

Emissionspotenzial landwirtschaftlicher Tierhaltungen: Milchvieh

Eine Tracergasmethode zur kontinuierlichen Erfassung der Luftwechselrate an frei belüfteten Ställen wurde weiterentwickelt und an zwei Milchviehbetrieben erfolgreich eingesetzt. Die Methode mit Kohlenmonoxid als Tracergas und einem variablen Verteilungssystem eignet sich zur Erhebung von Emissionsraten an frei belüfteten Ställen unterschiedlicher Bauart und Größe.

Die Erfassung der Luftwechselrate von frei belüfteten Ställen stellt messtechnisch hohe Anforderungen an die Versuchsdurchführung, Messtechnik und Datenerfassung. Dies zeigen Untersuchungen zu Strömungsmustern in frei belüfteten Ställen [1, 2]. Grundlegende Prinzipien zur Messung der Luftwechselrate sind in der Literatur beschrieben [3]. Bei Außenklimaställen stellen die hohe Variabilität des Luftwechsels und die Tatsache, dass Lufteintritt und -austritt witterungsbedingt an denselben Öffnungen stattfinden, eine besondere Schwierigkeit dar. Die kontinuierliche Tracergasfreisetzung und kontinuierliche Erfassung der Luftwechselrate ist, im Vergleich zur Bilanzmethode (Wärme, CO₂) und der Abklingmethode, in der Lage, die zeitlichen und räumlichen Variabilitäten des Luftwechsels in einem Stall abzubilden [4]. In dieser Arbeit wird eine Methode zur kontinuierlichen Tracergasverteilung und -erfassung vorgestellt, die nicht mit SF₆ oder ⁸⁵Krypton arbeitet, sondern mit Kohlenmonoxid.

Als Tracergas wurde Kohlenmonoxid verwendet (Reinheit 2.0). Vor- und Nachteile von Kohlenmonoxid als Tracergas und Ergebnisse beim Einsatz zur Volumenstrombestimmung sind von [5] beschrieben. Für den Transport und die Lagerung von Kohlenmonoxid sind geltende Sicherheitsstandards einzuhalten. Bei der vorliegenden Arbeit erfolgte die Dosierung in einem Regelbereich bis 400 l/min über ein Durchflussmessgerät. Die Kalibrierung der Durchflussmenge wurde vom Hersteller für Kohlenmonoxid berechnet. Zur homogenen Tracergasverteilung wurde ein Lüftungssystem^a, bestehend aus einem Einlass, einem Hauptverteiler, acht Nebenverteilern und 24 definierten Auslässen, eingesetzt. Am Einlass wird Stallluft kontinuierlich zentral im Stall mit einem Ventilator über einen Grobstaubfilter in ein Lüftungssystem angesaugt. Unmittelbar nach dem Ventilator wurde das Tracergas injiziert. Die Volumenregelung des Ventilators (100 m³ Stallluft/h) erfolgte über einen nachgeschalteten kalibrierten Messventilator. Die gasdichten Verteilerschläuche werden mit gasdichten Reißverschlüssen aneinander gezippt und so individuell an den jeweiligen Stallgrundriss angepasst. Die 24 Auslässe sind durch Laser-Perforation für einen Durchfluss von jeweils 250 l/h ausgelegt. Zur Tracergaserfassung wurden neun Kohlenmonoxidensoren^b (0 bis 100 ppm) und Transmitter (4 bis 20 mA Ausgang) eingesetzt. Die Sensoren sind direkt im Stall montiert. Die Messwert-erfassung erfolgte jede Minute an allen neun

Vorgehen

Die Untersuchungen an zwei Milchviehbetrieben erfolgten im Spätsommer 2005. Einige Kennzahlen der Betriebe sind in *Tab. 1* zusammengestellt.

Die Tracergas-Messungen wurden jeweils im Spätsommer bei relativ warmer Witterung (Minimal- und Maximalwerte zwischen 4 und 17°C) über die Dauer von fünf Tagen durchgeführt. Die kontinuierliche Gasmessung und die Erfassung der Meteorologie am Standort lief über mehrere Wochen.

^a CO-Sensor: MK 174-2, Transmitter: EC24, Firma GfG, Dortmund

^b NLI Polyester, Firma Airquell, Herzogenaurach

Dr. Friedhelm Schneider ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung „Emissionen und Immissionsschutz“ (Leitung: Dr. Stefan Nesor) des Instituts für Landtechnik, Bauwesen und Umwelttechnik der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising; e-mail: friedhelm.schneider@lfl.bayern.de
Robert Eichelser ist dort staatlich geprüfter Techniker.

Schlüsselwörter

Emissionen, Emissionsraten, Volumenstrom, freie Lüftung, Ammoniak, Lachgas, Methan

Keywords

Emissions, emission rates, air volume flow, natural ventilation, ammonia, nitrous oxide, methane

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 06420 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Tab. 1: Kennzahlen der Betriebe

Table 1: Key data of the dairy cow stables

	Milchvieh 1	Milchvieh 2
Tierzahl	103, Schwarzbunt	85, Fleckvieh
Bauart	Außenklima, Liegeboxenlaufstall, Melkhaus integriert	Außenklima, Liegeboxenlaufstall, Melkhaus separat
L x B x H	54,4 x 26,4 x 10,2 [m]	45,6 x 29,0 x 10,6 [m]
Entmistung	Schieberentmistung	perforierte Laufflächen
Lüftung	Querlüftung, Curtains klimagesteuert, offener First	Querlüftung, Wandrollen, manuelle Steuerung, offener First
Fütterung	Teil-TMR-Vorlage mit Futtermischwagen, 2 Kraftfutterstationen	TMR-Vorlage mit Futtermischwagen, Gruppenfütterung



Bild 1: Gesamtansicht des Systems zur kontinuierlichen homogenen Tracergasverteilung in einem Mastbullenstall

Fig. 1: Total view of the system for continuous homogenous tracer gas injection in a fattening bull stable



Bild 2: Ausschnitt des Systems zur Tracergasverteilung mit Hauptverteiler, Nebenverteiler und zwei senkrechten Auslässen

Fig. 2: Sectional view of the system for tracer gas injection with main-distributor, by-distributor and two vertical outlets

Messstellen. Die Signale werden über Messkabel an einen PC in einen Messcontainer übermittelt.

Steuerung und Datenerfassung des Systems wurden aus Sicherheitsgründen so konzipiert, dass die Tracergaszuführung automatisch unterbrochen wird, wenn folgende Störungen auftreten: Stromausfall, Defekt eines CO-Sensors (Kabelbruch), CO-Konzentration im Stall über 25 ppm (MAK-Wert). Die Wiederinbetriebnahme muss manuell erfolgen.

Für die simultane Schadgasmessung wurde ein photoakustischer Multigasanalysator^c und eine Messstellenumschaltung (eigene Entwicklung) eingesetzt. Die Probenahme der Stallluft erfolgte kontinuierlich an den neun Messorten für Kohlenmonoxid und wurde über eine beheizbare Messgasleitung in den Messcontainer geführt. Pro Messstelle wurden die Konzentrationen von Ammoniak, Lachgas, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid, Methan und Wasserdampf bestimmt. Ein Messzyklus zur Ermittlung der Gaskonzentrationen dauerte drei Minuten pro Messort. Dies ergibt sich aus den für die Einzelmessung notwendigen Integrationszeiten und Spülvorgängen der Messzelle [6].

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 2 sind für die zwei Stallsysteme die mittleren Luftwechselraten und Emissionsraten dargestellt. Die Ergebnisse verdeutlichen die Variabilität der Messgrößen.

Die Ergebnisse veranschaulichen, dass die angewandte Tracergasmethode die Luftwechselrate in einem weiten Bereich erfasst und für Ställe unterschiedlicher Größe und Ausführung geeignet ist. Zusammen mit der

kontinuierlichen Gasmessung an neun Messstellen im Stall lassen sich so Emissionsraten für gasförmige Stoffe berechnen. Trotz der im Vergleich zu vielen bisher veröffentlichten Arbeiten relativ langen Messdauer von fünf Tagen wirken sich besondere, unregelmäßig auftretende Arbeitsabläufe oder Wettersituationen, wie an den hohen Standardabweichungen gut zu erkennen ist, in erheblichem Maße auf die Messungen aus. Beispiele hierfür waren lang anhaltende starke Ostwinde beim Betrieb Milchvieh 1 und langes Umpumpen von Gülle beim Betrieb Milchvieh 2.

Untersuchungen von [7] zum Emissionsverhalten frei gelüfteter Ställe für Milchvieh zeigen für drei vergleichbare Haltungssysteme bei sommerlichen Temperaturen tendenziell etwas höhere Emissionsraten für Ammoniak (1 629, 2 000 und 5 066 mg•GV⁻¹h⁻¹) und Methan (16 291, 24 750 und 26 600 mg•GV⁻¹h⁻¹). Die Lachgasemissionen wurden geringer (13,3 <14,1 und 230 mg•GV⁻¹h⁻¹) eingeschätzt. [5] berechnet mittlere Ammoniak-Emissionsraten für einen vergleichbaren Milchviehstall mit Schieberentmischung in Höhe von 1 316 mg•GV⁻¹h⁻¹. Die in dieser Veröffentlichung zitierten Werte für andere Milchvieh-Stallsysteme liegen bei 1 820 und 1 930 mg•GV⁻¹h⁻¹.

Die absoluten Werte der Emissionsraten aus Tabelle 2 sind derzeit für eine Abschätzung der jährlichen Emissionsrate nur mit

Einschränkungen zu verwenden. Zum einen sind die Messungen nicht während allen Jahreszeiten erfolgt, zum anderen wirken sich bei Messepisoden im Sommer jahreszeitlich spezifische Arbeiten in Stall und Güllelager stark auf das Emissionsverhalten der Ställe aus. Um Einflüsse der Meteorologie oder von Arbeitsabläufen gering zu halten, müssten die Messungen erheblich länger durchgeführt werden. Dies ist aber mit höheren Kosten verbunden. Als Alternative wird derzeit die Möglichkeit einer vereinfachten Volumenstromabschätzung geprüft, die auf Grundlage der in diesem Projekt gewonnenen meteorologischen Zeitreihen und Volumenstrommessungen erfolgt.

Die Methode eignet sich zur Erhebung von Emissionsraten an Ställen mit freier Lüftung. Eine Weiterentwicklung zur drahtlosen Datenübertragung [2, 8] würde die Flexibilität des Systems verbessern und die Ein- und Ausbauezeiten verringern.

Tab. 2: Mittlere Luftwechselrate mit Minimal- und Maximalwert und gemittelte Emissionsraten in (mg•GV⁻¹h⁻¹) mit Standardabweichung für Ammoniak, Lachgas und Methan für zwei Milchviehbetriebe

	Milchvieh 1	Milchvieh 2
mittlere Luftwechselrate (Min – Max) [h ⁻¹]	14,1 (2,7 – 53,7)	9,8 (2,5 – 24,5)
mittlere Emissionsrate NH ₃ [mg • GV ⁻¹ h ⁻¹]	1551 ± 657	1656 ± 805
mittlere Emissionsrate N ₂ O [mg • GV ⁻¹ h ⁻¹]	581 ± 327	628 ± 246
mittlere Emissionsrate CH ₄ [mg • GV ⁻¹ h ⁻¹]	18926 ± 9253	16998 ± 5662

Table 2: Mean air exchange rates with minimum and maximum values and mean emission rates (mg•LU⁻¹h⁻¹) for ammonia, nitrous oxide and methane for two dairy cow stables

^c Multigasmonitor, Modell 1312 A-5, Firma Innova, Ballerup DK