

Sabine Schrade, Margret Keck und Eberhard Hartung

# Begleitparameter bei Emissionsmessungen für Ammoniak aus Milchviehställen

Begleitparameter sind in der Literatur zu Ammoniakemissionen ( $\text{NH}_3$ ) häufig nur punktuell dokumentiert. Dies erschwert die Einordnung der Werte und den Vergleich unterschiedlicher Untersuchungen. Zur Charakterisierung der jeweiligen Messsituation, zur Plausibilisierung von Messwerten, als Bezugsgrößen und als wichtige Einflussgrößen müssen Angaben zu Haltungssystem, Fütterung, Tieren, Stickstoffverwertung, Ausscheidungen, Laufflächenverschmutzung, Entmistung, Klima und Management erhoben werden. Die Vielfalt emissionsrelevanter Einflussgrößen ist zeitlich abgestimmt mit der  $\text{NH}_3$ -Emission als Zielgröße zu erfassen. Dies verbessert die Aussagekraft von Emissionsdaten, ermöglicht deren Vergleich und Interpretation.

## Schlüsselwörter

Emission, Ammoniak, Begleitparameter, Milchvieh

## Keywords

Emission, ammonia, accompanying parameter, dairy cattle

## Abstract

Schrade, Sabine; Keck, Margret and Hartung, Eberhard

Accompanying parameters for the measurement of ammonia emissions from dairy cattle housing

Landtechnik 66 (2011), no. 2, pp. 128-131, 1 figure, 2 tables, 12 references

In the literature on ammonia emissions ( $\text{NH}_3$ ) accompanying parameters are often documented on a selective basis only. This makes it difficult to classify values and compare different studies. Information on housing system, feed, animals, nitrogen utilisation, excretions, exercise area soiling, dung removal, climate and management must be collected for the characterisation of each measuring situation, for the plausibility check of measured data, as reference values and as important influencing variables. The recording of the many emission-relevant influencing

variables should be synchronised with the  $\text{NH}_3$  emission as target value. This improves the conclusiveness of emission data and facilitates their comparison and interpretation.

■ Sowohl aus landwirtschaftlicher als auch aus umweltpolitischer Sicht besteht ein dringender Bedarf an aktuellen Daten zu Emissionen von Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) aus der Stallhaltung von Milchvieh. Diese dienen zum einen zur vergleichenden Bewertung und Optimierung von Haltungssystemen und zum anderen als Beitrag für Emissionsinventare. Um die Datengrundlage zu verbessern, sind systematische Messungen in verbreiteten Haltungssystemen nötig. Mit Blick auf eine Reduktion der  $\text{NH}_3$ -Emissionen müssen Erfolg versprechende Minderungsmaßnahmen entwickelt, quantifiziert und verglichen werden.

Literaturdaten für Ammoniakemissionen sind häufig nicht direkt vergleichbar: Beschreibende Angaben zur Messsituation wie beispielsweise Klimaparameter oder Details zu Haltungssystem, Management, Tieren und Fütterung sind teilweise nicht vollständig oder fehlen komplett. Für die Aussagekraft von Ergebnissen und deren Interpretation ist aber die Auswahl und Erfassung von relevanten Begleitparametern neben der Probenahme und Analytik für die Ermittlung der Zielgröße  $\text{NH}_3$ -Emission entscheidend. Das im Folgenden beschriebene Messkonzept zur Auswahl und Erhebung von relevanten Begleitparametern für  $\text{NH}_3$ -Emissionmessungen in Milchviehlaufställen mit freier Lüftung wurde anhand der Literatur erarbeitet als Voraussetzung für Praxismessungen.

### Funktionen von Begleitparametern

Begleitparameter beschreiben in erster Linie die jeweilige Messsituation mit Angaben zum Stallsystem, zu den Tieren, zur Fütterung, zur Entmistung, zum Management und zum Klima (Tabelle 1). Für den Vergleich von Emissionswerten zwischen einzelnen Betrieben, Stallsystemen, länderspezifischen Eigenheiten sowie verschiedenen Untersuchungen sind jeweils vollständige Angaben zu Flächen, Tierbesatz, Rasse, Klimaverhältnissen, Fütterungs- und Leistungsniveau unerlässlich. Mithilfe von Begleitparametern können Emissionsdaten auf Plausibilität geprüft und innerhalb eines Betriebs im zeitlichen Verlauf sowie zwischen einzelnen Betrieben verglichen werden. Die Luftgeschwindigkeit in unmittelbarer Nähe der Probenahmeorte steht in engem Zusammenhang mit der Verdünnung der NH<sub>3</sub>-Konzentration und kann zur Plausibilisierung von Messwerten dienen. Je nach Mess- und Analytikverfahren sind Parameter wie Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Luftdruck zur Normierung von Analysewerten notwendig. Zur Korrektur der gemessenen NH<sub>3</sub>-Konzentration ist die Hintergrundkonzentration in der Umgebung der Emissionsquelle zu bestimmen. Als Bezugsgrößen sind Parameter wie Flächen, Anzahl der Tiere und Großvieheinheiten oder Zeitangaben möglichst vollständig zu erfassen. Sie ermöglichen den Vergleich zwischen verschiedenen Untersuchungen. Mit Blick auf eine Modellierung von Emissionen und zur Ableitung von Minderungsmaßnahmen müssen relevante Einflussgrößen auf die Emission aufgezeigt und quantifiziert werden.

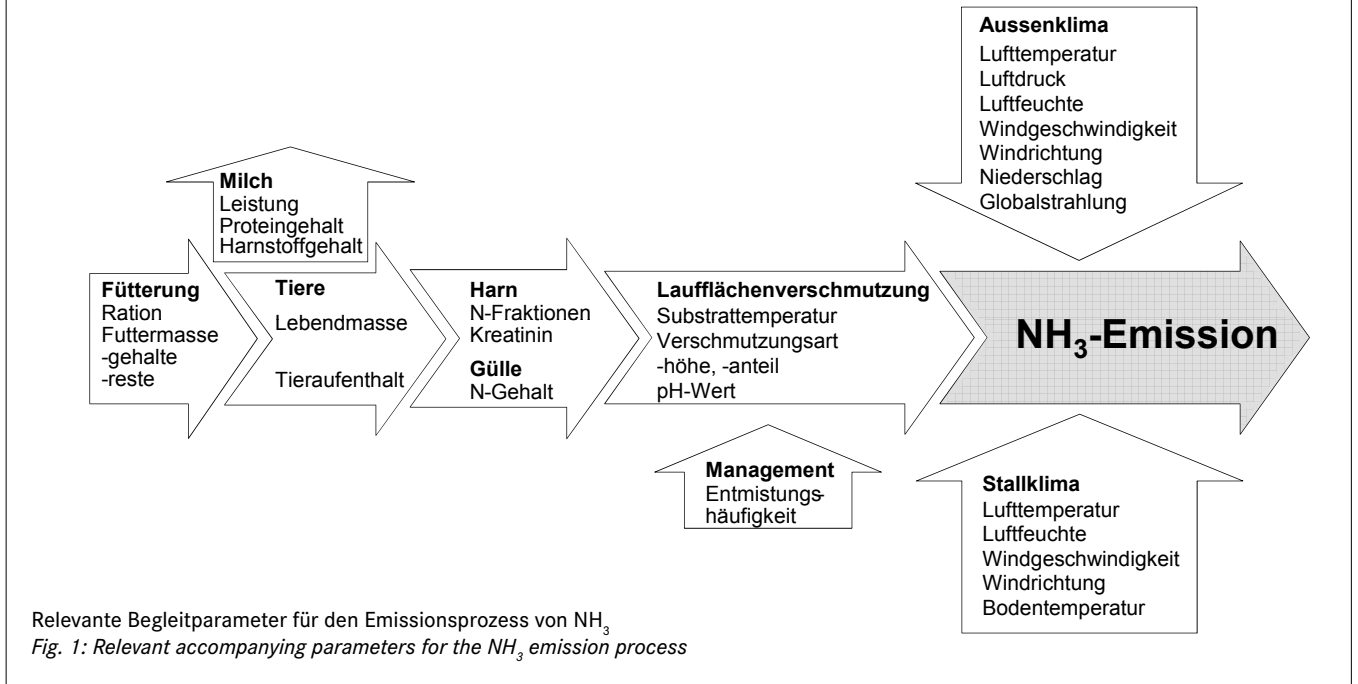
Um die Vielfalt der Einflussgrößen auf die Bildung und Freisetzung von NH<sub>3</sub> aus der Laufstallhaltung von Milchvieh abzudecken und die Emissionen möglichst vollständig zu beschreiben, wurden die in **Abbildung 1** dargestellten Begleitparameter ausgewählt.

Tab. 1

Verschiedene Funktionen und Beispiele von Begleitparametern  
Table 1: Different functions and examples of accompanying parameters

Funktion von Begleitparametern/ Function of accompanying parameters	Beispiele von Begleitparametern/ Examples of accompanying parameters
Einordnung der Messsituation/ Characterisation of the measuring situation	Fläche, Tierbesatz, Tieraufenthalt, Klima, Management, Laufflächenverschmutzung, N-Gehalte in Harn und Gülle, Fütterungs- und Leistungsniveau/ Area, stocking rate, animal location, climate, management, exercise area soiling, N content in urea and slurry, feed and yield level
Plausibilisierung von NH <sub>3</sub> -Konzentrationen/ Plausibility of NH <sub>3</sub> concentrations	Luftgeschwindigkeit an Probenahmeorten/ Air speed at sampling locations
Normierung von Messwerten/ Standardisation of measuring values	Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Luftdruck/ Temperature, relative atmospheric humidity, air pressure
Korrektur von NH <sub>3</sub> -Konzentrationen/ Adjustment of NH <sub>3</sub> concentrations	Hintergrundkonzentration von NH <sub>3</sub> / Background NH <sub>3</sub> concentrations
Bezugsgrößen für Emissionsdaten/ Reference variables for emission data	Fläche, Tierzahl, Anzahl Großvieheinheiten, Zeit/ Area, number of animals, livestock units, time
Einflussgrößen auf die NH <sub>3</sub> -Emission/ Influencing variables of NH <sub>3</sub> emission	Temperatur, Luftgeschwindigkeit, Management, Laufflächenverschmutzung, N-Gehalte in Harn und Gülle, Fütterungs- und Leistungsniveau/ Temperature, air speed, management, exercise area soiling, N content in urea and slurry, feed and yield level

Abb. 1



**Stickstoff-Verwertung**

Für die Abschätzung der Stickstoff-Verwertung ist eine vollständige Erfassung von Stickstoff-Input (Fütterung) und Stickstoff-Output (Milch, Exkrememente) sowie weitere Anhaltspunkte zur Stickstoff-Verwertung im Tier (Lebendmasse, Leistungsniveau) notwendig. Unter Praxisbedingungen ist die Ureaseaktivität und somit die Harnstoffspaltung sehr hoch, sodass die Harnstoffkonzentration als limitierender Faktor für die Hydrolyse gilt [1]. Untersuchungen und Modelle zeigen einen deutlichen Zusammenhang zwischen Futtercharakteristika und der Harnstoffkonzentration im Harn [2] sowie zwischen der Harnstoffkonzentration im Harn und den NH<sub>3</sub>-Emissionen [3; 4]. Die Größenordnung des Harnvolumens kann über den Kreatiningehalt im Harn hergeleitet werden [4; 5; 6]. Die Analyse der Stickstoff-Fraktionen im Harn gibt Auskunft über das NH<sub>3</sub>-Bildungspotenzial auf den verschmutzten Flächen. Der Milchwarnstoffgehalt ist neben der Rationsberechnung und -kontrolle ein geeigneter Indikator für die Analyse der Rationsgestaltung der Herde oder von Laktationsgruppen, um die Stickstoff-Versorgung der Pansenmikroben zu beurteilen [7]. Die NH<sub>3</sub>-Emission hängt unter anderem vom Harnstoffgehalt der Tankmilch ab [7; 8; 9]. Der Harnstoffgehalt der Milch ist ein einfach zu bestimmender und zuverlässiger Indikator für die Stickstoff-Verwertung und ermöglicht somit die Einordnung des Stickstoff-Niveaus der gesamten Herde im Vergleich zwischen Jahreszeiten, Betrieben und Ländern.

**Laufflächenverschmutzung**

Die Stickstoff-Gehalte der Exkrememente auf verschmutzten Laufflächen geben weitere Hinweise auf das NH<sub>3</sub>-Bildungspotenzial sowie auf den Stickstoff-Output. Proben des Kot-Harn-Gemischs auf planbefestigten Laufflächen lassen sich vergleichsweise gut sammeln und deren Stickstoff-Fraktionen analysieren. Die Stickstoff-Nachlieferung für die NH<sub>3</sub>-Bildung hängt im Wesentlichen von der Schichtdicke, von der Zusammensetzung und dem Alter der Laufflächenverschmutzung ab. Dabei spielt nicht nur die Masse der Exkrememente, sondern

auch die Reinigungshäufigkeit und die Reinigungsqualität (Boden-Schieber-Interaktion) eine Rolle. Anhaltspunkte zum Emissionspotenzial liefert eine Bonitierung der Laufflächen nach Verschmutzungsart, -grad und -anteilen [7]. Weiter beeinflusst die Größe der emissionsaktiven Oberfläche, also die verschmutzte Fläche pro Tier bzw. Großvieheinheit, die Freisetzung von Ammoniak. Es wird angenommen, dass der Kot- und Harnanfall mit der Aufenthaltsdauer der Tiere in den einzelnen Stallbereichen korreliert [10]. Die Quantifizierung des Tieraufenthalts lässt Rückschlüsse auf Unterschiede im Kot- und Harnanfall und somit auch auf das Emissionspotenzial der jeweiligen Stallbereiche zu [7].

**Klimaparameter**

Die NH<sub>3</sub>-Freisetzung hängt von der Temperatur und von der Luftgeschwindigkeit über der verschmutzten Oberfläche ab [7; 11; 12]. Um den Einfluss von Klimaparametern auf die NH<sub>3</sub>-Emissionen zu beschreiben, sind Boden- bzw. Substrattemperatur und/oder die Lufttemperatur sowie die Luftgeschwindigkeit in unmittelbarer Nähe der emittierenden Flächen wertvoll. Die Kenntnis von Temperaturverläufen ermöglicht die Einordnung von Emissionen und zeigt betriebliche Variationen nach Jahreszeiten, zwischen Tagen und im Tagesverlauf auf. Weiter kann anhand von Stallklimaparametern die Wirkung der Gebäudehülle insbesondere auf Luftwechsel und Temperatur charakterisiert werden. Zusätzlich beschreiben Außenklimaparameter wie Lufttemperatur, Winddaten, Globalstrahlung und Niederschlag die klimatischen Rahmenbedingungen bei Emissionsmessungen.

**Aspekte von Begleitparametern für das Messkonzept**

Je nach Fragestellung und Versuchsansatz lassen sich durch das Zusammenwirken der ausgewählten Einflussgrößen Emissionen erklären und vergleichen (**Tabelle 2**). Dies ist bei der Festlegung des Messkonzepts zu berücksichtigen. Um die jeweilige Messsituation zu beschreiben, muss im Rahmen des gesamten Messkonzeptes die Erhebung der Zielgröße und der

Tab. 2

Zusammenwirken von einzelnen Begleitparametern auf das Emissionsniveau und dessen Variation zwischen Betrieben und innerhalb eines Betriebes  
 Table 2: Interaction of individual accompanying parameters on inter-farm and intra-farm emission level and variations

Absolutes Emissionsniveau/ Absolute emission level	Variation zwischen Betrieben/ Inter-farm emission variation	Variation innerhalb eines Betriebes/ Intra-farm emission variation	
		Zwischen Jahreszeiten/ Seasonal	Im Tagesverlauf/ In the course of a day
Bauliche Ausführung und Anordnung Fütterungs- und Leistungsniveau Verschmutzte Laufflächen Klima/ Structural design and layout Feed and yield level Soiled exercise areas Climate		Bauliche Ausführung Wechsel der Futtermittelration Temperatur Luftgeschwindigkeit Tierbesatz/ Structural design Feed ration changes Temperature Air speed Stocking rate	Tieraufenthalt/-aktivität Fütterungs-, Entmistungs-, Melkzeiten Temperatur Luftgeschwindigkeit/ Animal location/activity (time) Feeding, dung removal and milking times Temperature Air speed

Begleitparameter aufeinander abgestimmt werden. Dies gilt insbesondere für die Anzahl der Messorte und Positionierung der Messgeräte sowie die Messintervalle und Probenahmezeitpunkte. Die Standortwahl für die Wetterstation beispielsweise ist so wählen, dass sie die klimatischen Bedingungen am Standort wiedergibt, jedoch nicht wesentlich durch die Stallgebäude beeinflusst wird.

Werden Emissionen aus verschiedenen Stallbereichen getrennt betrachtet, müssen auch Begleitparameter den jeweiligen Bereichen zugeordnet werden können. Zwischen Einzeltier- und Herdenniveau ist gezielt zu differenzieren. Während beispielsweise Fütterungsdaten auf Praxisbetrieben nur für die gesamte Herde erfasst werden können, müssen Harnproben tierindividuell nach Laktationsstadium differenziert werden.

Die Variation im Tagesverlauf prägen neben Klimaparametern organisatorische Aspekte wie Fütterungs-, Entmistungs- und Melkzeiten. Diese Zeitgeber wirken sich auch auf den Tieraufenthalt in verschiedenen Funktionsbereichen aus. Probenahmezeitpunkte und Messintervalle sind aufgrund der zeitlichen Variabilität und der Bedeutung der einzelnen Parameter festzulegen. Um die Vergleichbarkeit der Ziel- und der einzelnen Begleitparameter zu ermöglichen, ist die zeitliche Abstimmung bei der Erfassung notwendig. Störungen von Betriebsabläufen und der Tieraktivität sind zu vermeiden.

Eine entsprechende Eingewöhnungsphase ist insbesondere bei Futterumstellungen oder baulichen Anpassungen im Tierbereich notwendig. Weiter muss der zusätzliche Arbeitszeitbedarf für die Erhebung der Begleitparameter im Rahmen von Emissionsmessungen berücksichtigt werden. Sinnvoll ist dabei ein Zeit- und Abfolgeraster für die punktuell zu erhebenden Begleitparameter, das systematisch auf alle Messungen übertragen werden kann. Die Anzahl von Proben und Analysen sind so zu wählen, dass gesicherte Aussagen möglich sind. Dabei muss die saisonale und tageszeitliche Variabilität berücksichtigt werden.

## Schlussfolgerungen

Begleitparameter wie Angaben zu Haltungssystem, Fütterung, Tieren, Stickstoffverwertung, Laufflächenverschmutzung, Entmistung, Klima und Management sind zwingend in ein Messkonzept für  $\text{NH}_3$ -Emissionen zu integrieren. Sie beschreiben die Rahmenbedingungen der jeweiligen Messsituation und zeigen relevante Einflussgrößen auf die  $\text{NH}_3$ -Emission auf. Mithilfe von Begleitparametern können Messwerte plausibilisiert, normiert und korrigiert werden. Weiter dienen Begleitparameter als Bezugsgrößen für die Emission. Die gezielte Auswahl von Begleitparametern ist entscheidend für aussagekräftige Emissionsdaten und deren Interpretation sowie für die Vergleichbarkeit verschiedener Untersuchungen. Die Erhebung der Begleitparameter muss im Rahmen des gesamten Messkonzeptes zeitlich und räumlich auf die Zielgröße abgestimmt werden. Damit lassen sich mit Blick auf die geforderte Emissionsminderung relevante Einflussgrößen aufzeigen.

## Literatur

- [1] Monteny, G. J. (2000): Modelling of ammonia emissions from dairy cow houses. Thesis, Wageningen University, Wageningen
- [2] De Boer, I. J. M.; Smits, M. C. J.; Mollenhorst, H.; Van Duinkerken, G.; Monteny, G. J. (2002): Prediction of ammonia emission from dairy barns using feed characteristics. Part I: Relation between feed characteristics and urinary urea concentration. *Journal of Dairy Science* 85(12), pp. 3382-3388
- [3] Monteny, G. J.; Smits, M. C. J.; Van Duinkerken, G.; Mollenhorst, H.; De Boer, I. J. M. (2002): Prediction of ammonia emission from dairy barns using feed characteristics Part II: Relation between urinary urea concentration and ammonia emission. *Journal of Dairy Science* 85(12), pp. 3389-3394
- [4] Burgos, S. A.; Robinson, P. H.; Fadel, J. G.; DePeters, E. J. (2005): Ammonia volatilization potential: Prediction of urinary urea nitrogen output in lactating dairy cows. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 111(1-4), pp. 261-269
- [5] Da Silva, R. M. N.; Valadares, R. F. D.; Valadares, F. S. d. C.; Cecon, P. R.; Renno, L. N.; Da Silva, J. M. (2001): Urea for Dairy Cows. 2. Estimates of Urinary Volume, Microbial Production and Urea Excretion. *Revista Brasileira de Zootecnia* 30(6), pp. 1948-1957
- [6] Valadares, R. F. D.; Broderick, G. A.; Valadares Filho, S. C.; Clayton, M. K. (1999): Effect of replacing Alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science* 82(12), pp. 2686-2696
- [7] Schrade, S. (2009): Ammoniak- und PM10-Emissionen im Laufstall für Milchvieh mit freier Lüftung und Laufhof anhand einer Tracer-Ratio-Methode. Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- [8] Van Duinkerken, G.; André, G.; Smits, M. C. J.; Monteny, G. J.; Sebek, L. B. J. (2005): Effect of rumen-degradable protein balance and forage type on bulk milk urea concentration and emission of ammonia from dairy cow houses. *Journal of Dairy Science* 88(3), pp. 1099-1112
- [9] Spiekers, H.; Obermaier A. (2007): Milchharnstoffgehalt und N-Ausscheidung. *Schule und Beratung* 4-5, S. III 4 - III 9
- [10] Whistance, L. K.; Arney, D. R.; Sinclair, L. A.; Phillips, C. J. C. (2007): Defecation behaviour of dairy cows housed in straw yards or cubicle systems. *Applied Animal Behaviour Science* 105(1-3), pp. 14-25
- [11] Hartung, E. (1995): Entwicklung einer Messmethode und Grundlagenuntersuchung zur Ammoniakfreisetzung aus Flüssigmist. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart
- [12] Monteny, G. J.; Erisman J. W. (1998): Ammonia emission from dairy cow buildings: a review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 46(3-4), pp. 225-247

## Autoren

**Dr. sc. agr. Sabine Schrade** und **Dr. sc. agr. Margret Keck** sind wissenschaftliche Mitarbeiterinnen an der Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Tänikon, CH-8356 Ettenhausen; Forschungsgruppe Bau, Tier und Arbeit, E-Mail: sabine.schrade@art.admin.ch

**Prof. Dr. habil. Eberhard Hartung** ist Direktor des Instituts für landwirtschaftliche Verfahrenstechnik an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

## Danksagung

Das Projekt wurde vom Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweiz, finanziell unterstützt.