

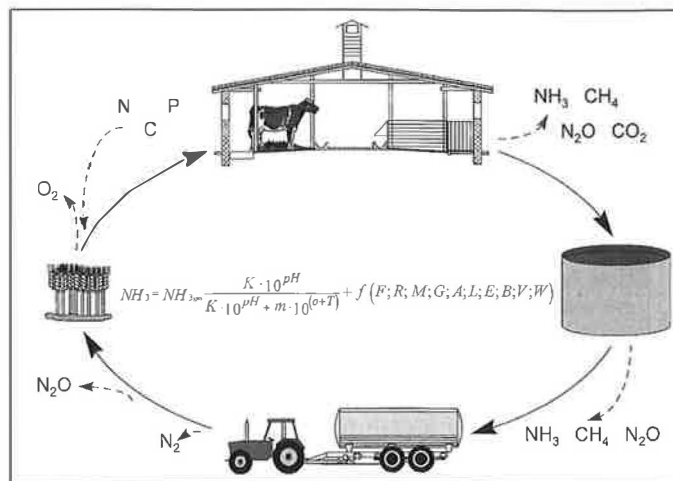
Emissionen aus der Rinderhaltung

Modellierung emissionsrelevanter Stoffflüsse

Die ökologischen Auswirkungen landwirtschaftlicher Verfahren sind neben ihren ökonomischen, sozialen und ethologischen Merkmalen ein wesentlicher Aspekt ihrer Bewertung. Eine Charakterisierung der ökologischen Auswirkungen und gezielte Einflussnahme auf sie setzen Kenntnisse über die ursächlich wirkenden Stoffflüsse und Prozesse voraus. Deren Komplexität macht die experimentelle Untersuchung aller potentiellen Konstellationen praktisch unmöglich und verlangt, die realen Vorgänge mit Hilfe von Modellen abzubilden.

Bild 1: Systemgrenzen des Gesamtmodells

Fig. 1: System margins of the total model



Die Modellierung von Stoffflüssen in der Tierhaltung erfordert die Kenntnis einer Reihe mathematischer und naturwissenschaftlicher Grundlagen sowie spezieller, in der Regel durch experimentelle Untersuchungen gewonnener Daten und Fakten. Ziel der Modellierung ist ein Erkenntniszuwachs, der letztendlich auch die Verringerung unerwünschter Emissionen gestattet. Ausgangspunkt diesbezüglicher Arbeiten am ATB sind die einzelnen Verfahrensabschnitte. Die Abschätzung von Emissionen und Möglichkeiten ihrer Verminderung kann damit – auch für Regionen wie Länder oder Europa – durch entsprechende Hochrechnungen „von unten nach oben“ erfolgen. Die Modelle sollen zum Vergleich/zur Bewertung der unterschiedlichen Verfahren der Tierhaltung beitragen. Sie sollen die Einordnung der tierhaltungsbedingten Emissionen mit ihren Potentialen, Kosten und anderen Folgen in das gesamte anthropogene und natürliche Emissionsgeschehen ermöglichen. Tierhaltung und Pflanzenbau gehören zusammen, sie sind aufeinander angewiesen und daher zusammen zu betrachten. Wegen der Handhabbarkeit, Übersichtlichkeit und um auf verschiedene Fragen flexibel reagieren zu können, wird der gesamte Kreislauf (Bild 1) in mehreren voneinander abgegrenzten, aber kompatiblen Modellen abgebildet.

Wesentliche Emissionen

Gase, an deren Emission die landwirtschaftliche Tierhaltung maßgeblich oder auch nur nennenswert beteiligt ist, sind Ammoniak (NH_3), Methan (CH_4), Distickstoffmonoxid (N_2O) und Kohlendioxid (CO_2) [1].

Kohlendioxid wird hauptsächlich bei der Atmung der Tiere freigesetzt. Im Kreislauf

Pflanze-Tier kann dies jedoch als neutral angesehen werden. Damit bleiben die durch direkten und indirekten Energieeinsatz bedingten Kohlendioxidemissionen. Mit einem Anteil an den anthropogenen Emissionen von etwa 3 % spielen sie in Deutschland volkswirtschaftlich kaum eine Rolle. Sie kennzeichnen aber, so wie auch der Energieaufwand, die verschiedenen Verfahren und sind in einzelnen Verfahrensabschnitten durchaus von Bedeutung.

Distickstoffmonoxid emittiert nach bisherigem Erkenntnisstand nur in tiefeingestrueten Haltungssystemen in erwähnenswerten Mengen. Hier bestehen allerdings noch einige Wissenslücken, insbesondere in der Rinderhaltung. Mit den Emissionen aus dem Boden, die der Tierhaltung in dem Maß indirekt zugeschrieben werden können, in dem es sich um Futterflächen handelt, ist die Landwirtschaft mit etwa einem Drittel an den anthropogenen deutschen Distickstoffmonoxidemissionen beteiligt. Zu beachten ist, dass die Klimawirksamkeit von Distickstoffmonoxid ungefähr das 320fache von Kohlendioxid und das 13fache von Methan beträgt.

Bei Methan beträgt der Anteil der Tierhaltung an den anthropogenen Emissionen in Deutschland etwa 30 %. Davon stammen fast 90 % aus der Rinderhaltung und etwa 7 % aus der Schweinehaltung. Die Freisetzung geschieht bei den Wiederkäuern hauptsächlich während der Verdauung und weniger bei der Exkrementlagerung und -ausbringung, bei den Schweinen ist es genau umgekehrt.

Dr.-Ing. Werner Berg ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung „Technikbewertung und Stoffkreisläufe“ am Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) (Wissenschaftlicher Direktor: Prof. Dr.-Ing. J. Zaske), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, e-mail:wberg@atb-potsdam.de

Schlüsselwörter

Stoffflüsse, Rinderhaltung, Emissionen

Keywords

Substance fluxes, cattle husbandry, emissions

Mit der Emission der drei genannten klimarelevanten Gase trägt die Tierhaltung mit etwa 7 % zum deutschen Anteil an der anthropogenen Erwärmung der Erdoberfläche bei.

Die anthropogenen Ammoniakemissionen in Deutschland stammen zu fast 90 % aus der Tierhaltung. Mineraldüngerherstellung und -einsatz verursachen etwa 10 %. Der Anteil der verkehrsbedingten Ammoniakemissionen läßt sich mit über 2 % veranschlagen. Die Emissionen aus der Tierhaltung gehen zu rund 70 % auf die Rinder- und zu annähernd 20 % auf die Schweinehaltung zurück.

Die Emissionen aus der Schweinehaltung können mittlerweile auch haltungsspezifisch recht gut kalkuliert werden. Für die Rinderhaltungsverfahren bestehen dagegen diesbezüglich größere Defizite. Angesichts des Anteils der Rinderhaltung an den Emissionen aus der Tierhaltung einerseits und am Einkommen der Landwirte andererseits besteht ein entsprechend großes Interesse an detaillierten Kenntnissen über die Emissionen aus der Rinderhaltung und darauf aufbauenden Möglichkeiten zur Emissionsminderung. Der Handlungsbedarf in dieser Richtung ist absehbar und es gilt, unter Beachtung sozialer, ökonomischer, ökologischer und ethologischer Aspekte darauf vorbereitet zu sein.

Einflussgrößen

Die Art und Anzahl der in die Algorithmen der Modelle eingehenden Parameter sollen auf das notwendige Maß begrenzt werden. Hierbei sind die zwischen der Datenverfügbarkeit, -belastbarkeit, Handhabbarkeit der Modelle und der Qualität der Ergebnisse bestehenden Diskrepanzen zu berücksichtigen. Die Gestaltung der Algorithmen erfolgt auch unter dem Gesichtspunkt einer minimalen Fehlerfortpflanzung.

In die Modellierung der Stoffflüsse in der Rinderhaltung gehen Daten ein zur Kennzeichnung der Tiere, der Fütterung, des Haltungssystems, der Klimatisierung, der Entmistung, der Exkremente, ihrer Lagerung, Ausbringung und pflanzenbaulichen Verwertung, zur Kennzeichnung der Umgebung, der Pflanzenbauverfahren sowie der Ernte, Aufbereitung und Lagerung der Futtermittel (Tab. 1). Entsprechend der Zielsetzung werden die Stoffflüsse soweit modelliert, dass sich die Emissionen der genannten Gase für unterschiedliche Verfahren und deren Abschnitte kalkulieren lassen. Die zu entwickelnden Algorithmen sollen die Einbeziehung von Maßnahmen zur Emissionsminderung gestatten. Damit sind Auswirkungen von Minderungsmaßnahmen, auch ihrer Kombinationen, vorzubestimmen.

Bereich/ Verfahrensabschnitt	Parameter Parametergruppe
Tier	Leistung, Futtermittelerwertung -Rasse, Lebendmasse
Futter	Futtermittelinhalte, Rationszusammensetzung, Mengen
Fütterung	Fütterungssystem, Fütterungsregime
Haltung	Gebäude, Aufstallungssystem, Bewirtschaftungsweise
Klimatisierung	Gebäude, Lüftungssystem, Bewirtschaftungsweise
Entmistung	Gebäude, Entmistungssystem, Bewirtschaftungsweise
Exkrementausbringung	Technische Ausrüstung, Handhabung
Umgebungsbedingungen	Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Sonneneinstrahlung, Niederschlag
Boden	Bodentyp, Bodenart, Wasserverhältnisse
Pflanzenbau	Pflanzenart, Fruchtfolge, Bearbeitung, Düngung, Pflanzenschutz, Ernte, Ertrag
Futtermittelaufbereitung, -konservierung und -lagerung	Technische Einrichtung, Bewirtschaftungsweise

Tab. 1: Emissionsbestimmende Parameter/-gruppen für die einzelnen Verfahrensabschnitte/Bereiche

Table 1: Parameters/parameter groups determining emissions for the single process sections/scopes

Algorithmen

Den Modellen liegen zum einen allgemeine naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten zugrunde, zum anderen spezielle Erkenntnisse und empirische Zusammenhänge, die deren Anwendung oft erst möglich machen. So hängt die Freisetzung von Ammoniak aus wässrigen Lösungen von der Lage des Gleichgewichts zwischen freiem Ammoniak (NH₃) und Ammoniumionen (NH₄⁺) ab:



Dieses Gleichgewicht wird beschrieben durch die Dissoziationskonstante K_b .

$$K_b = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \quad (2)$$

[NH₃] – Ammoniakkonzentration in mg/l

[H⁺] – Konzentration der Wasserstoffionen in mg/l

[NH₄⁺] – Konzentration der Ammoniumionen in mg/l

Wie jede Gleichgewichtskonstante ist sie temperaturabhängig. Für eine wässrige Ammoniaklösung beträgt sie [2]:

$$K_b = 10^{-(0,0897 + (2729/T))} \quad (3)$$

T – Temperatur in K

Zwischen der Konzentration der Wasserstoffionen in einer Lösung und ihrem pH-Wert besteht folgender Zusammenhang:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (4)$$

[H⁺] – Konzentration der Wasserstoffionen in mol/l

Damit lässt sich die Konzentration von freiem Ammoniak in einer wässrigen Lösung in Abhängigkeit von Temperatur und pH-Wert beschreiben.

$$[\text{NH}_3] = [\text{NH}_4^+] 10^{(\text{pH} - 0,0897 - (2729/T))} \quad (5)$$

Die Ammoniakemission kann mit Hilfe des Ammoniakpartialdrucks P_{NH_3} über der Oberfläche der Lösung ermittelt werden.

$$P_{\text{NH}_3} = H_{\text{NH}_3}[\text{NH}_3] \quad (6)$$

H_{NH_3} – Henry-Konstante für in Wasser gelöstes Ammoniak in Pa m³/kg

Außerdem beeinflussen Zusätze zur Lösung das Dissoziationsgleichgewicht. Die Dissoziationskonstante und die Henry-Konstante sind also spezifische Größen und für unterschiedliche Lösungen, wie etwa Rindergülle, jeweils zu bestimmen.

Diese Verfahrensweise ist unter Einbeziehung der weiteren emissionsbestimmenden Parameter fortzuführen, um dann die Ammoniakemission für den Bereich des Tierstalls oder der Exkrementlagerung abschätzen zu können. In ähnlicher Weise soll dies für die anderen genannten Gase geschehen.

Zur Bestimmung spezifischer Größen werden Daten aus experimentellen Untersuchungen herangezogen, etwa aus den Messungen zum Ansäuern von Gülle mit Milchsäure [3, 4], oder entsprechende Annahmen getroffen.

Fazit

Durch baukastenartiges Zusammenfügen der Algorithmen oder einzelnen Modelle lassen sich die unterschiedlichen Verfahren der Rinderhaltung simulieren und die entstehenden Emissionen kalkulieren. Es ist zu erwarten, dass so detailliertere Aussagen getroffen und die richtigen Maßnahmen zur Emissionsminderung ergriffen werden können.

Literatur

- [1] Berg, W.: Minderung von Emissionen aus der Tierhaltung – Kosten und Potentiale. Landtechnik 52 (1997), H. 5, S. 262 – 263
- [2] Zhang, R.H. et al.: A Computer Model for Predicting Ammonia Release Rates from Swine Manure Pits. Journal of Agricultural Engineering Research 58 (1994), p. 223 – 229
- [3] Berg, W., G. Hömig und M. Türk: Güllebehandlung mit Milchsäure. Landtechnik 53 (1998), H. 6, S. 378 – 379
- [4] Hörrig, G., W. Berg und M. Türk: Emissionsminderung durch Ansäuern von Gülle – Salpeter- und Milchsäure im Vergleich. Landtechnik 53, (1998), H. 3, S. 146 – 147