

Hans-Joachim Müller und Bernd Möller, Potsdam-Bornim

Weiterentwickelte Luftwechselmesstechnik mit Tracer-Anwendung in Tierhaltungen

Die Kenntnis des Volumenstroms durch Stallgebäude ist sowohl für die Bewertung und Weiterentwicklung von Stalllüftungsanlagen als auch für die Ermittlung der Emissionen aus Ställen von Interesse. Bei komplizierten Strömungsbedingungen und bei Kurzzeitmessungen wird häufig die Tracermethode angewendet. Auf die Anwendung radioaktiver Tracergase und auf die Weiterentwicklung dieser Methode wird näher eingegangen.

Die Lüftung von Ställen ist einerseits zur Gewährleistung tiergerechter Klimabedingungen im Stall notwendig, führt jedoch andererseits zur Emission von Gerüchen, Gasen, Staub und Keimen.

Die Weiterentwicklung von Stalllüftungssystemen mit den Zielen Verbesserung der Stallklimaverhältnisse, Verringerung der Investitionen und des Energieverbrauchs sowie die Ermittlung von Emissionsmassenströmen aus Ställen erfordern die Kenntnis des Luftvolumenstroms durch das Stallgebäude.

Der Einsatz von Messventilatoren ist nicht in jedem Falle möglich und sinnvoll. Das gilt beispielsweise bei frei gelüfteten Ställen und besonders dann, wenn die Lüftung über schlitzförmige Zu- und Abluftöffnungen erfolgt. Auch bei zwangsgelüfteten Ställen, die nur einmalig an einem bestimmten Messtag untersucht werden sollen, würde der Einbau von Messventilatoren einen zu hohen Aufwand verursachen. Der Einsatz von Geschwindigkeitsmessgeräten wird dann problematisch, wenn eine Vielzahl von Zu- und Fortluftöffnungen vorhanden ist. In jedem Öffnungsquerschnitt muss gemessen werden, wobei ein einzelner Messpunkt meist nicht ausreicht. Ein Gitternetz muss ausgemessen werden, damit das Geschwindigkeitsprofil ermittelt und daraus der Volumenstrom ausreichend genau bestimmt werden kann.

In solchen Fällen bietet sich der Einsatz von Tracern an. Dazu werden der Stallluft Partikel oder Gase beigemischt, die normalerweise nicht oder nur in sehr gerin-

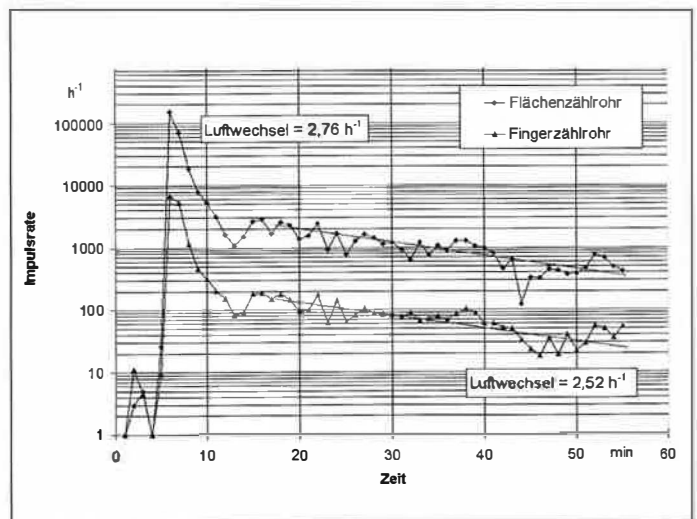
gen Konzentrationen in der Luft vorhanden sind. Aus dem zu messenden Konzentrationsverlauf dieser Tracer kann auf den Volumenstrom geschlossen werden. Große Gebäuderäume, hohe Luftwechsel und komplizierte Strömungsbedingungen bereiten bei der Bestimmung des Luftwechsels in Ställen Schwierigkeiten. Mit radioaktiven Tracergasen können solche Messaufgaben mit einem relativ geringen Aufwand gelöst werden. Das Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB) wendet diese Methoden seit etwa 30 Jahren in Ställen an [1]. Vor allem um den Einsatz an radioaktivem Gas zu reduzieren und die Effektivität sowie die Zuverlässigkeit der Messung zu erhöhen, wird die Methode ständig weiterentwickelt. Im vorliegenden Beitrag soll über diese Entwicklungen berichtet werden.

Messmethoden

Die Tracermessung beruht auf der Massenbilanz: zugeführte Massenströme – abgeführte Massenströme = Änderung des Stoffgehaltes der Stallluft [2, 3].

Bild 1: Funkdatenübertragung bei der Luftwechselfmessung mit Krypton 85

Fig. 1: Telemetric data transmission during air exchange measurement using Krypton 85



Diese Tracer können entweder stoßartig (Abklingmethode), kontinuierlich (konstante Tracerzugabe) oder zeitlich veränderlich (Steuerung der Zufuhr nach konstanter Konzentration) zugeführt werden. Dabei spielt die Art der Ausbringung des Tracers eine wesentliche Rolle. Die Tracer können beispielsweise manuell (Freisetzen des Tracers bei möglichst gleichmäßigem Durchlaufen des Raumes und anschließendem „Wedeln“ zur Vermischung mit der Raumluft), mit Hilfe eines speziellen Schlauchverteilsystems, über das Zuluftsystem oder mit Hilfe von Umluftventilatoren im Raum verteilt werden.

Neben Gasen können auch Partikel als Tracer verwendet werden. Im ATB wurden in Modellen bereits Partikel eingesetzt. Die Sichtbarmachung im Laserlichtschnitt und die Aufnahme der Raumbilder mit Hilfe einer CCD-Kamera haben bisher noch nicht zu der gewünschten Messgenauigkeit geführt. Es fehlen noch geeignete Korrekturalgorithmen, um von den Graustufen der Bilder zu Konzentrationen der Partikel zu kommen. Falls dies gelingt, ist das eine gute Messmöglichkeit für sehr hohen Luftwechsel (bei Modellversuchen notwendig). Allgemein werden zur Luftwechselfmessung Gase als Tracer verwendet. Einsetzbare Gase und Anforderungen an Gase sind in [3] beschrieben. Vom ATB werden CO₂, SF₆ und Krypton 85 als Tracergase verwendet.

CO₂ wird durch Atmung von den Tieren selbst freigesetzt. Da jedoch die CO₂-Abgabe der Tiere nicht exakt bekannt ist und

außerdem Schwankungen (etwa durch unterschiedliche Tieraktivitäten) unterworfen ist, kann mit Hilfe der CO₂-Messung nur eine Abschätzung des Volumenstromes erfolgen.

Schwefelhexafluorid (SF₆) wird der Stallluft kontinuierlich zugegeben. Da jedoch der zur Konzentrationsmessung verwendete Multigas-Monitor der Firma Brüel & Kjær eine zu geringe Abtastfrequenz hat (bei zwölf Messstellen etwa 30 min an einem Messort), wird die Luftwechselbestimmung bei schlechter Durchmischung der Stallluft, großen Stallgebäuden und mittlerem bis hohem

Dr.-Ing. Hans-Joachim Müller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, Dipl.-Ing. (FH) Bernd Möller ist wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter im Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam-Bornim, e-mail: hmueller@atb-potsdam.de

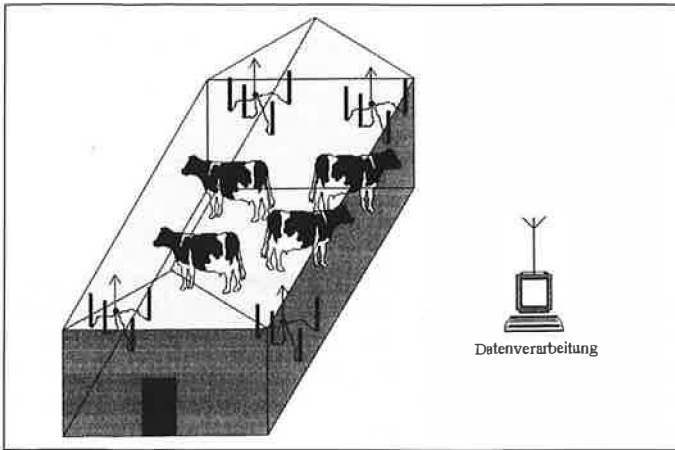


Bild 2: Vergleich der Abklingkurven eines Flächenzählrohres und eines Fingerzählrohres

Fig. 2: Comparing decay curves of an area-counting tube and a finger counting tube

Luftwechsel problematisch.

Aus diesen Gründen setzt das ATB das radioaktive Edelgas Krypton 85 ein. Dieses wird in sehr geringen Mengen verwendet und der Umgang mit diesem Gas bedarf der Genehmigung durch die zuständigen Behörden [1]. Die Vorteile der Methode sind:

- relativ einfacher und preisgünstiger Messaufbau
- hohe örtliche Auflösung (gegenwärtig 40 Messstellen)
- hohe zeitliche Auflösung (Abtastfrequenz 1 s bei parallelem Betrieb aller 40 Messstellen)

Die Messeinrichtung wurde dahingehend verbessert, dass die Datenübertragung per Funk erfolgt (Bild 1). An zehn Funkdatenlogger (Slaves) sind jeweils vier Zählrohre angeschlossen. Die Zählimpulse werden prozessorgesteuert registriert und per Funk im 433 MHz-Band an eine „Master-Station“ übertragen. Die Station ist mit einem Rechner verbunden. Die Messanordnung hat sich während zahlreicher Praxiseinsätze bewährt. Die notwendige Zeit zum Aufbau der Messanordnung im Stall hat sich durch den Wegfall langer Kabelverbindungen wesentlich reduziert.

Eine zweite Veränderung der Messeinrichtung befindet sich im Versuchsstadium. Die bisher eingesetzten Fingerzählrohre (Beta-Gamma-Zählrohre Typ 70009 der Fa. Vacu Tec) sollen durch Proportionalzählrohre (Typ LB 6357 F der Fa. EG & G-Instruments Berthold/Ortec) ersetzt werden.

Vergleichende Untersuchungen haben ergeben, dass die Empfindlichkeit um mehr als das zehnfache gesteigert werden kann (Bild 2). Dadurch kann entweder die pro Versuch benötigte Kryptonmenge wesentlich reduziert werden oder das Abklingverhalten kann über einen größeren Zeitbereich erfasst werden.

Ausgewählte Ergebnisse

Einige Versuchsergebnisse, die in einem frei gelüfteten Milchviehstall gewonnen

wurden, werden im Folgenden dargestellt.

Der Innenraum hat die Abmessungen: Länge 57 m, Breite 21 m, Höhe 3,5 m. Im Stall befinden sich 120 Kühe (Lebendgewicht 600 kg pro Tier). Die Lüftung erfolgt mit Hilfe von Schächten, Fenstern und Toren. Bei den hier vorgestellten Versuchen sind folgende Varianten eingestellt:

- Versuch 1: Tore geschlossen, Schächte geöffnet
 - Versuch 2: Tore und Schächte geöffnet.
- Die in 2 m Höhe gemessene lokale Verteilung des Luftwechsels für die zwei Versuche ist in den Bildern 3 und 4 über der Stallgrundfläche dargestellt. Für die Zeit der Versuche beträgt die mittlere Windrichtung 264° (Westwind) und die mittlere Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe 5,8 m/s.

Im Versuch 1 ist der Luftwechsel relativ gering. Die höchsten Werte sind im mittleren Bereich der nördlichen Seitenwand zu finden, da es an dieser Stelle eine offene Verbindung zum Nachbarstall gibt.

Bei geöffneten Toren an beiden Giebelseiten ist der Luftwechsel natürlich am höchsten. Der Einfluss der Windrichtung ist zu erkennen. Die während der Versuche 1 und 2 gemessenen Geruchsstoffkonzentrationen (Mittelwerte, n=6) von

Bild 3: Verteilung des Luftwechsels bei Versuch 1, Mittelwert: 7,7 h⁻¹, Maximum: 9,1 h⁻¹, Minimum: 5,5 h⁻¹

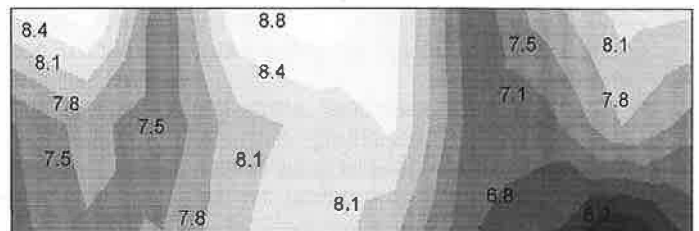


Fig. 3: Distribution of air exchange of test 1, Mean: 7.7 h⁻¹, Maximum: 9.1 h⁻¹, Minimum: 5.5 h⁻¹

Bild 4: Verteilung des Luftwechsels bei Versuch 2, Mittelwert: 92,2 h⁻¹, Maximum: 174,8 h⁻¹, Minimum: 43,7 h⁻¹

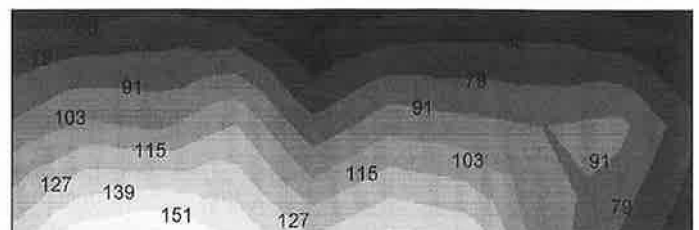


Fig. 4: Distribution of air exchange of test 2, Mean: 92.2 h⁻¹, Maximum: 174.8 h⁻¹, Minimum: 43.7 h⁻¹

179,2 GE/m³ und 24,6 GE/m³ ergeben auf die Großvieheinheit bezogen Geruchsemissionströme von 11,2 GE/(sGV) und 18,3 GE/(sGV).

Schlussfolgerungen

- Hohe Luftwechsel, große Stallräume und komplizierte Strömungsverhältnisse machen für die Volumenstrombestimmung die Anwendung der Tracer-gasmesstechnik erforderlich.
- Krypton 85 als Tracergas erlaubt den Einsatz relativ preisgünstiger und hoch-effektiver Messtechnik.
- Funkdatenübertragung vereinfacht den Messaufbau in Praxisanlagen.
- Durch den Einsatz von Flächenzählrohren kann der Tracergaseinsatz mindestens um das zehnfache gesenkt werden.
- Die hohe örtliche Auflösung des Messsystems macht den Zusammenhang zwischen Luftwechsel und den verschiedenen Einflussgrößen deutlich.

Literatur

- [1] Müller, H.J., M. Gläser und E. Kuhn: Luftwechselbestimmung mit Tracer-Gasen. Landtechnik 50 (1995), H. 3, S. 166-167
- [2] Scholtens, R. und A. van't Ooster: Performance and Accuracy of Methods for Measuring Natural Ventilation Rates and Ammonia Emissions from Naturally Ventilated Livestock Houses. Report N. 94 -C - 033, AgEng, Milano, 1994
- [3] Raatschen, W.: Tracergasmessung in der Gebäudetechnik. Sonderdruck aus „gi-Gesundheits-Ingenieur“, 116 (1995), H. 2 und 3

Schlüsselwörter

Stallgebäude, Luftwechsel, Tracergasmessung

Keywords

Livestock buildings, air exchange, tracer gas measurement