}$   $NH_3$ . Emissionen für Mineraldünger und Leguminosen-Anbau (EMEP/CORINAIR 2002) (NIR 2003), zusätzlich für Anwendung von Wirtschaftsdünger, Leguminosen, Ernterückstände und Weidegang, mit veränderten Emissionsfaktoren und unter Berücksichtigung nationaler Daten für N-Einträge aus der Tierhaltung in Böden (NIR 2004)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
NIR 2003	103	93	88	88	81	91	91	91	96	102	104	109	
NIR 2004	121	111	104	106	98	108	109	109	114	120	121	129	129

### 2.3.7 Geplante Verbesserungen (quellenspezifisch) (4.D)

Zukünftige Berechnungen der indirekten Emissionen werden N-Massenfluss-Rechenverfahren für die Tierhaltung nutzen und die Verwendung von default values vermeiden. Da Methoden zur Bestimmung von  $N_2O$ - und NO-Emissionen aus aufgebrauchten N-Mengen als unangemessen angesehen werden, sollten zukünftig Bodenchemie-Modelle zur Berechnung von Emissionen herangezogen werden.

### 2.3.8 Hinweise auf Methoden und Daten

Beschreibung der Methoden:	Dämmgen et al. (2004), Kap. 4.1 und 4.2
Emissionsdaten:	Lüttich et al. (2004), Tab. EM1001.01 bis EM1001.10, EM1002.01-EM1002.13
Aktivitätsdaten:	Lüttich et al. (2004), Tab. AC1001.01 bis AC1001.08, AC1002.01 bis AC1002.21
Zusätzliche Informationen:	Lüttich et al. (2004), Tab. AI1001.01 – AI1001.04
Resultierende Emissionsfaktoren:	Lüttich et al. (2004), Tab. IEF1001.01 bis IEF1001.08, IEF1002.01 bis IEF1002.09

### 2.4 Brandrodung (4.E)

Brandrodung wird in Deutschland nicht praktiziert (not occurring).

### 2.5 Verbrennen von Ernterückständen auf der Fläche (4.F)

Das Verbrennen von Ernterückständen ist in Deutschland untersagt. Die genehmigten Ausnahmen lassen sich nicht erfassen. Sie werden als irrelevant angesehen (not occurring).

### 2.6 Pestizide (4.G)

#### 2.6.1 Beschreibung der Quellgruppe (4.G)

Im integrierten Pflanzenbau werden landwirtschaftliche Kulturen präventiv und in aktuellen Notfall mit Pflanzenschutzmitteln behandelt. Einige der in der Umwelt persistenten Pestizide sind berichtspflichtig. Nur diese werden im vorliegenden Inventar behandelt. In Deutschland wurde ausschließlich Lindan eingesetzt.

#### 2.6.2 Methodische Aspekte (4.G)

Angewendet wird das einfachere Verfahren nach EMEP/CORINAIR (2003). Es ordnet den ausgebrachten Mengen einen festen Emissionsfaktor zu ( $EF_{\text{Lindan}} = 0,5 \text{ kg kg}^{-1}$ ). Statt der ausgebrachten Menge wird die verkaufte Menge angesetzt. Einzelheiten sind in Dämmgen et al. (2004), Kapitel 4.6.1 beschrieben. Die Rechnungen werden für die Fläche der gesamten Bundesrepublik durchgeführt. Die ausgebrachten Mengen an persistenten Pflanzenschutzmitteln wurden von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) übermittelt.

#### 2.6.3 Emissionen

Die Emissionen sind in Tabelle 16 zusammengestellt. Pestizide, die im Sinne dieses Inventars relevant sind, werden in Deutschland nicht mehr ausgebracht.

**Tabelle 16:** Pestizid-Emissionen  $E_{\text{Pest}}$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Angaben für Deutschland in  $\text{Gg a}^{-1}$

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{\text{Pest}}$	14,9	15,8	9,1	5,8	4,6	3,2	4,6	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

#### 2.6.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (4.G)

Unsicherheiten bei den Aktivitätsdaten sind schwer zu schätzen. Die Zeitreihen werden als konsistent angesehen.

#### 2.6.5 Quellspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (4.G)

Wegen des Fehlens aktueller Emissionen wird von einer Qualitätskontrolle der historischen Daten abgesehen.

### 2.6.6 Quellspezifische Rückrechnungen (4.G)

Die Emissionen wurden erstmals berechnet.

### 2.6.7 Geplante Verbesserungen (quellspezifisch) (4.G)

Keine

### 2.6.8 Hinweise auf Methoden und Daten

Beschreibung der Methoden: Dämmgen et al. (2004), Kap. 4.6.1  
 Emissionsdaten: Lüttich et al. (2004), Tab. EM1006.01  
 Aktivitätsdaten: Lüttich et al. (2004), Tab. AC1006.01  
 Zusätzliche Informationen: keine  
 Resultierende Emissionsfaktoren: keine

## 2.7 Kohlenstoffdioxid aus landwirtschaftlichen Böden (5.D)

### 2.7.1 Beschreibung der Quellgruppe (5.D)

Die Auffüllung der in landwirtschaftlichen Böden genutzten Puffer geschieht billig und wirkungsvoll mit Kalk. Der dabei eingesetzte Kalk setzt unabhängig von dem Verfahren der Aufbereitung Kohlenstoffdioxid frei, dessen Menge dem stöchiometrischen Verhältnis entspricht. Das vorliegende Inventar berücksichtigt die Menge der unterschiedlichen statistisch erfassten Düngelkalle sowie die Kalkmengen im Kalkammonsalpeter.

Deutschland unterscheidet nicht zwischen Kalk und Dolomit, sondern nach Aufbereitungsarten. Die Statistiken geben jeweils CaO-Gehalte an.

### 2.7.2 Methodische Aspekte (5.D)

Die Methode berechnet die Verluste aufgrund der Stöchiometrie unter der Annahme, dass letztlich die gesamte als Carbonat gebundene C-Menge als CO<sub>2</sub> freigesetzt wird.

Für die neuen Bundesländer wurden die Aufwandmengen an Düngelkalk für die Jahre 1990 bis 1993 durch das Umweltbundesamt geschätzt.

### 2.7.3 Emissionen (5.D)

Die aus den Aufwandmengen berechneten Emissionen sind in Tabelle 17 zusammengestellt.

**Tabelle 17:** Kohlenstoffdioxid-Emissionen  $E_{CO_2}$  aus landwirtschaftlich genutzten Böden. Angaben für Deutschland in Gg a<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{Pest}$	163	153	208	158	181	169	170	170	172	154	135	134	149

### 2.7.4 Unsicherheiten und Zeitreihenkonsistenz (5.D)

Die in den Statistiken angegebenen Zahlen werden als sicher angesehen. Die Zeitreihen sind konsistent.

### 2.7.5 Quellspezifische Qualitätssicherung/-kontrolle und Verifizierung (5.D)

Die Natur des Emissionsvorgangs macht eine Verifizierung überflüssig.

### 2.7.6 Quellspezifische Rückrechnungen (5.D)

Die Emissionen wurden erstmals berechnet.

### 2.7.7 Geplante Verbesserungen (quellenspezifisch) (5.D)

Keine

### 2.7.8 Hinweise auf Methoden und Daten

Beschreibung der Methoden: Dämmgen et al. (2004), Kap. 4.6.2  
 Emissionsdaten: Lüttich et al. (2004), Tab. EM1006.02  
 Aktivitätsdaten: Lüttich et al. (2004), Tab. AC1006.02  
 Zusätzliche Informationen: keine  
 Resultierende Emissionsfaktoren: keine

## 3 Schritte zur Verbesserung der zukünftigen Inventare

- Erhebung regionaler Daten insbesondere zur Häufigkeitsverteilung bei der Haltung von Nutztieren
- Erhebung regionaler Daten zur Anwendung von Mineraldüngern
- Erhöhung der räumlichen Auflösung der Emission der reaktiven Gase (CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, NO)
- Entwicklung von an deutsche Datensätze angepassten Verfahren zur Ermittlung der CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Verdauung als Funktion von Leistung und Fütterung für die wichtigen Tierkategorien
- Einbeziehung von Immobilisierung und Mobilisierung von N-Spezies im Wirtschaftsdünger-Management bei strohbasiereten Verfahren
- Einbeziehung von Verfahren zur Biogas-Gewinnung
- Erhöhung der zeitlichen Auflösung der Emissionen reaktiver Gase auf 1 Monat (insbesondere NH<sub>3</sub>)

## 4 Summe landwirtschaftlicher Emissionen

Die landwirtschaftlichen Emissionen sind in Tabelle 8 zusammengestellt. Sie enthält neben den oben beschriebenen Emissionen auch die Summe der Emissionen von Pestiziden  $E_{\text{Pest}}$  und von Kohlenstoffdioxid aus der Anwendung von Düngerkalk  $E_{\text{CO}_2}$ .

**Tabelle 18:** Summe der landwirtschaftlichen Emissionen, Stand September 2003

Jahr	Einheit	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
$E_{\text{CH}_4}$	Tg a <sup>-1</sup>	3,12	2,81	2,70	2,65	2,71	2,68	2,61	2,68	2,61	2,59	2,53	2,55	2,55
$E_{\text{NMVOC}}$	Tg a <sup>-1</sup>	0,30	0,26	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
$E_{\text{S}}$	Tg a <sup>-1</sup>	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
$E_{\text{N}_2\text{O}}$	Tg a <sup>-1</sup>	0,14	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,11
$E_{\text{NO}}$	Tg a <sup>-1</sup>	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
$E_{\text{NO}_x}$ *	Tg a <sup>-1</sup>	0,13	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10
$E_{\text{NH}_3}$	Tg a <sup>-1</sup>	0,70	0,62	0,61	0,60	0,57	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,57	0,59	0,59
$E_{\text{Pest}}$	Mg a <sup>-1</sup>	14,9	15,8	9,1	5,8	4,6	3,2	4,6	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$E_{\text{CO}_2}$	Tg a <sup>-1</sup>	2,48	1,88	1,40	1,41	1,21	1,45	1,49	1,55	1,76	1,79	2,01	1,72	1,81

\* Angaben der NO-Emissionen der vorigen Zeile als NO<sub>x</sub>-Emissionen, berechnet als NO<sub>2</sub>!

## 5 Prognosen landwirtschaftlicher Emissionen

Am 26.6.2003 beschlossen die Agrarminister der Europäischen Union in Luxemburg eine weitreichende Reform der gemeinsamen Agrarpolitik. Diese Reform erlaubt zahlreiche Ausgestaltungsmöglichkeiten. Zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Berichtes waren die nationalen Spielräume noch nicht zu schätzen. Administrative Vorgaben werden erst in einigen Monaten folgen. Zu erwarten sind weitreichende Einkommensumverteilungen, die zu erheblichen Änderungen insbesondere bei der Rinderhaltung führen werden (Isermeyer 2003 a, b). Angesichts der Bedeutung der Rinderhaltung bei den Emissionen von Methan und Ammoniak erscheint jede Modellierung von Szenarien ebenso wenig sinnvoll wie eine Fortschreibung des status quo.

## 6 Literatur

- Boeckx P, Van Cleemput O (2001) Estimates of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> fluxes from agricultural lands in various regions in Europe. *Nutr Cycl Agroecosyst* 60, 35-47
- Dämmgen U, Lüttich M, Döhler H, Eurich-Menden B, Osterburg B (2004) Calculations of Emissions from German Agriculture. National Emission Inventory Report (NIR) 2004 for 2002. Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR 2004 for 2002), Part 3. Methods and Data (GAS-EM). In: Dämmgen U (Hrsg.) Nationaler Inventarbericht 2004 - Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen: Teilbericht für die Quellgruppe Landwirtschaft. *Landbauforsch. Völkenrode SH 260*, 199-261
- 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 42 245/02. Umweltbundesamt Texte 05/02. Umweltbundesamt, Berlin
- EMEP/CORINAIR (2003): Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook. 3<sup>rd</sup> ed., EEA, Copenhagen. <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR3/en/page019.html/>
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (1996) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 3. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC WGI Technical Support Unit, Bracknell
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2000) Good Practice Guidance and Uncertainty Measurement in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories programme. Technical Support Unit. Hayama
- Isermeyer F (2003a) Wirkungen des Entkopplungsvorschlags der Europäischen Kommission. Arbeitsbericht 01/2003, Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig. (download aus <http://bal.fal.de>)
- Isermeyer F (2003b) Umsetzung des Luxemburger Beschlusses zur EU-Agrarreform in Deutschland: eine erste Einschätzung. Arbeitsbericht 03/2003, Institut für Betriebswirtschaft, Agrarstruktur und ländliche Räume der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig. (download aus <http://bal.fal.de>)
- Lüttich M, Dämmgen U, Eurich-Menden B, Döhler H, Osterburg B (2004) Calculations of Emissions from German Agriculture – National Emission Inventory Report (NIR 2004 for 2002). Part 2. Tables. In: Dämmgen U (Hrsg.) Nationaler Inventarbericht 2004 - Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen: Teilbericht für die Quellgruppe Landwirtschaft. *Landbauforsch. Völkenrode SH 260*, 33-197
- UN ECE – United Nations Economic Commission for Europe, Economic and Social Council (2002) Draft Guidelines for Estimating and Reporting Emissions Data. EB.AIR/GE.1/2002/7, dd. 2 July 2002. <http://www.unece.org/env/documents/2002/eb/ge1/eb.air.ge.1.2002.7.e.pdf>
- UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change (2003) Review of the Implementation of Commitments and Other Provisions of the Convention. National Communications: Greenhouse Gas Inventories from Parties Included in the Annex I to the Convention. UNFCCC guidelines on reporting and review. FCCC/CP/2002/8 dd 28 March 2003