

Ulrich Dämmgen, Hans-Dieter Haenel, Manfred Lüttich und Bernhard Osterburg, Braunschweig, sowie Helmut Döhler und Brigitte Eurich-Menden, Darmstadt

## Landwirtschaftliche Emissionsinventare in Deutschland

*Die Emissionsberichterstattung ist ein wichtiger Bestandteil internationaler Vereinbarungen. Voraussetzung für die Erstellung dieser so genannten Emissionsinventare ist eine hinreichende Kenntnis der Quellen und Mengen. Das Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI), Braunschweig, und das KTBL in Darmstadt erstellen jährlich das Emissionsinventar der deutschen Landwirtschaft.*

Dr. Ulrich Dämmgen, Dr. Manfred Lüttich und Dr. Hans-Dieter Haenel sind wissenschaftliche Mitarbeiter am Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Agrarrelevante Klimaforschung, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig. Dr. Bernhard Osterburg arbeitet am dortigen Institut für Ländliche Räume. Dr. Helmut Döhler und Dr. Brigitte Eurich-Menden sind wissenschaftliche Mitarbeiter des Kuratoriums für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Bartningstr. 49, 64289 Darmstadt; e-mail: [b.eurich-menden@ktbl.de](mailto:b.eurich-menden@ktbl.de)

### Schlüsselwörter

Emissionsinventare, Ammoniakemissionen, Methanemissionen, Lachgasemissionen

### Keywords

Emission inventories, ammonia emissions, methane emissions, nitrous oxide emissions

### Literatur

Literaturhinweise finden sich unter LT 08412 über Internet [www.landtechnik-net.de/literatur.htm](http://www.landtechnik-net.de/literatur.htm).

Mit der Unterzeichnung mehrerer internationaler Vereinbarungen (UN ECE CLRTAP<sup>1</sup>, UNFCCC<sup>2</sup>, NEC<sup>3</sup>) hat sich Deutschland verpflichtet, in regelmäßigem Turnus Bericht über die Emissionen klimawirksamer Gase und anderer Umwelt belastender Komponenten aller Verursacherebenen einschließlich der Landwirtschaft zu erstatten. Die Berichterstattung unterliegt mittlerweile strengen Qualitätskriterien, deren Nichteinhaltung oder Nichterfüllung zu drastischen Sanktionen für die Bundesrepublik Deutschland führt, unter anderem ist der Ausschluss vom so genannten „clean development mechanism“ (einschließlich Emissionshandel) möglich. Die Verantwortung für die Berichterstattung liegt beim Bundesministerium für Umwelt. Die Emissionsberichterstattung für die verschiedenen Konventionen im Bereich der Landwirtschaft erfolgt bisher durch das Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei (vTI, federführend) und das KTBL. Die Inventare quantifizieren

- die Emissionen von Methan (CH<sub>4</sub>), Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), flüchtigen organischen Verbindungen außer Methan (NMVOC) einschließlich deren Schwefel- und Kohlenstoff-Gehalte (NMVOC-C und NMVOC-S), Ammoniak (NH<sub>3</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O), Stickstoffmonoxid (NO), Distickstoff (N<sub>2</sub>) sowie Stäuben (Gesamtstaub TS und Feinstäube PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) aus Böden, Pflanzenbeständen, der Nutztierhaltung und der Forstwirtschaft,
- die Depositionen von CH<sub>4</sub> in Böden,
- die Kohlenstoff-Vorräte und deren zeitliche Änderung,
- die quantitativen Unsicherheiten in den Emissionen und Änderungen in den Kohlenstoffvorräten.

Die Erstellung der Inventare schließt die Erarbeitung von Prognosen ein. Diese werden im regelmäßigen Abstand von fünf Jahren

erstellt, für die nationale Politikberatung sind jedoch Prognosen im jährlichen Abstand erforderlich.

Gegenstand der internationalen Abkommen ist auch die Überprüfung der Wirksamkeit emissionsmindernder Maßnahmen und von Maßnahmen zur Vermehrung und Verbesserung von Kohlenstoff-Senken sowie die Auswirkung von Minderungsmaßnahmen auf die Luftqualität und andere Umweltkompartimente.

### Verfahren

Die Quantifizierung der Emissionen und Vorräte erfolgt mit Hilfe von Modellen, die die Emissionen und Vorräte mit hinreichender zeitlicher und räumlicher Auflösung so beschreiben, dass Emissionsminderungsmaßnahmen und Maßnahmen zur Verbesserung der Bindung von Kohlenstoff zu erkennen sind. Dies setzt sowohl die Kenntnis der relevanten Aktivitäten und Vorräte in Deutschland als auch die Kenntnisse geeigneter nationaler Emissionsfaktoren und -funktionen voraus. Die Flüsse von Stickstoff- und ausgewählten Kohlenstoff-Spezies werden in einem Stoffflussmodell so beschrieben, dass die gesamte landwirtschaftliche Praxis abgebildet werden kann.

Die Modellierung erfolgt nach dem Stand der Wissenschaft unter Berücksichtigung der Regelwerke von UNECE (2005) und UNFCCC (IPCC 1996, 2000) sowie den Anforderungen der EU (etwa NEC-Richtlinie) und der dort gemachten Vorgaben hinsichtlich

- ihrer Nachvollziehbarkeit
- ihrer Vollständigkeit,
- ihrer inneren Konsistenz,
- ihrer Vergleichbarkeit sowie
- ihrer Genauigkeit oder Unsicherheit.

Die beiden verbindlichen Regelwerke von UNFCCC [4, 5] und UN ECE bilden die methodische Grundlage des Rechenwerkes. Wichtig ist, dass so genannte Hauptquellgruppen, etwa Milchkuhe, detailliert beschrieben werden, wohingegen eher marginale Quellen, etwa Emissionen aus der Ziegenhaltung, mit einfachen Mitteln beschrieben werden. Einfach ist ein Verfahren,

<sup>1</sup>) UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, <http://www.unece.org/env/lrtap>

<sup>2</sup>) UN Framework Convention on Climate Change, daraus abgeleitet das Kyoto-Protokoll, <http://unfccc.int>

<sup>3</sup>) National Emission Ceilings, Official Journal of the European Union L 309//22, 27. 11. 2001

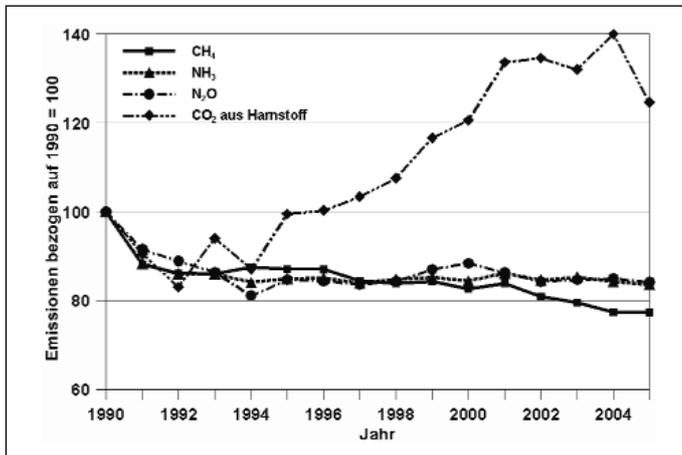


Bild 1: Zeitliche Entwicklung der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft bezogen auf das Basisjahr 1990

Fig. 1: Trend of emissions from German agriculture, base year 1990

das eine Aktivität (eine Tierzahl  $n_{Ziege}$ ) mit einem Emissionsfaktor etwa für Methan aus der Lagerung von Wirtschaftsdünger ( $EF_{CH_4}$ , Lagerung, Ziege) kombiniert, um die entsprechende Emission  $E_{CH_4}$ , Lagerung Ziege zu berechnen:

$E_{CH_4, Lagerung Ziege} = n_{Ziege} \cdot EF_{CH_4, Lagerung, Ziege}$   
 Der Emissionsfaktor ist dann in den Regelwerken für einzelne Weltregionen als Konstante („default emission factor“) tabelliert. Das Verfahren wird im deutschen Inventar nur in wenigen Ausnahmefällen angewendet, etwa im oben genannten Beispiel oder bei den Lachgas-Emissionen aus bewirtschafteten organischen Böden. Im Regelfall werden für Deutschland typische Werte in die Berechnung einbezogen, etwa die für die Emissionen wichtigen Mengen an Ausscheidungen, so dass die eigentliche Aktivität bereits das Produkt aus Tierzahl  $n_{Ziege}$  und Ausscheidung  $m_{N, Ziege}$  ist, für die dann die Emission berechnet wird:

$E_{NH_3, Ziege} = (n_{Ziege} \cdot m_{N, Ziege}) \cdot EF_{NH_3, Ziege}$   
 Ein solches Verfahren wird als *verbessertes Verfahren* bezeichnet.

Ein *detailliertes* Verfahren berechnet schließlich die Ausscheidung des Tieres getrennt als Ausscheidung im Kot und im Harn als Funktion seiner Leistung und seiner Fütterung, den Emissionsfaktor als Funktion des Stalltyps und Haltungsverfahrens, der eingesetzten Lagerungstechnik, der Ausbringtechnik und der Einarbeitungszeit für die Wirtschaftsdünger unter Berücksichtigung der Umgebungstemperatur.

Die Berichtspflichten sehen vor, dass jeder Staat zunächst eine Quellgruppen-Analyse durchführt („key source analysis“). Alle Quellen werden dabei sowohl nach ihrem Beitrag zur nationalen Gesamtemission als auch nach ihren zeitlichen Trends bewertet. Quellen, die zu den Hauptquellgruppen gehören, sollen nach detaillierten Verfahren berechnet werden, sofern diese vorhanden sind. Bei den Treibhausgasen zählen von den landwirtschaftlichen Quellen

- die Methan-Emissionen aus der Verdauung bei Rindern,
- die Methan-Emissionen aus dem Wirtschaftsdünger-Management bei Rindern

und Schweinen sowie

- die direkten und indirekten Lachgas-Emissionen aus Böden zu den Hauptquellgruppen.

Als Hauptquellgruppen für Ammoniak gelten

- das Wirtschaftdünger-Management bei Rindern, Schweinen, Pferden und Geflügel sowie
- die Emissionen bei der Anwendung von Mineraldüngern.

Das verwendete Kalkulations-Modell GAS-EM ist auch in der Lage, die Emissionen einzelner (typischer) Quellen, etwa einzelner landwirtschaftlicher Betriebe, zu schätzen.

#### Quellen im landwirtschaftlichen Inventar

Eine ausführliche Quellenbeschreibung findet sich in [2]. Dort ist genau aufgeführt, welche Gase oder Stäube bei welcher Quelle behandelt werden, wie komplex das Rechenverfahren ist und welche zeitlichen und räumlichen Auflösungen derzeit erreicht werden. Bei der räumlichen Auflösung ist entscheidend, dass Tierzahlen oder Flächen mit dieser Auflösung berichtet oder modelliert werden können. Die Emissionsfaktoren sind oft weniger hoch aufgelöst.

#### Herkunft der Aktivitätsdaten

Wichtige Grundlagen der Aktivitätszahlen sind die amtlichen Statistiken, wie sie sei-

tens des Statistischen Bundesamts und der Statistischen Landesämter bisher zur Verfügung stehen. Die Zeitreihen sind wegen der Änderung des Zeitpunktes der Tierzählungen bei allen Tieren nicht konsistent und aus Gründen des Datenschutzes in der Regel unvollständig und müssen plausibel korrigiert und vervollständigt werden. Leistungsdaten sind zum einen aus der Literatur, zum anderen aus der Befragung bei Verbänden erhältlich. Wichtige Erkenntnisse zur Verteilung von Stall-, Lagerungs- und Ausbringungsformen werden aus den statistischen Daten einschließlich Sonderauswertungen, Befragungsdaten und Expertenerkenntnissen modelliert. Das vor sechs Jahren beschriebene Verfahren [7] wird weiterhin angewandt. Die Verfügbarkeit von Daten hat sich seitdem allerdings verschlechtert.

#### Das deutsche landwirtschaftliche Emissionsinventar für das Jahr 2005

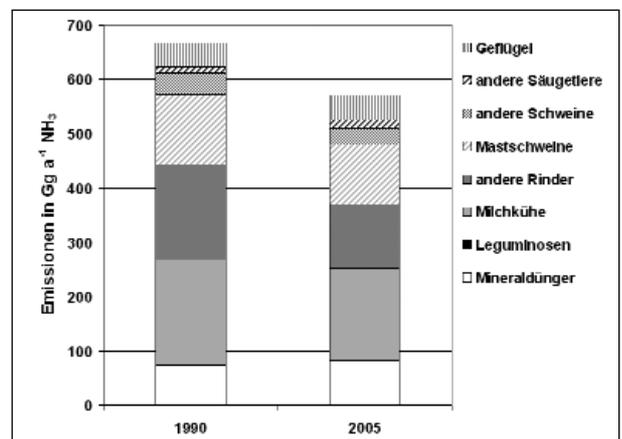
Im September 2006 wurde das landwirtschaftliche Emissionsinventar fertig gestellt, in dem die Emissionen für das Jahr 2005 berechnet sind. Eine ausführliche Beschreibung des Inventars und eine detaillierte Darstellung der Datensätze für Emissionen, Aktivitätsdaten, zusätzliche Informationen und resultierende Emissionsfaktoren („implied emission factors“) steht im Internet zur Verfügung [2, 6].

Bild 1 veranschaulicht die zeitliche Entwicklung der Gesamtemissionen wichtiger Spezies.

Bild 1 verdeutlicht, dass nach der Konsolidierung der Landwirtschaft in den Neuen Bundesländern nur noch ein geringfügiger Rückgang der Emissionen stattfindet. Hierfür sind im Wesentlichen rückläufige Tierzahlen verantwortlich. Im Gegenzug haben sich aber Emissionsfaktoren erhöht. So nahm der Anteil der (für  $NH_3$ ) emissionsarmen Weidehaltung ab, die Leistung pro Tier (Milchleistung, Gewichtszunahme) aber zu. Bild 2 stellt die Hauptquellen der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft dar.

Bild 2: Ammoniakemissionen der Landwirtschaft in Gg pro Jahr, Basisjahr 1990 und die Emissionen im Jahre 2005

Fig. 2: Ammonia emissions from agriculture in Gg per year in 2005 compared with the emission in 1990 (base year)



## Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] *Dämmgen, U.*: Die statistischen Angaben von Tierzahlen in deutschen Emissionsinventaren. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 291, (2006), S. 223-230
- [2] *Dämmgen, U. et al.*: Nationaler Inventarbericht 2007. Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft. 2007, <http://www.vti.bund.de/de/institute/ak/publikationen/downloads.htm>
- [3] EMEP/CORINAIR : Joint EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook. 3rd ed., EEA, Copenhagen, 2002, <http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR3/en/>
- [4] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change : Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Vol. 3. Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. IPCC WGI Technical Support Unit, Bracknell, 1996
- [5] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change : Good Practice Guidance and Uncertainty Measurement in National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories programme. Technical Support Unit, Hayama, 2000
- [6] *Lüttich, M., et al.*: Nationaler Inventarbericht 2007. Berechnungen der Emissionen aus der deutschen Landwirtschaft. Tabellen. <http://www.vti.bund.de/de/institute/ak/publikationen/downloads.htm>, 2007
- [7] • *Osterburg, B., et al.*: Nationales Ammoniak-Emissionsinventar – KTBL-FAL-ATB-Projekt „Landwirtschaftliche Emissionen“. In: KTBL (Hrsg.): Emissionen der Tierhaltung. Grundlagen, Wirkungen, Minderungsmaßnahmen. KTBL-Schrift 406, KTBL, Darmstadt, 2002, S. 231-248
- [8] UN ECE – United Nations Economic Commission for Europe, Task Force on Emission Inventories and Projections (2003): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2005. <http://reports.eea.europa.eu/EMEP/CORINAIR4/en/page019.html>
- [9] UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change : [http://unfccc.int/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/items/3473.php](http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/items/3473.php), 2005