

Beiträge zur Erstellung einer atmosphärischen Stickstoff-Bilanz für Hessen.

2. Emissionen von reaktivem Stickstoff aus landwirtschaftlichen Quellen

Reaktiver Stickstoff

Unter "reaktivem Stickstoff" werden alle Stickstoff-Verbindungen außer Distickstoff (N_2) zusammengefasst. Dies schließt auch Lachgas (N_2O) ein, obwohl es in der bodennahen Atmosphäre chemisch inert ist, d.h. keine Reaktionen eingeht. "Reaktiv" umfasst die chemischen Reaktionen in der Stratosphäre ebenso wie die Beeinflussung des Wärmehalts der Atmosphäre.

Die Aktivitäten der Landwirtschaft führen zu Emissionen einer Reihe von reaktiven stickstoffhaltigen Gasen: Die Zersetzung von Eiweißen führt zur Emission von Ammoniak (NH_3) und Aminen (NH_2R , NHR_2 , NR_3 ; R = organischer Rest). Diese Gase werden im Stall, auf der Weide, im Wirtschaftsdüngerlager und bei der Ausbringung von Wirtschaftsdüngern frei. Nach der Düngung mit Mineraldüngern wird NH_3 direkt (etwa bei Düngung mit Harnstoff) oder indirekt aus den Pflanzen (bei allen Mineraldüngern) emittiert. Nitrifizierung und Denitrifizierung in Böden und in Wirtschaftsdüngern führen zur Emission von N_2O und Stickstoffmonoxid (NO), unabhängig davon, ob die Stickstoffquelle organischer oder anorganischer Natur ist.

Landwirtschaftliche Emissionsinventare in Deutschland

Im Hinblick auf die Verringerung der Luftverschmutzung und des anthropogenen Treibhauseffektes werden die Emissionen relevanter Stoffe in sog. Emissionsinventaren ermittelt. Landwirtschaftliche Emissionsinventare werden in Deutschland erstellt durch die Institute für Agrarrelevante Klimaforschung und Ländliche Räume des Johann Heinrich von Thünen-Instituts (vTI, vormals Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft) sowie das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL). Wesentliche Grundlagen

der Rechnungen sind vor allem die von den Statistischen Landesämtern bereitgestellten Datensätze zur Flächennutzung und zu den Viehbeständen. Diese weisen in der Regel eine räumliche Auflösung von Landkreisen und eine zeitliche Auflösung von zwei Jahren (Viehbestände) oder vier Jahren (Bodennutzung) auf. Aus diesen Daten sowie aus zusätzlichen Erhebungen (Sonderauswertungen, Befragungen usw.) werden die zur Beschreibung der Emittenten wichtigen weiteren Datensätze erarbeitet. Für das Jahr 2003 als Beurteilungsjahr dieses Projektes liegen seit 2008 alle benötigten Datensätze vor.

Das landwirtschaftliche Emissionsmodell GAS-EM

Die Datensätze fließen in das deutsche Emissionsmodell GAS-EM ein, das weitgehend prozessorientiert die Stoffflüsse in den betrachteten Systemen abbildet und die Emissionen errechnet. Die Ergebnisse dieser Rechnungen werden dem Umweltbundesamt übermittelt, das hieraus die nationalen und internationalen Berichtspflichten erfüllt.

GAS-EM wurde zur Berechnung von Emissionen aus landwirtschaftlichen Quellen entsprechend den Anforderungen der internationalen Regelwerke (United Nations Framework Convention on Climate Change: IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1996, 2000, 2006; Convention on Long Range Transboundary Air Pollution: EMEP/CORINAIR, 2006) entwickelt. Es ist sichergestellt, dass das Verfahren auch erlaubt, einzelne Bauernhöfe als typische Quellen zu berechnen. Dadurch wird die Verbindung zum Pollutant Release and Transfer Register (PRTR) (Europäische Union, 2006) hergestellt. Die Emissionsfaktoren und Aktivitäten, die für die Berechnung von Szenarien innerhalb von UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) und EU im RAINS-

Modell (Amann et al., 2005) verwendet werden, werden mit GAS-EM abgestimmt. GAS-EM berücksichtigt dabei folgende Quellen und Spezies:

- Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Beständen *mit* aktiver Stickstoffdüngung
- Emissionen aus landwirtschaftlichen Böden und Beständen *ohne* aktive Stickstoffdüngung
- Emissionen aus dem Stoffwechsel von Tieren
- Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management
- Emissionen aus der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Düngekalk
- Staubemissionen aus der Nutztierhaltung

Als aktive Stickstoff-Düngung wird die Anwendung von Mineral- und Wirtschaftsdüngern sowie Klärschlämmen gewertet. Im Gegensatz dazu zählen der Leguminosen-Anbau, die beim Weidegang ausgeschiedenen Stickstoff-Mengen oder die Stickstoff-Einträge über die Atmosphäre nicht zu den aktiven Einträgen. Die Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement schließen die Emissionen beim Weidegang, aus dem Stall, dem Wirtschaftsdüngerlager und *während* der Ausbringung selbst ein.

Die NH_3 -Emissionen aus Böden umfassen die Flüsse aus Böden und Pflanzen *nach* der Anwendung von Mineraldüngern, Wirtschaftsdüngern und Klärschlämmen sowie die geringen NH_3 -Mengen, die der Anbau von Leguminosen freisetzt.

Direkte N_2O -Emissionen werden aus allen N-Einträgen in die Böden berechnet. Hierzu zählen die Einträge mit Mineral- und Wirtschaftsdüngern, Klärschlämmen und Ernterückständen, die beim Weidegang anfallenden Ausscheidungen und die Einträge mit der N-Fixierung (Leguminosen). Zu den direkten Emissionen zählen außerdem die Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management und der Degradation organischer Böden (ehemalige Niedermoorböden) in landwirtschaftlicher Nutzung. Daneben gibt es auch indirekte N_2O -Emissionen. Zum einen führt die Deposition von reaktivem N, das wie Mineraldünger wirkt, zu einer N_2O -Freisetzung. Zum anderen entsteht es auch beim Austrag von N aus den Böden durch Oberflächenabfluss und durch Auswaschung ins Grundwasser.

Die meisten Prozesse, die zur Bildung von N_2O führen, setzen auch NO frei. Im Inventar werden neben den Emissionen aus Düngereinsatz nur die Emissionen aus Weidegang und Umsetzung von Pflanzenrückständen berücksichtigt.

Die Emissionen aus dem tierischen Stoffwechsel umfassen die gasförmigen Emissionen aus Magen und Darm der Tiere ("enteric fermentation"). Die folgenden Nutztierarten bzw. Subkategorien werden betrachtet:

- Rinder (aufgeteilt in Milchkühe und "übrige Rinder" (Kälber, Färsen, Mastbullen, Mutterkühe, Zuchtbullen))
- Schweine (aufgeteilt in Sauen, Aufzuchtferkel, Mastschweine und Zuchteber)
- Pferde (aufgeteilt in Groß- und Kleinpferde)
- Schafe (aufgeteilt in Lämmer und erwachsene Schafe)
- Ziegen (räumliche Auflösung: Deutschland)
- Büffel (räumliche Auflösung Bundesländer)
- Geflügel (aufgeteilt in Legehennen, Masthühnchen und -hähnchen, Junghühner, Gänse, Enten sowie Putenhähne und -hennen)

Außerdem werden im Inventar die Emissionen von Kohlenstoffdioxid (CO_2) aus der Anwendung von Kalk und Harnstoff, Methan (CH_4), flüchtigen organischen Verbindungen außer Methan (NMVOC) und von Stäuben als $\text{PM}_{2,5}$ und PM_{10} erfasst.

Soweit möglich, werden leistungs- und technikabhängige Rechenverfahren angewendet; deutsche Parameter werden den sog. default-Werten vorgezogen. Leistungsabhängige Rechenverfahren berücksichtigen Tiergewichte und -gewichtszunahmen, Milch- oder Legeleistung, aber auch typische Nahrungsmengen und -zusammensetzungen. Technikabhängig sind Emissionsfaktoren für unterschiedliche Stalltypen, unterschiedliche Wirtschaftsdüngerlager, unterschiedliche Techniken der Ausbringung und Einarbeitung sowie unterschiedliche Zeiträume vor der Einarbeitung. Dabei setzen die Rechnungen in den Emissionsinventaren die Einhaltung der Regeln der guten fachlichen Praxis und der bedarfsgerechten Ernährung voraus.

Die für die hier vorgelegte N-Bilanz verwendeten Daten und Rechenverfahren, die jeweiligen zeitlichen und räumlichen Auflösungen und die Unsicherheiten der Verfahren sind bei Dämmgen et al. (2009) ausführlich beschrieben (vgl. auch S. 4).

Ammoniak-Emissionen in Hessen Übersicht

Im Jahr 2003 wurden etwa 19 Gg NH_3 -N bzw. 23 Gg NH_3 aus der hessischen Landwirtschaft emittiert. Das entspricht 3,6 % der deutschen landwirtschaftlichen NH_3 -Gesamtemission. Nichtlandwirtschaftliche Quellen sind praktisch vernachlässigbar.

Hauptquellgruppen sind die Rinder- und Schweinehaltung sowie die Emissionen aus der Mineraldünger-Anwendung. Auffällig ist der geringe Anteil des Geflügels an der Gesamtemission (Abbildung 1).

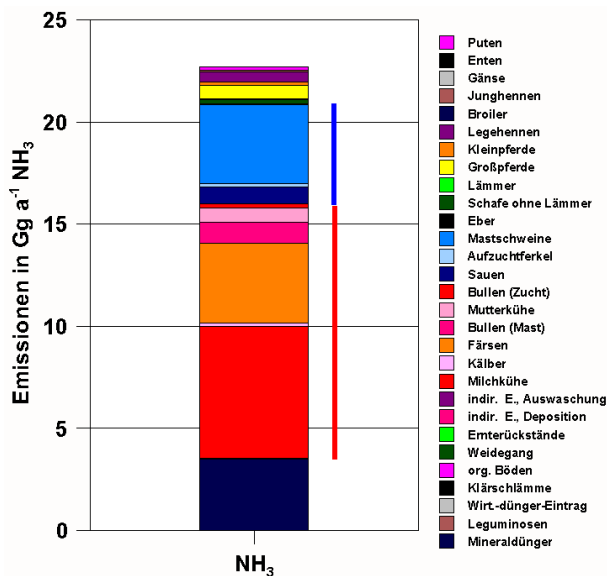


Abbildung 1: Beiträge einzelner Quellgruppen zur landwirtschaftlichen NH_3 -Emission in Hessen im Jahr 2003. Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden den Tierkategorien zugeordnet. (rote Linie: Anteil der Emissionen aus Rinderhaltung; blaue Linie: Anteil der Emissionen aus Schweinehaltung)

Innerhalb der tierischen Quellgruppen unterscheiden sich die Anteile der einzelnen Entstehungsorte deutlich (Abbildung 2).

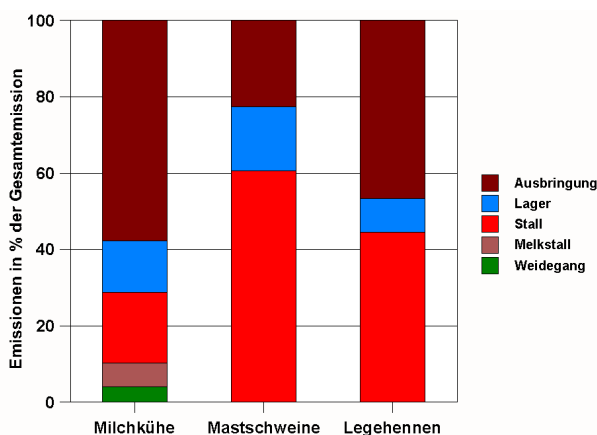


Abbildung 2: Beiträge einzelner Entstehungsorte zur NH_3 -Emission ausgewählter Quellgruppen, hessische Mittelwerte für 2003.

Räumliche Verteilung

Die Beschreibung der N-Ausscheidungen bei der Tierhaltung ist in Hessen nur auf Landesebene möglich, da Leistungsdaten für einzelne Kreise fehlen. Sie ist deshalb nicht Bestandteil dieses Berichts. Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Emissionen bilden daher im Wesentlichen die jeweiligen Tierpopulationen und zum geringe-

ren Teil die Variabilität von technischen Gegebenheiten (Stalltyp, Lagertyp, etc.) ab. Tabelle 1 (Anhang) gibt einen Überblick über die Verteilung der Emissionen auf die hessischen Kreise sowie über die Emissionsdichte bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche der Kreise.

Zeitliche Entwicklung

Die NH_3 -Emissionen in Hessen haben sich in der durch die Emissionsinventare beschriebenen Zeitspanne nicht wesentlich verändert, d.h. die Emissionen des Jahres 2003 können als repräsentativ angesehen werden. Die Verringerung der Tierzahlen seit 1990 ist dabei durch erhöhte Emissionen je Tierplatz – bedingt durch höhere Leistung des Einzeltiers – weitgehend kompensiert worden. Im Bereich der Mineraldünger ist der Gesamtverbrauch (mit Schwankungen) nahezu unverändert geblieben; der Anteil von Harnstoff (mit einem deutlich höheren Emissionsfaktor) hat jedoch zugenommen. Abbildung 3 fasst die Entwicklung zusammen.

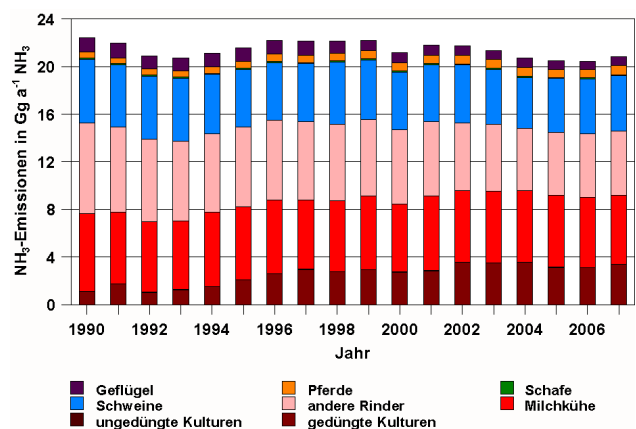


Abbildung 3: Zeitliche Entwicklung der NH_3 -Emissionen in Hessen. (Die Emissionen aus der Schafhaltung und aus ungedüngten Kulturen sind so klein, dass sie nicht in der Grafik sichtbar werden.)

Lachgas- und Stickstoffmonoxid-Emissionen in Hessen

Übersicht

Im Jahr 2003 wurden in Hessen etwa 3,1 Gg N_2O und 3,1 Gg NO aus landwirtschaftlichen Quellen freigesetzt. Zu berücksichtigen ist dabei, dass die in beiden Verbindungen enthaltenen N-Mengen unterschiedlich sind. Mit N_2O wurden so etwa 2 Gg N emittiert, aber nur 1,5 Gg N mit NO , also rund eine Größenordnung weniger als mit NH_3 (Abbildung 4).

Die N_2O -Emissionen aus dem Bereich des Wirtschaftsdünger-Managements sind relativ gering, die

aus der biologischen Aktivität der Böden überwiegen deutlich. Die aus der Degradation organischer Böden herrührenden N_2O -Emissionen sind in Hessen von untergeordneter Bedeutung; größere Flächen organischer Böden in landwirtschaftlicher Nutzung finden sich nur in den Kreisen Bergstraße, Darmstadt-Dieburg und Groß-Gerau (vgl. Tabelle 2). Auffällig sind die insgesamt hohen indirekten Emissionen.

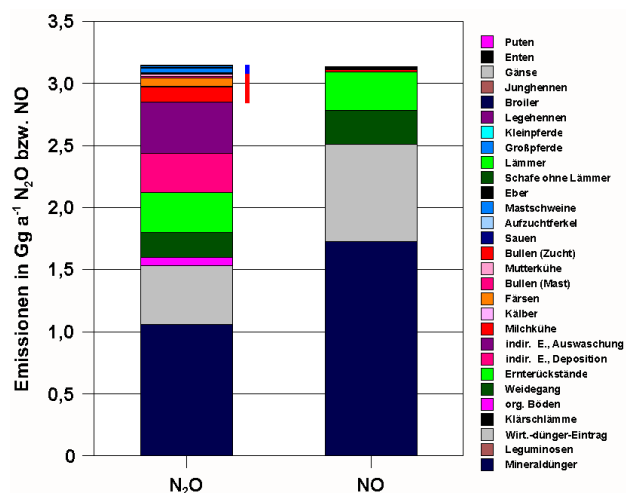


Abbildung 4: Beiträge einzelner Quellgruppen zur landwirtschaftlichen N_2O - und NO -Emission 2003. Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management werden den Tierkategorien zugeordnet. (rote Linie: Anteil der Emissionen aus Rinderhaltung; blaue Linie: Anteil der Emissionen aus Schweinehaltung)

NO wird in den Inventaren bisher unvollständig erfasst. So werden wegen fehlender Methoden keine indirekten Emissionen berechnet. Die Emissionen aus dem Wirtschaftsdüngermanagement sind praktisch vernachlässigbar (vgl. Tabelle 3).

Räumliche Verteilung

Die Angaben in den Tabellen 2 und 3 (Anhang) lassen deutliche Unterschiede in der Bewirtschaftungsintensität erkennen. Die Landkreise Bergstraße, Odenwaldkreis, Fulda und Schwalm-Eder-Kreis haben die höchsten Emissionsdichten. Das räumliche Muster unterscheidet sich signifikant von dem der NH_3 -Emissionen.

Zeitliche Entwicklung

Sowohl die N_2O - als auch die NO -Emissionen sind angesichts der Unsicherheiten, mit denen ihre Bestimmung verbunden ist, im Wesentlichen unverändert geblieben (Abbildungen 5 und 6). Erkennbar ist auch, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren vorwiegend auf den unterschiedlichen Einsatz von Mineraldünger zurückgehen.

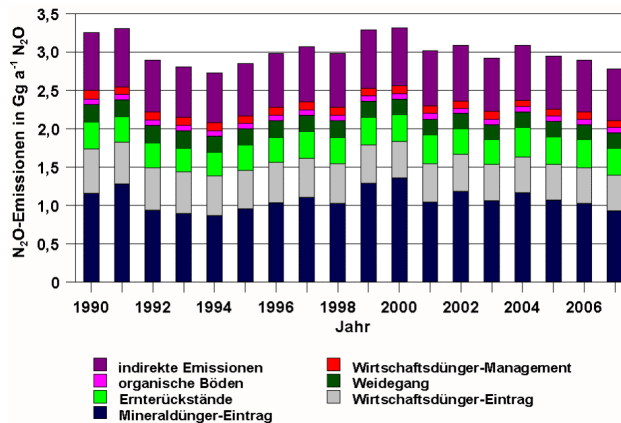


Abbildung 5: Zeitliche Entwicklung der N_2O -Emissionen in Hessen.

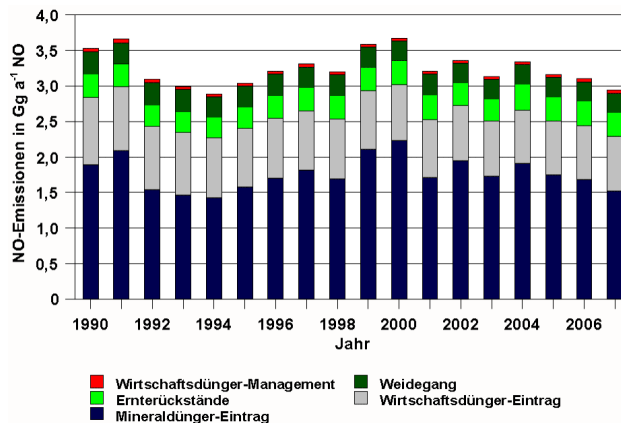


Abbildung 6: Zeitliche Entwicklung der NO -Emissionen in Hessen.

Unsicherheiten der modellierten Emissionen

Emissionsinventare schätzen Emissionen unter der Annahme von guter landwirtschaftlicher Praxis und bedarfsgerechter Fütterung unter Verwendung von statistischen Daten. Dieses Verfahren wird in den Staaten, die der Klimarahmenkonvention und dem Genfer Luftreinhalteabkommen beigetreten sind, gleichermaßen angewendet. Damit ist sichergestellt, dass die Emissionen überall vergleichbar berechnet werden. Neben den Emissionen selbst sollen auch die Fehler berichtet werden. Dies ist im deutschen landwirtschaftlichen Inventar bislang nicht vollständig geschehen.

Bekannt ist, dass die Tierzahlen aufgrund der Erhebungspraxis bei Rindern, Schweinen, Schafen und Geflügel systematisch um wenige Prozent zu gering sind. Bei Pferden wird die Gesamtmenge um größenordnungsmäßig 100 % unterschätzt. Die Ausscheidungen der Tiere werden unter der Annahme einer bedarfsgerechten Fütterung berechnet. Weicht die Praxis davon ab, ist mit höheren N -

Ausscheidungen zu rechnen.

Bei Mineräldüngern werden den Rechnungen die im Berichtsjahr verkauften Mengen zugrunde gelegt in der Annahme, dass die Änderung der Lagerbestände im Mittel Null ist. Die Mengen werden unter Verwendung der Landnutzungsdaten plausibel auf die Kreise herunter gebrochen.

Alle hier beschriebenen Emissionen sind witterungsabhängig. Dies wird bei den Emissionsfaktoren dadurch berücksichtigt, dass man in Abhängigkeit von Lufttemperaturen Regionen festlegt, für die jeweils unterschiedliche Emissionsfaktoren gelten.

Emissionsfaktoren sind im nationalen oder internationalen Konsens festgelegte Größen. Sie beschreiben ein typisches Emissionsverhalten, aber kein aktuelles.

Emissionsfaktoren für NH_3 weisen in der Regel eine Unsicherheit von größenordnungsmäßig 30 % bei normaler Verteilung auf. Die Unsicherheit der Emissionsfaktoren für N_2O ist beträchtlich größer; IPCC gibt für direkte Emissionen aus Böden den Faktor 3 an, alle anderen N_2O -Emissionsfaktoren haben größere Unsicherheiten. Bei NO ist die Unsicherheit größer als bei N_2O .

Statistische Unsicherheiten werden geringer, wenn man über größere Flächen und Zeitspannen integriert. Wir gehen deshalb davon aus, dass die auf Bundeslandebene ermittelten Emissionen eine geringere Unsicherheit als die auf Landkreisebene aufweisen.

Eine erste detaillierte Analyse der Unsicherheiten wurde 2010 für das gesamte Bundesgebiet und die Emissionen im Jahr 2008 erstellt (Haenel et al. 2010). Sie betragen für NH_3 etwa 23 % und für die Treibhausgase N_2O und CH_4 insgesamt etwa 38 %. Die hohe Unsicherheit bei den Treibhausgasen ist auf die Unsicherheit der N_2O -Emissionsfaktoren für die Emissionen aus Böden zurückzuführen.

Literatur

Amann M., Bertok I., Cofala J., Gyarfas F., Heyes C., Klimont Z., Schöpp W. & Winiwarter W. (2005): Baseline Scenarios for the Clean Air for Europe (CAFE) Programme. Final Report.

http://ec.europa.eu/environment/archives/cape/activities/pdf/cape_scenario_report_1.pdf

Dämmgen U., Haenel H.-D., Rösemann, C., Conrad J., Lüttch M., Döhler H., Eurich-Menden B., Laubach P., Müller-Lindenlauf M. & Osterburg B. (2009): 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.

EMEP/CORINAIR (2006): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – Agriculture. EEA, Copenhagen.

<http://www.eea.europa.eu/publications/EMEP/CORINAIR4/page019.html>

Europäische Union (2006): Verordnung (EG) Nr. 166/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Januar 2006 über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregisters und zur Änderung der Richtlinien 91/689/EWG und 96/61/EG des Rates. Amtsblatt der Europäischen Union L 33/1 vom 4.2.2006.

Siehe auch <http://www.prtr.bund.de>.

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). vTI Agricultural and Forestry Research, Special Issue 334, 13-428.

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 (Table 4.17).

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>

Impressum

Bearbeiter: Dir. u. Prof. Dr. U. Dämmgen (TiHo Hannover)
Dr. H.-D. Haenel, Dipl.-Geogr. C. Rösemann
(vTI Braunschweig)

Prof. Dr. L. Grünhage (Uni Gießen)
G. Dörger, Prof. Dr. K. Hanewald (HLUG)

Stand: Oktober 2010

Herausgeber:

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Postfach 3209, 65022 Wiesbaden

Telefon: 0611/6939-0

Telefax: 0611/6939-555

Vertrieb: Telefon: 0611/6939-111

Telefax: 0611/6939-113

E-Mail: vertrieb@hlug.hessen.de

Anhang

Tabelle 1:

Emissionen und Emissionsdichten landwirtschaftlicher NH₃-Emissionen hessischer Landkreise. Angaben für Wirtschaftsdünger-Management einzelner Tierkategorien und für Emissionen nach Einträgen in Böden. Angaben der Emissionen für 2003 in Mg a⁻¹. Angabe der Emissionsdichten bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche in kg ha⁻¹ a⁻¹ NH₃.

	Milch- kühe	andere Rinder	Schweine	übrige Säugetiere	Geflügel	landw. Böden	Emissions- dichte *)
	[Mg a ⁻¹]						[kg ha ⁻¹ a ⁻¹]
SK Darmstadt	2,9	1,6	6,5	4,5	0,1	5,6	14,9
SK Frankfurt am Main	4,9	2,0	7,3	7,8	0,8	15,4	11,4
SK Offenbach	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	1,1	18,0
SK Wiesbaden	9,3	12,7	9,0	14,6	2,7	19,8	15,6
LK Bergstraße	171,9	207,1	67,4	49,4	15,5	97,8	30,0
LK Darmstadt-Dieburg	104,0	98,0	173,7	52,1	60,6	99,1	26,3
LK Groß-Gerau	18,1	27,1	67,2	29,1	19,2	61,2	12,6
LK Hochtaunuskreis	59,5	64,0	11,9	43,7	6,0	54,5	22,4
LK Main-Kinzig-Kreis	407,2	468,8	109,5	77,1	77,9	211,2	32,7
LK Main-Taunus-Kreis	12,1	13,0	9,5	20,3	0,6	28,6	12,5
LK Odenwaldkreis	290,3	261,0	62,0	41,9	4,5	86,2	46,3
LK Offenbach	32,3	29,9	14,6	25,5	35,7	25,4	29,3
LK Rheingau-Taunus-Kreis	24,9	50,5	50,3	44,2	5,3	71,5	17,0
LK Wetteraukreis	293,9	253,9	227,1	63,0	18,0	245,2	22,5
LK Gießen	173,9	183,1	133,3	50,8	102,9	149,3	26,4
LK Lahn-Dill-Kreis	105,7	198,9	31,0	58,5	23,4	99,2	27,7
LK Limburg-Weilburg	265,7	233,4	123,9	42,3	19,4	148,3	27,3
LK Marburg-Biedenkopf	399,6	411,0	321,8	63,3	38,7	225,6	31,0
LK Vogelsbergkreis	817,2	706,7	445,7	50,0	13,1	319,5	38,5
SK Kassel	0,0	0,5	0,9	5,1	0,4	3,5	17,0
LK Fulda	860,5	838,2	387,0	65,1	117,4	321,5	42,9
LK Hersfeld-Rotenburg	301,7	327,1	369,2	30,4	43,9	172,5	35,9
LK Kassel	288,6	228,3	426,9	76,2	37,0	233,3	27,5
LK Schwalm-Eder-Kreis	524,7	397,3	1044,0	51,5	86,6	322,6	37,1
LK Waldeck-Frankenberg	982,6	746,8	513,1	68,1	24,5	342,2	39,9
LK Werra-Meißner-Kreis	308,9	244,8	257,3	39,5	18,6	176,1	30,2
Hessen	6,46·10³	6,01·10³	4,87·10³	1,08·10³	0,77·10³	3,54·10³	32,0 **)
	22,7·10³						

*) Der Bezug der Emission auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen erlaubt einen Rückschluss auf die jeweilige Intensität der Landwirtschaft.

**) flächengewichtetes Mittel

Tabelle 2:

Emissionen und Emissionsdichten landwirtschaftlicher N₂O-Emissionen hessischer Landkreise. Angaben der Emissionen für 2003 in Mg a⁻¹. Angabe der Emissionsdichten bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche in kg ha⁻¹ a⁻¹ N₂O.

	Mineral- dünger- Eintrag	Wirt- schafts- dünger- Eintrag	Ernte- rück- stände	Weide- gang	organi- sche Böden	Wirt- schafts- dünger- Manage- ment	indirekte Emis- sionen	Emissions- dichte *)
	[Mg a ⁻¹]							[kg ha ⁻¹ a ⁻¹]
SK Darmstadt	1,9	0,5	0,7	0,1	0,0	0,3	1,0	3,2
SK Frankfurt am Main	5,7	0,7	2,6	0,2	0,0	0,5	2,4	3,6
SK Offenbach	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,2	3,6
SK Wiesbaden	6,9	1,5	2,6	0,3	0,0	1,0	3,4	3,6
LK Bergstraße	26,8	13,6	8,7	6,8	15,8	8,9	19,5	4,9
LK Darmstadt-Dieburg	32,9	15,3	12,7	0,9	8,3	9,4	20,9	4,5
LK Groß-Gerau	21,4	4,9	8,4	0,5	34,2	3,0	10,4	4,7
LK Hochtaunuskreis	16,6	4,7	5,1	2,8	0,0	3,3	9,3	3,9
LK Main-Kinzig-Kreis	58,0	28,5	17,0	15,0	2,5	18,9	42,1	4,4
LK Main-Taunus-Kreis	9,9	1,8	3,4	0,3	0,0	1,2	4,4	3,1
LK Odenwaldkreis	21,0	16,8	3,9	8,8	0,0	11,5	19,9	5,1
LK Offenbach	7,7	3,3	2,7	1,2	0,0	1,9	5,3	4,0
LK Rheingau-Taunus-Kreis	22,8	5,0	6,9	1,0	0,0	3,4	10,9	3,5
LK Wetteraukreis	81,8	21,6	30,2	9,4	0,0	13,2	44,3	4,1
LK Gießen	46,2	15,0	13,7	7,1	0,0	8,9	27,8	4,0
LK Lahn-Dill-Kreis	25,3	10,3	4,8	7,9	0,0	7,0	16,8	3,9
LK Limburg-Weilburg	46,2	16,9	14,9	8,2	0,0	11,0	28,7	4,1
LK Marburg-Biedenkopf	67,5	31,6	21,2	14,3	0,5	20,2	47,6	4,3
LK Vogelsbergkreis	85,0	49,3	21,5	22,7	1,2	31,8	67,4	4,6
SK Kassel	1,0	0,2	0,3	0,2	0,0	0,1	0,5	3,8
LK Fulda	83,3	56,4	18,1	25,9	3,3	37,0	71,4	4,9
LK Hersfeld-Rotenburg	50,5	26,5	13,5	10,3	0,0	16,0	37,5	4,5
LK Kassel	79,0	25,5	28,7	9,0	0,0	14,6	46,9	4,3
LK Schwalm-Eder-Kreis	108,5	50,6	39,4	14,2	0,0	26,1	76,0	4,8
LK Waldeck-Frankenberg	96,3	56,1	26,0	25,4	0,0	36,7	76,8	4,7
LK Werra-Meißner-Kreis	53,6	21,0	15,7	8,7	0,0	12,7	34,4	4,2
Hessen	1,06·10³	0,48·10³	0,32·10³	0,20·10³	0,07·10³	0,30·10³	0,73·10³	4,4 **)
	3,1·10³							

*) Der Bezug der Emission auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen erlaubt einen Rückschluss auf die jeweilige Intensität der Landwirtschaft.

***) flächengewichtetes Mittel

Tabelle 3:

Emissionen und Emissionsdichten landwirtschaftlicher NO-Emissionen hessischer Landkreise. Angaben der Emissionen für 2003 in Mg a^{-1} . Angabe der Emissionsdichten bezogen auf die landwirtschaftliche Nutzfläche in $\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$ NO.

	Mineral- dünger- Eintrag	Wirtschafts- dünger- Eintrag	Ernterück- stände [Mg a^{-1}]	Weidegang	Wirtschafts- dünger- Management	Emissions- dichte *) [$\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1}$]
SK Darmstadt	3,1	0,8	0,7	0,1	0,0	3,4
SK Frankfurt am Main	9,3	1,1	2,5	0,2	0,1	3,9
SK Offenbach	0,5	0,1	0,1	0,1	0,0	3,9
SK Wiesbaden	11,2	2,5	2,5	0,4	0,1	3,8
LK Bergstraße	43,9	22,2	8,3	9,3	1,2	4,2
LK Darmstadt-Dieburg	53,8	25,0	12,2	1,3	1,3	4,2
LK Groß-Gerau	35,0	8,0	8,0	0,7	0,4	2,9
LK Hochtaunuskreis	27,2	7,7	4,9	3,9	0,4	4,1
LK Main-Kinzig-Kreis	94,8	46,6	16,2	20,4	2,6	4,4
LK Main-Taunus-Kreis	16,3	2,9	3,2	0,5	0,2	3,4
LK Odenwaldkreis	34,3	27,6	3,7	12,1	1,6	4,9
LK Offenbach	12,6	5,4	2,5	1,7	0,3	4,0
LK Rheingau-Taunus-Kreis	37,4	8,2	6,5	1,3	0,5	3,7
LK Wetteraukreis	133,8	35,3	28,8	12,8	1,8	4,3
LK Gießen	75,6	24,5	13,1	9,6	1,2	4,1
LK Lahn-Dill-Kreis	41,4	16,8	4,6	10,8	1,0	4,0
LK Limburg-Weilburg	75,7	27,7	14,2	11,1	1,5	4,3
LK Marburg-Biedenkopf	110,5	51,7	20,2	19,5	2,8	4,3
LK Vogelsbergkreis	139,1	80,7	20,5	31,0	4,3	4,5
SK Kassel	1,6	0,3	0,3	0,3	0,0	4,1
LK Fulda	136,3	92,4	17,3	35,4	5,0	4,7
LK Hersfeld-Rotenburg	82,7	43,4	12,9	14,1	2,2	4,5
LK Kassel	129,2	41,8	27,4	12,2	2,0	4,5
LK Schwalm-Eder-Kreis	177,5	82,8	37,6	19,4	3,6	4,9
LK Waldeck-Frankenberg	157,5	91,8	24,8	34,6	5,0	4,7
LK Werra-Meißner-Kreis	87,7	34,3	15,0	11,9	1,7	4,4
Hessen	$1,73 \cdot 10^3$	$0,78 \cdot 10^3$	$0,31 \cdot 10^3$ $3,1 \cdot 10^3$	$0,27 \cdot 10^3$	$0,04 \cdot 10^3$	4,4 **)

*) Der Bezug der Emission auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen erlaubt einen Rückschluss auf die jeweilige Intensität der Landwirtschaft.

**) flächengewichtetes Mittel

