

Ammoniakemissionen in zwei Jahreszeiten vom Laufstall mit Laufhof

Ammonia emissions during two seasons from loose housing with outdoor exercise area

Sabine Schrade, Margret Keck, Kerstin Zeyer, Lukas Emmenegger

Schlüsselwörter

Ammoniakemission, Tracer-Ratio-Methode, Milchvieh, Laufstall, freie Lüftung, Laufhof.

Keywords

ammonia emission, tracer ratio method, dairy cattle, loose housing, natural ventilation, outdoor exercise area.

Autoren

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

Dipl. Chem. (FH) Kerstin Zeyer und Dr. Lukas Emmenegger sind wissenschaftliche Mitarbeitende an der Empa Dübendorf, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik, Überlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf.

Dank

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

Summary

Ammonia (NH₃) emissions in naturally ventilated cubicle loose housing for dairy cattle with solid floor exercise surfaces and a peripheral combined cubicle access area/outdoor exercise area were quantified using a tracer ratio method with two tracer gases (SF₆, SF₅CF₃). To account for seasonal effects, measurements were performed over a three day period in both winter and summer. Winter temperatures varied between –8 and 12 °C, and those measured in summer between 7 and 37 °C. The average daily values for NH₃ emissions ranged from 12.4 to 12.9 g/LU·d in winter and from 46.2 to 67.4 g/LU·d in summer. Diurnal patterns were only recognisable during the warm season.

Zusammenfassung

In einem freigelüfteten Liegeboxenlaufstall für Milchvieh mit planbefestigten Laufflächen und am Rand angeordnetem kombinierten Liegegang/Laufhof wurden Emissionen von Ammoniak (NH₃) anhand einer Tracer-Ratio-Methode mit zwei Tracergasen (SF₆, SF₅CF₃) quantifiziert. Um jahreszeitliche Effekte aufzuzeigen erfolgten die Messungen in je einer dreitägigen Messperiode im Winter und im Sommer. Die Temperaturen variierten während der Wintermessung zwischen –8 und +12 °C und in der Sommermessung zwischen 7 und 37 °C. Die Tagesmittelwerte der NH₃-Emissionen lagen im Winter bei 12,4 bis 12,9 g/GV·d und im Sommer zwischen 46,2 und 67,4 g/GV·d. Nur in der warmen Jahreszeit waren Tagesgänge erkennbar.

Problemstellung

Aktuelle Emissionsdaten für Ammoniak sind nötig zur vergleichenden Bewertung und Optimierung von Haltungssystemen für Milchvieh, als Beitrag für Emissionsinventare sowie mit Blick auf Minderungsmaßnahmen. Literaturdaten für Ammoniakemissionen bei Milchvieh sind für die in der Schweiz verbreiteten Laufstallsysteme mit Laufhof nicht aussagekräftig. Vorhandene Emissionsdaten weisen eine große Streubreite auf und decken die Jahreszeiten nicht systematisch ab. Zudem sind Stallsysteme mit freier Lüftung und Laufhof nicht untersucht. Die fehlenden Emissionsdaten bei freier Lüftung und von Flächenquellen sind im Wesentlichen auf Schwierigkeiten bei der Ermittlung der Luftwechselrate zurückzuführen.

Material und Methoden

Um die Datengrundlage für NH_3 -Emissionen aus der Milchviehhaltung zu verbessern, erfolgten systematische Messungen in sechs freigelüfteten Liegeboxenlaufställen mit planbefestigten Laufflächen und Laufhof [1]. Davon sind im Folgenden exemplarisch die NH_3 -Emissionen sowie ausgewählte Begleitparameter einer Winter- und Sommermessung von einem Stall mit 46 Milchkühen verglichen. Der Stall ist an der Längsseite am Futtertisch teils mit Folie und der Laufhof an der anderen Längsseite mit einer Holzwand begrenzt. Eine Giebelseite ist offen und die andere Giebelseite mit Spaceboards sowie einem Tor versehen. Der nicht überdachte Laufhof ist längs zum Gebäude angeordnet und vom Liegegang nicht abgetrennt (Abbildung 1). Der Fressgang und der kombinierte Liegegang/Laufhof wurden während der Messungen vier Mal täglich mit einem Kombischieber entmistet. In beiden Jahreszeiten erhielten die Kühe eine Total-Misch-Ration.

Zur Bestimmung der Emissionen bei freier Lüftung und von Flächenquellen entwickelten ART und Empa eine Tracer-Ratio-Methode mit zwei Tracergasen. Um die Emissionen von den beiden Flächenquellen Stallbereich und Laufhof abzubilden, wurde das bereits etablierte Tracergas SF_6 im Fressgang und ein zweites Tracergas SF_5CF_3 im kombinierten Liegegang/Laufhof eingesetzt. Die verdünnten Tracergase wurden über ein Rohrsystem mit 46 sogenannten kritischen Kapillaren direkt an den emittierenden Laufflächen kontinuierlich zudosiert (Abbildung 1) und bildeten so die Quelle der NH_3 -Emission ab. Ein Luftsammlersystem in 3 m Höhe bestehend aus Teflonschlauch und 39 kritischen Kapillaren aus Glas im Abstand von 3 m ermöglichte eine repräsentative Probenahme der Tracergase und von NH_3 . Die Analyse der beiden Tracergase erfolgte simultan mittels Gaschromatographie (GC-ECD). NH_3 wurde mit einem photoakustischen Verfahren (PAS) quantifiziert. Zur Charakterisierung der jeweiligen Messsituation, zur Plausibilisierung von Messdaten, als Bezugsgrößen und zur Ableitung von wichtigen Einflussgrößen auf die Emissionen wurden neben beschreibenden Betriebsdaten folgende Parameter erfasst: Außenklima, Klima in Stall und Laufhof, Tieraufenthalt, Laufflächenverschmutzung sowie Stickstoffinput, -output und -verwertung. Die Messdauer pro Jahreszeit betrug jeweils drei Tage.

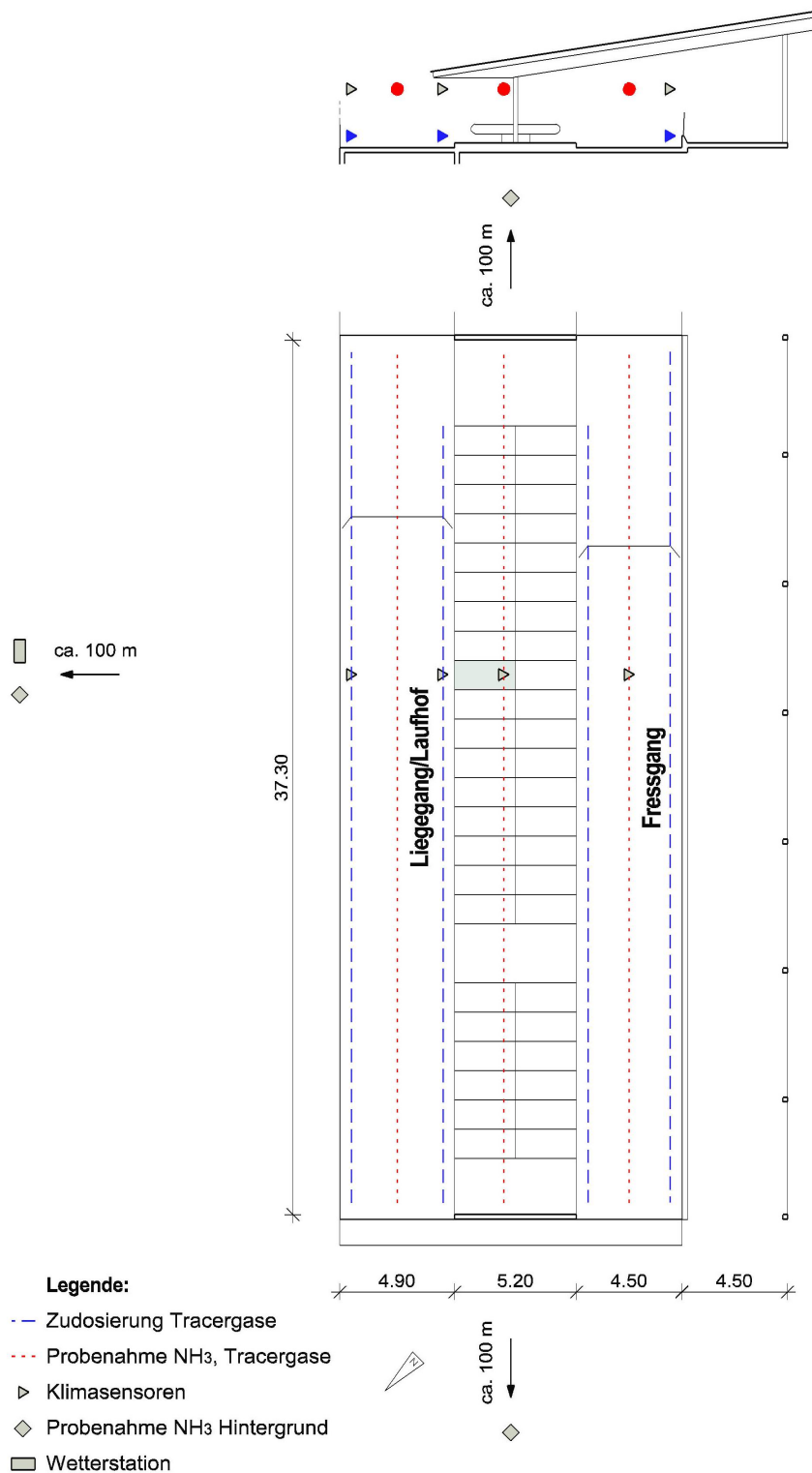


Abbildung 1: Grundriss und Schnitt des zweireihigen Liegeboxenlaufstalls mit kombiniertem Liegegang/Laufhof für Milchvieh mit Zudosierung, Probenahme sowie Klimasensoren.

Ergebnisse und Diskussion

Beschreibende Daten zur Fütterung, den Tieren, dem Tieraufenthalt im Liegegang/Laufhof, der Laufflächenverschmutzung und zum Klima sind in Tabelle 1 dargestellt. Bei der Milchleistung und Lebendmasse sowie beim N-Input im Futter und beim Harnstoffgehalt der

Tankmilch bestanden nur geringe Unterschiede zwischen Sommer- und Wintermessung. Sowohl der Tieraufenthalt als auch die Verschmutzungshöhe waren in beiden Jahreszeiten im Fressgang höher als im kombinierten Liegegang/Laufhof. Der Anteil der trockenen Verschmutzung war im Sommer gegenüber der Wintermessung deutlich erhöht. Die abgetrocknete Fläche ist ein Indiz für die bereits erfolgte Emission.

Tabelle 1: Angaben zu Fütterung, Tierparametern, Tieraufenthalt im Liegegang/Laufhof, Flächen, Laufflächenverschmutzung und Klimadaten der Winter- und Sommermessung.

Messzeitraum / Parameter	Winter 08.–10.02.2008	Sommer 05.–08.07.2008
Fütterung, Tierparameter (Mittelwert über Herde)		
N-Input Fütterung [g/GV·d]	220	210
Lebendmasse [kg]	849	824
Milchleistung [kg/Kuh·d]	28,1	30,6
Harnstoffgehalt Tankmilch [mg/dl] (Proteingehalt [%])	24 (3,3); 31 (3,4)	27 (3,2); 23 (3,2)
Tieraufenthalt im Liegegang/Laufhof [%] (Mittelwert über Messperiode)	28,4	34,4
Fläche [m²/Tier]		
Gesamt	11,6	11,4
davon Lauffläche	8,2	8,1
davon Liegegang/Laufhof	3,7	3,6
Laufflächenverschmutzung (Mittelwert über Messperiode)		
Höhe unmittelbar vor der Entmistung Fressgang [mm]	2,6	2,8
Höhe unmittelbar vor der Entmistung Liegegang/Laufhof [mm]	1,4	1,7
Anteile feucht / trocken / sauber Fressgang [%]	82 / 0 / 17	77 / 19 / 4
Anteile feucht / trocken / sauber Liegegang/Laufhof [%]	66 / 0 / 33	54 / 28 / 19
Klima (Arithm. Mittel; Minimum bis Maximum)		
Außentemperatur [°C]	1; –8 bis +12	19; +7 bis +37
Windgeschwindigkeit im Stall in 3 m Höhe [m/s]	0,3; 0,1–1,2	0,5; 0,1–2,8

Abbildung 2 und 3 zeigen Tagesverläufe der NH₃-Emission, Außentemperatur und Windgeschwindigkeit im Stall in 3 m Höhe für die Winter- und Sommermessung. Tagsüber steigt die Temperatur an und die Windgeschwindigkeit nimmt zu jenen Zeiten mit erhöhter Temperatur zu. Vereinzelt kommen in den kälteren Nachtstunden Zeiträume mit höherer Windgeschwindigkeit vor. Die Außentemperatur variierte während der Wintermessung von –8 bis 12 °C und in der Sommermessung von 7 bis 37 °C. Auch bei den NH₃-Emissionen ist zwischen den Jahreszeiten ein deutlicher Gradient erkennbar. Im Winter lagen die NH₃-Emissionen mit Tagesmittelwerten zwischen 12,4 bis 12,9 g/GV·d in einem sehr engen Bereich. Literaturdaten von NH₃-Emissionen eines Liegeboxenlaufstalls mit planbefestigten Laufflächen ohne Laufhof im Winter waren mit 40,3 g/GV·d deutlich höher [2]. In der Sommermessung variierten die Tagesmittelwerte der NH₃-Emissionen von 46,2 bis 67,4 g/GV·d. In der Literatur [3, 4] lagen bei Sommertemperaturen die NH₃-Emissionen mit Werten zwischen 9 und 57 g/GV·d zum Teil etwas tiefer. Der Anteil der NH₃-N-Emissionen am N-Input über die gesamte Messperiode war im Sommer mit 18 bis 26 % deutlich höher als im Winter mit rund 5 %.

Tageszeitliche Unterschiede in den NH₃-Emissionen zeigten sich lediglich bei der Sommermessung (Abbildung 3). Parallel zum Temperaturanstieg nahmen auch die Emissionen zu. Im Gegensatz dazu blieb die NH₃-Emission in der Wintermessung trotz einer Erhöhung der Temperatur nahezu auf demselben Niveau (Abbildung 2). Daraus lässt sich schließen, dass bei sehr tiefen Temperaturen ein Temperaturanstieg keine Erhöhung der

NH₃-Emission bewirken muss. Hingegen resultiert bei einer Zunahme der Temperatur – ausgehend von einem höheren Temperaturniveau – ein deutlicher Anstieg der NH₃-Emission. Vereinzelt hohe Emissionswerte lassen sich mit den Hauptfresszeiten verbunden mit hoher Tieraktivität (ab 6 bzw. 18 Uhr) und zu Entmistungszeiten in der Nacht (ca. 22 Uhr) erklären.

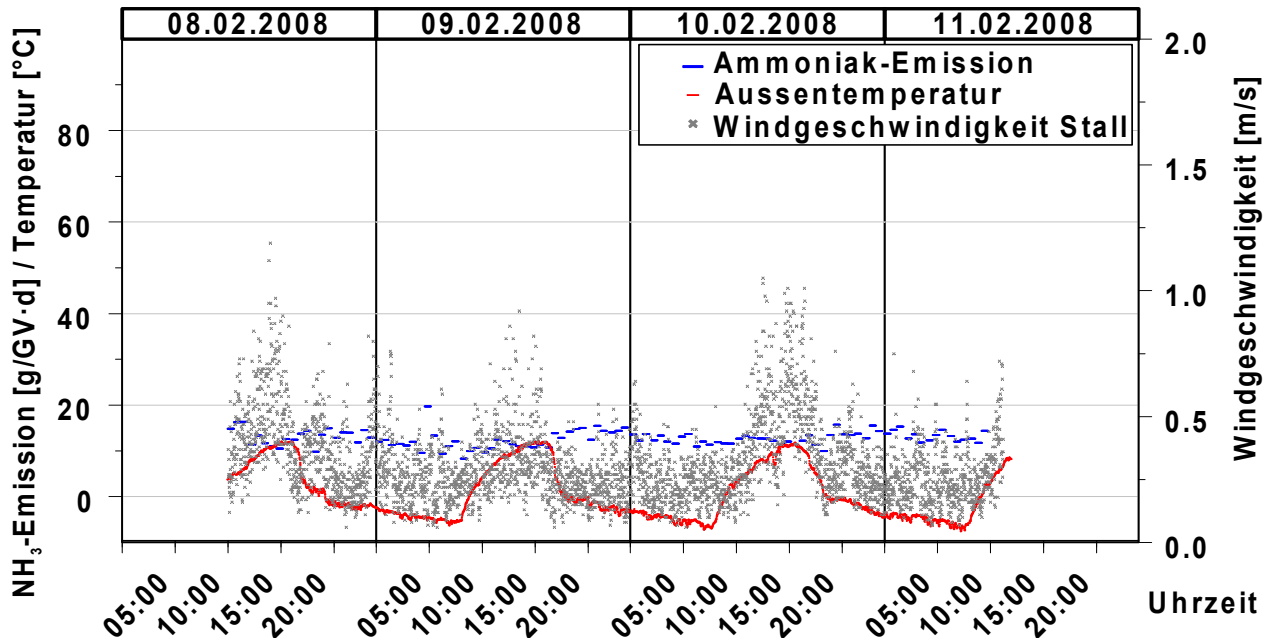


Abbildung 2: Tagesverläufe der NH₃-Emission [g/GV·d], der Windgeschwindigkeit im Stall in 3 m Höhe [m/s] und der Außentemperatur in der Wintermessung.

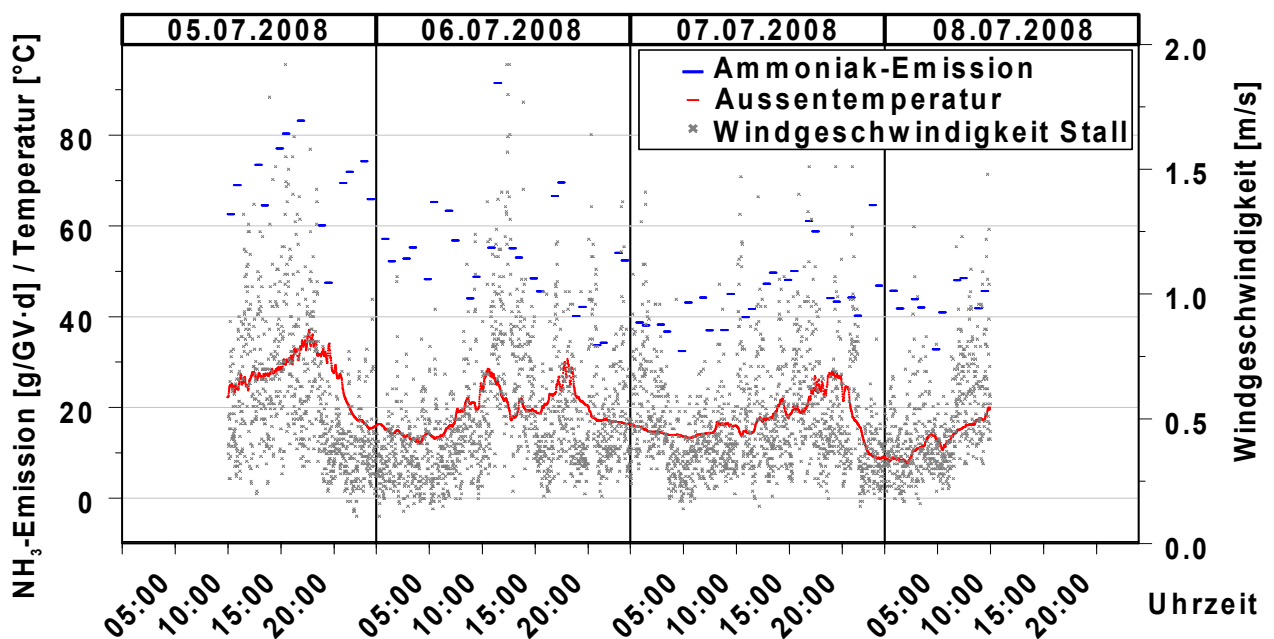


Abbildung 3: Tagesverläufe der NH₃-Emission [g/GV·d], der Windgeschwindigkeit im Stall in 3 m Höhe [m/s] und der Außentemperatur in der Sommermessung.

Schlussfolgerungen

Die NH₃-Emissionen zeigten deutliche jahreszeitliche Effekte. Die Tagesmittelwerte der Emissionen variierten im Winter von 12,4 bis 12,9 g/GV·d und im Sommer von 46,2 bis 67,4 g/GV·d. In der Sommermessung war der Anteil der NH₃-N-Emissionen am N-Input mit 18 bis 26 % deutlich höher als im Winter. Nur in der warmen Jahreszeit waren Tagesgänge im Niveau der NH₃-Emissionen erkennbar. Zum Teil spiegelten sich Ereignisse wie Fresszeiten und Entmistungsvorgänge in den Emissionen wider.

Baulich-technische und organisatorische Maßnahmen zur Minderung der NH₃-Emissionen sind vor allem für die warme Jahreszeit zu entwickeln und umzusetzen.

Literatur

- [1] Schrade, S.: Ammoniak- und PM10-Emissionen im Laufstall für Milchvieh mit freier Lüftung und Laufhof anhand einer Tracer-Ratio-Methode. VDI-MEG 483, Dissertation Christian-Albrechts-Universität Kiel, 2009.
- [2] Seipelt, F.: Quantifizierung und Bewertung gasförmiger Emissionen aus frei gelüfteten Milchviehställen mit Trauf-First-Lüftung. VDI-MEG 339, Dissertation Georg-August-Universität Göttingen, 1999.
- [3] Rom, H.B., Zhang, G.Q. und C. Wang: Survey of ammonia emission from naturally ventilated housing facilities for cattle. In: European Society of Agricultural Engineers. International Conference on Agricultural Engineering, 12-16 Sept. 2004, Leuven, 2004.
- [4] Zhang, G., Strom, J.S., Li, B., Rom, H.B., Morsing, S., Dahl, P. und C. Wang: Emission of ammonia and other contaminant gases from naturally ventilated dairy cattle Buildings. Bio-systems Engineering 92 (3), S. 355-364, 2005.