

Emissionsinventar für Ammoniak basierend auf einer repräsentativen Umfrage zur landwirtschaftlichen Produktionstechnik

H. Menzi, T. Kupper, B. Reidy

¹ Schweizerische Hochschule für Landwirtschaft (SHL), Länggasse 85,
CH-3052 Zollikofen, Email: harald.menzi@shl.bfh.ch

Einleitung

Die Ammoniakemissionen sind zurzeit in der Schweiz die wohl am intensivsten wahrgenommenen Umweltauswirkungen der Landwirtschaft. Nachdem sie in den 90er-Jahren, ausser in der Forschung, noch wenig Beachtung fanden, sind sich heute viele Landwirte bewusst, dass es sich bei limitiertem N-Einsatz (Nährstoffbilanzvorgaben) lohnen kann, durch den Einsatz emissionsarmer Gülleausbringverfahren, durch bewusste Wahl des Ausbringzeitpunktes und durch weitere Massnahmen die Verluste zu reduzieren (Menzi et al., 2005). Zudem müssen heute neue Güllelager gedeckt gebaut werden und verschiedene Kantone sind daran, Anreize für NH₃-emissionsmindernde Massnahmen und verbesserte N-Effizienz zu schaffen.

Im Rahmen des Göteborg Protokolls sind die Europäischen Staaten unter anderem verpflichtet, regelmässig über die Entwicklung der Ammoniakemissionen, welche zum grössten Teil aus der Landwirtschaft stammen, Bericht zu erstatten. Um auch relativ geringe Veränderungen im Laufe der Zeit richtig abbilden zu können, braucht es zuverlässige Inventarmethoden, welche die Emissionsprozesse richtig wiedergeben, den Einfluss emissionsrelevanter Faktoren differenziert berücksichtigen und auf aktuellen und detaillierten Aktivitätsdaten (Tierzahlen, Produktionstechnik etc.) beruhen. Auch für Handlungsempfehlungen zur Reduktion der Ammoniakemissionen bzw. der Verluste von Stickstoff (N) braucht es zuverlässige Berechnungsinstrumente und detaillierte Kenntnisse bezüglich der aktuellen Produktionstechnik.

Die Schweiz war das erste Land, welches für das offizielle Emissionsinventar von Ammoniak (NH₃) ein Modell einsetzte, das auf der Simulation der N-Flusses der gesamten Hofdüngerkette basierte (Menzi und Katz, 1997). Damit können die komplexen Wechselwirkungen wesentlich besser berücksichtigt werden als mit Modellen, welche mit Emissionsfaktoren pro Tier arbeiten. Das damals berechnete Emissionsinventar für 1990 und 1995 beruhte für die Angaben zur Produktionstechnik auf Expertenannahmen (Menzi et al., 1997). Damit war es aber nicht möglich, räumlich differenzierte Angaben zu verwenden und die Entwicklung im Laufe der Zeit richtig abzubilden. Zudem könnten die Ergebnisse durch die Wahrnehmung der konsultierten Experten beeinflusst werden. Für das Emissionsinventar von 2000 wurde daher eine neue Methode entwickelt. Dabei wurden Informationen zu allen emissionsrelevanten und auf dem landwirtschaftlichen Betrieb bekannten Einflussgrössen mittels einer repräsentativen Umfrage ermittelt. Um die so gewonnen Informationen verarbeiten zu

können war eine Weiterentwicklung des Berechnungsmodells notwendig (REIDY et al., 2007a).

Für das zurzeit bearbeitete Emissionsinventar 2005-2007 wurde diese Methode weiter optimiert, um die Zuverlässigkeit und die Transparenz der Berechnungen weiter zu verbessern.

Allgemeines Vorgehen für die Erstellung des NH₃-Emissionsinventars

Unser Vorgehen umfasste die folgenden Hauptschritte:

1. Repräsentative Umfrage zur aktuellen Produktionstechnik.
2. Entwicklung eines Modells zur Berechnung der NH₃-Emissionen unter Berücksichtigung aller relevanten Einflussgrößen und Interaktionen.
3. Einzelbetriebliche Emissionsberechnungen für jeden an der Umfrage beteiligten Betriebe.
4. Hochrechnung und räumliche Darstellung der Emissionen.
5. Differenzierte Interpretation der Ergebnisse bezüglich Entwicklung und Streuung der Emissionen, Emissionsminderungspotenzial usw.

Repräsentative Umfrage zur emissionsrelevanten Produktionstechnik

Ende 2002 wurde zum ersten Mal eine repräsentative Umfrage zur emissionsrelevanten Produktionstechnik in der Schweizer Landwirtschaft durchgeführt. Wir verwendeten eine repräsentative nach geografischen Regionen (3 Regionen), Höhenstufen (Tal, Hügel, Berg) und Betriebstypen (4 Typen) geschichtete Stichprobe von 3880 Betrieben. Bei einem Rücklauf 50 % konnten 1950 Betriebe in die Auswertungen einbezogen werden. In der zweiten Umfrage Ende 2007 umfasste die Stichprobe 6700 Betriebe und der Rücklauf betrug ebenfalls fast 50 %.

Die ausgewählten Betriebe erhielten per Post einen zwölfseitigen Fragebogen mit Fragen zu Aufstallungssystem, Hofdüngerlagerung, Hofdüngerausbringung, Weideführung, Fütterung, Verteilung der Hofdünger, Wassereinsatz usw. Der Fragebogen war so gestaltet, dass keine Nachforschungen oder Messungen notwendig waren und er üblicherweise in maximal einer Stunde ausgefüllt werden konnte. Bereits amtlich erfasste Daten (z.B. Tierzahlen) wurden nicht erfragt, sondern vom Bundesamt für Statistik in anonymisierter Form zur Verfügung gestellt und mit den Umfrageergebnissen kombiniert. Als Anreiz zur Beteiligung an der Umfrage wurde ein Wettbewerb mit Reisegutscheinen durchgeführt. Die Frageböden wurden automatisch eingelesen und die Ergebnisse umfassenden Plausibilitätstests unterworfen.

Modell zur Berechnung der NH₃-Emissionen

Das bis 2007 verwendete Model "DYNAMO" (Dynamische Ammoniakberechnung) war mit Excel und Visual Basic (VBA) programmiert. Für die Stufen Weide und Stall wurden Emissionsfaktoren in Prozent des Flusses an Gesamtstickstoff (N_{tot}) verwendet, für die Hofdüngerlagerung und –ausbringung solche in Prozent des löslichen Stickstoffs (TAN). Die rund 300 Einflussvariablen wurden in Form von Korrekturalgorithmen berücksichtigt.

DYNAMO konnte sowohl mit einer automatischen Schnittstelle für die Verarbeitung grösserer Datensätze wie mit einer benutzerfreundlichen Oberfläche für einzelbetriebliche Berechnungen in der Praxis verwendet werden.

Im Rahmen des "European Gaseous Emissions Inventory Researchers Network (EAGER)" wurde DYNAMO mit anderen auf dem N-Fluss beruhenden Emissionsberechnungsmodellen aus England, Deutschland, Holland und Dänemark verglichen. Im Allgemeinen wurde, zumindest für Gülle, eine gute Übereinstimmung zwischen den Modellen festgestellt. Unterschiede konnten weitgehend mit unterschiedlichen Voraussetzungen und Eingabeparametern erklärt werden (Reidy et al., 2007b).

Zurzeit wird das neue Modell AGRAMMON zur Berechnung der NH₃-Emissionen entwickelt (Menzi et al., 2008). Es beruht grundsätzlich auf dem gleichen Vorgehen wie DYNAMO. Die darin verwendeten Grundlagen wurden dem neusten Wissensstand angepasst und umfassend dokumentiert. Das Modell wird auf dem Internet allgemein verfügbar sein. Es wird in der Wartung und Anpassung an neuste Erkenntnisse wesentlich einfacher sein als DYNAMO.

Erstellen des Emissionsinventars

Zur Erstellung des Emissionsinventars anhand der Umfrageergebnisse gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

1. Die produktionstechnischen Daten werden ausgewertet und die gewichteten Mittelwerte für einzelne Klassen und Regionen werden als Inputs für das Emissionsmodell verwendet.
2. Die Emissionsberechnung wird für die Einzelbetriebe durchgeführt und die gewichteten mittleren Emissionen pro Tierplatz werden für verschiedenen Klassen oder Regionen zur Hochrechnung der Emissionen verwendet.

Wir verwendeten die zweite Methode, da sie uns erlaubt auch bei den Emissionen die Streuung zwischen den Betrieben zu untersuchen und besser geeignet ist für die räumlich differenzierte Darstellung der Ergebnisse. Die Emissionsergebnisse wurden für die 36 Klassen sowie gesamtschweizerisch aggregiert. Zudem wurden sie in einer Karte im Kilometerraster dargestellt. Dazu wurde jedem Betrieb der Grundgesamtheit die klassenspezifischen Emissionswerte zugeteilt. Die stationären Emissionen von Stall und Hofdüngerlager wurden dem Standort des Betriebes zugeordnet (hektargenau), jene der diffusen Quellen Düngung und Weide wurden gleichmässig über die landwirtschaftliche Nutzfläche jeder Gemeinde verteilt.

Das Emissionsinventar von 2000-2003 wurde von REIDY et al. (2007a) vorgestellt. Jenes für 2005-2007 wird Ende 2008 vorliegen. Zu den Gesamtemissionen von 44'600.6 t N im Jahr 2000 steuerte die Tierhaltung und Hofdüngewirtschaft 82 % bei (Landwirtschaft gesamt 93%). Die Emissionen aus der Landwirtschaft stammten zu 65 % aus der Rindviehhaltung und zu 15 % aus der Schweinehaltung. Zu den Emissionen aus der Tierhaltung steuerte die Hofdüngerausbringung 58 %, die Stallungen 28 %, die Hofdüngerlagerung 12 % und die Weide 2 % bei. Zwischen 1990 und 2000 gingen die Gesamtemissionen um 19 % und die landwirtschaftlichen Emissionen um 20 % zurück.

Differenzierte Interpretation der Ergebnisse

Im Zentrum der differenzierten Interpretation der Ergebnisse standen neben ersten Sensitivitätsanalysen und Untersuchungen zur räumlichen Verteilung und zur zeitlichen Entwicklung vor allem Abklärungen, welche differenzierte Handlungsempfehlungen für Landwirte erlauben. Beispielsweise wurde das technisch maximal möglich und das realistischerweise maximal erreichbare Potenzial zur Emissionsminderung untersucht (Reidy & Menzi, 2007). Dieses Potenzial ist im Talgebiet wesentlich höher als im Berggebiet. Massnahmen bei der Hofdüngeranwendung und vermehrtes Weiden zeigten das höchste Reduktionspotenzial.

Ausblick

Die repräsentativen Umfragen zur emissionsrelevanten Produktionstechnik und die differenzierten Emissionsberechnungen haben viel beigetragen zum besseren Verständnis der NH₃-Emissionen und der Möglichkeiten sie zu reduzieren. Sie erlaubten differenzierte Empfehlungen für die Praxis. Zusammen mit der Limitierung des N-Einsatzes in der Landwirtschaft haben die handlungsorientierten Berichte und Empfehlungen aus der Forschung dazu beigetragen, dass Schweizer Landwirte heute besser mit dem Stickstoff umgehen als noch vor einigen Jahren.

Literatur

- MENZI, H., BONJOUR, C., ZAUCKER, F., KUPPER, T., LEUENBERGER, C. & REIDY, B. (2008): Agrammon: A new internet based model for the differentiated estimation of ammonia emissions from individual farms or at the area-wide scale. In: Koutev, V. (2008): Proc. 13th RAMIRAN Int. Conference, Albena, Bulgaria, June 11-13, 2008, 158-163
- MENZI, H., REIDY, B., RICHNER, W. & STADELMANN, F.X., (2005): Ammonia emissions from agriculture – changing perception and re-search priorities in time: case study Switzerland. In Kreuzer et al. "Proc. 2nd International Conference on Greenhouse Gases and Animal Agriculture (GGAA), Zurich 20-24 2005, 194-203
- MENZI, H. & KATZ, P.E. (1997): A differentiated approach to calculate ammonia emissions from animal husbandry, in: Voermans J.A.M. et al. (Eds.), Ammonia and odour emissions from animal production facilities, Proc. International Symposium, Vinke-loord, Netherlands, 6-10 October 1997, pp 35-42.
- Menzi, H. Frick, R. & Kaufmann, R. (1997): Ammoniak-Emissionen in der Schweiz: Ausmass und technische Beurteilung des Reduktionspotentials. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau, Zürich-Reckenholz.
- REIDY, B., RIHM, B. & MENZI, H. (2007a): A new Swiss inventory on ammonia emissions from agriculture based on a stratified farm survey and farm-specific model calculations. *Atmospheric Environment*, 42, 3266-3276.
- REIDY, B., DÄMMGEN, U., DÖHLER, H., EURICH-MENDEN, B., VAN EVERT, F.K., HUTCHINGS, N.J., LUESINK, H.H., MENZI, H., MISSELBROOK, T.H., MONTENY, G.-J. & WEBB, J. (2007b): Comparison of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: liquid manure systems. *Atmospheric Environment*, 42, 3452-3464.
- REIDY, B. & MENZI, H. (2007): Assessment of the ammonia abatement potential of different geographical regions and altitudinal zones based on a large-scale survey. *Bio-systems Engineering*, 97, 520-531.