

Bernd Möller, Hans-Joachim Müller und Manfred Gläser, Potsdam, sowie Ute Wanka, Köllitsch, und Thomas Heidenreich, Böhlitz-Ehrenberg

Quantitative Erfassung von Raumluchtströmungen in frei gelüfteten Ställen

Die Lüftung von Ställen kann sowohl mit Hilfe von Zwangslüftungseinrichtungen oder der freien Lüftung erfolgen. Die Anwendung der freien Lüftung führt zu Energieeinsparung und Lärmreduzierung, doch müssen Bauhülle sowie die Zu- und Fortluftöffnungen so gestaltet sein, dass eine sichere Funktion des Lüftungsprinzips gewährleistet ist. Hinsichtlich des Emissions- und Immissionsverhaltens frei gelüfteter Ställe fehlt es an Wissen. Sowohl hinsichtlich der Auslegung von Ställen mit freier Lüftung als auch der umweltrelevanten Bewertung dieser Systeme sind Kenntnisse über die Durchströmung solcher Gebäude notwendig. Weitere Hinweise hierzu gibt dieser Beitrag.

Dipl.-Ing. Bernd Möller, Dr. Hans-Joachim Müller und Dr. Manfred Gläser sind wissenschaftliche Mitarbeiter in der Abteilung Technik in der Tierhaltung am Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam; e-mail: bmoeller@atb-potsdam.de
Dr. Ute Wanka und Thomas Heidenreich sind Mitarbeiter der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft.

Schlüsselwörter

Freie Lüftung, Luftströmung, Stallklima, Emission

Keywords

Natural ventilation, air flow, climate in animal houses, emission

Eine artgerechte Tierhaltung erfordert unter anderem die Einhaltung bestimmter Klimaparameter. In der DIN 18910 sind Bereiche für die Stalltemperatur und die Stallluftfeuchte vorgegeben. Außerdem sind dort Vorgaben hinsichtlich zulässiger CO₂-Konzentrationen und Luftgeschwindigkeiten im Tierbereich zu finden. Die durch die Tiere selbst und ihre Exkremente entstehenden Wärme- und Stofflasten sind durch geeignete Lüftung des Stallgebäudes abzuführen, um die genannten Klimaparameter im Tierbereich einzuhalten. Dies kann mit Hilfe von Ventilatoren (Zwangslüftung) oder durch Öffnungen im Stallgebäude (freie oder natürliche Lüftung) erfolgen. Mit dem aus dem Stallgebäude abgeführten Volumenstrom gelangen luftgetragene Emissionen (Gase, Gerüche, Staub und Bioaerosole) in die Umgebung. Sowohl hinsichtlich der Funktion der Lüftung als auch der Emissionsmassenströme ist die Kenntnis des Volumenstroms durch das Stallgebäude von Interesse. Die messtechnische Bestimmung des Volumenstroms ist insbesondere bei frei gelüfteten Ställen ein Problem. Das ATB wendet in solchen Fällen bevorzugt Tracergasmethoden an. Die Funktion dieser Methoden wird im Folgenden erläutert und es werden Ergebnisse zu den Emissionen dargestellt.

Strömungsuntersuchungen

Neben den tierphysiologischen Parametern, die tierspezifische Unterschiede aufweisen, spielen das thermodynamische Verhalten der Bauhülle sowie die Strömungsverhältnisse im Stallraum eine wesentliche Rolle in Bezug auf die Klimabedingungen im Tierbereich und auf die Emissionen. Deshalb sollten stallklimatische Untersuchungen stets strömungstechnische Analysen enthalten. Während bei zwangsgelüfteten Ställen eine durch das Zuluftsystem und die eingesetzten Ventilatoren erzwungene Strömung vorliegt, ist bei Anwendung der freien Lüftung die Durchströmung des Stallraumes durch örtliche und zeitliche Schwankungen geprägt. Diese Schwankungen entstehen vor allem durch die sich ständig ändernden treibenden Kräfte der freien Lüftung - thermischer Auf-

trieb und Wind. Die Untersuchung der Durchströmung des Stalles kann mit Hilfe folgender Methoden erfolgen:

- Numerische Strömungssimulation
- Physikalische Modelle
- Praxismessungen

Die aus den genannten Methoden gewonnenen Aussagen können im Umfang (Hochrechnung einzelner Messperioden auf den Jahresverlauf) und in der Zuverlässigkeit erhöht werden, wenn diese drei Methoden im Verbund angewendet werden. Das Leibniz-Institut für Agrartechnik Bornim (ATB) hat sich auf die physikalische Modellierung und auf Praxisuntersuchungen spezialisiert. Die Einbeziehung von Strömungssimulationen erfolgt durch eine enge Zusammenarbeit des ATB mit der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft in Braunschweig-Völkenrode (FAL) [1]. Die Raumströmungssimulationen werden sowohl bei Zwangslüftung als auch bei freier Lüftung angewendet. Dabei werden im Fall der freien Lüftung die Außenklimabedingungen, insbesondere Temperatur und Wind berücksichtigt.

Zur Charakterisierung der Durchströmungsverhältnisse von frei gelüfteten Stallräumen wendet das ATB sowohl bei Modelluntersuchungen als auch bei Praxismessungen folgende Methoden an:

- Verdeutlichung der Strömung mit Hilfe von Partikeln und Aufzeichnung der Strömungsbilder (Foto oder Videotechnik)
 - Ausmessung von Temperatur-, Konzentrations- und Geschwindigkeitsfeldern
 - Luftwechselfmessungen mit Hilfe von Tracergasen (SF₆, CO₂ und Krypton⁸⁵)
- Das ATB hat sich vor allem auf die Anwendung und Weiterentwicklung der Luftwechselfbestimmung mit dem radioaktiven und inerten Gas Krypton⁸⁵ spezialisiert. Die Methode hat enorme Vorteile hinsichtlich der zeitlichen und örtlichen Auflösung der Messungen [2].

Ausgewählte Untersuchungen und Ergebnisse

Die Untersuchung von frei gelüfteten Ställen hat das ATB vor allem in der Rinderhaltung durchgeführt, aber es liegen auch Messergebnisse aus dem Bereich der Schweine-

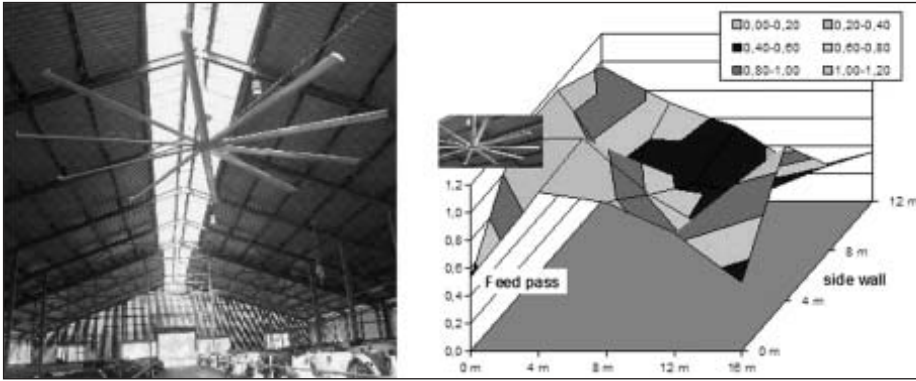


Bild 1: Deckenventilator (links) und Geschwindigkeitsfeld in 1,2 m über dem Fußboden (4. Mai 2006). Die Geschwindigkeiten sind jeweils über 2 min gemittelt.

Fig. 1: Ceiling fan (left) and air velocity field 1.2 m above the floor (May 4th 2006). The velocity values are average values for about 2 minutes

und Geflügelhaltung vor. Hier werden jedoch nur einige Beispiele aus der Rinderhaltung dargestellt. Die einfache Methode der Verdeutlichung der Strömung mit Hilfe von Nebelgeräten (Theater- oder Disco-Nebel) veranschaulicht die Wirkungsweise des Lüftungssystems. So lassen sich beispielsweise schlecht gelüftete Bereiche, Kaltluftzufälle oder Bereiche mit hohen Luftgeschwindigkeiten (Zugfahrt) einfach erkennen. Mit Hilfe von Geschwindigkeitsmesstechnik lassen sich die Strömungsverhältnisse quantifizieren. Beispielhaft zeigt Bild 1 die Wirkung von Deckenventilatoren im Tierbereich. Mit Hilfe dieser Ventilatoren soll beispielsweise in der Rinderhaltung im Sommer „Hitze stress“ vermieden werden. Das Geschwindigkeitsfeld zeigt große Differenzen. Im Bereich des Ventilators (Durchmesser ~ 7 m) werden 1 m/s überschritten. Mit der Entfernung vom Ventilator nehmen die Geschwindigkeiten ab und im Seitenwandbereich macht sich über die großen Öffnungen der Außenwind bemerkbar.

Eine weitere Möglichkeit der Quantifizierung von Strömungsverhältnissen ist die Bestimmung des Luftwechsels. Mit der „Krypton-Methode“ des ATB können im Stall bis zu 40 Messpunkte installiert werden. Somit lassen sich örtliche Unterschiede feststellen. Diese Unterschiede resultieren aus unterschiedlichen Verweilzeiten der Luft an verschiedenen Orten des Raumes, die beispielsweise durch Änderung der Windanströmrichtung und der Geschwindigkeit entstehen. Aus der Mittelwertbildung über alle Messpunkte kann der Volumenstrom durch den Stall berechnet werden. Ein Beispiel dafür zeigt Bild 2. Hier sind verschiedene Verfahren zur Volumenstrombestimmung dargestellt. Zu den einzelnen Methoden ist anzumerken:

CO₂-Bilanz

Der Volumenstrom resultiert aus einer Bilanzrechnung, in welche die CO₂-Produktion der Tiere und die Konzentrationsdifferenz zwischen innen und außen einget. Der Ein-

fluss des Außenwindes ist zu sehen, aber die Abweichungen zu den anderen Methoden sind zum Teil erheblich, doch es gibt auch gute Übereinstimmung (22:00 bis 00:00 Uhr). Als Ursache der Abweichungen ist zu nennen, dass die jeweils im Stall anwesende Tierzahl nicht genau bekannt war (Melkzeiten, Stall nicht voll belegt) und die tagesrhythmischen Schwankungen der CO₂-Produktion bei der Rechnung nicht berücksichtigt sind.

Luftgeschwindigkeit

Im vorliegenden Fall waren Geschwindigkeitssensoren (Flügelräder) in den Wandöffnungen installiert. Der dargestellte Volumenstrom ist das Produkt aus den 10-minütigen Mittelwerten und der Öffnungsfläche.

Krypton-Methode

Der Volumenstrom ist berechnet aus dem gemessenen Luftwechsel in h⁻¹ und dem Raumvolumen in m³. Es ist der Mittelwert aus 18 Messpunkten gebildet.

Bild 2: Luftvolumenstrom durch einen frei gelüfteten Milchviehstall (Raumvolumen ~5000 m³) – Ergebnisse aus unterschiedlichen Mess- und Bewertungsmethoden (20. April 2006)

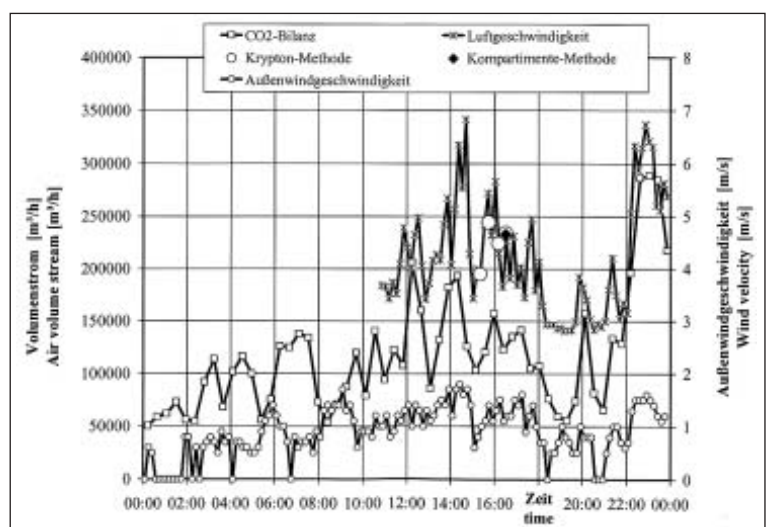


Fig. 2: Air volume stream of a naturally ventilated cow shed (room volume about 5000 m³) – results from different measuring and evaluation methods (April 20th 2006)

Kompartimente-Methode

Es werden die Messwerte der Krypton-Methode (sekundliche Konzentrationswerte) verwendet. Der Stall wird in Bereiche (Kompartimente) unterteilt, in denen sich jeweils ein Zählrohr befindet und es erfolgt eine Bilanzrechnung zwischen den Raumelementen. Die Methode ist ausführlich in [3] beschrieben.

Die Messungen parallel zu den Volumenstrommessungen ermöglichen die Bestimmung der Ammoniakemissionsmassenströme. Die Ergebnisse liegen beim ATB vor. Die ermittelten Werte ordnen sich gut in die von anderen Autoren ermittelten Werte ein.

Fazit

- Tracergasmethode sind zur Volumenstrombestimmung bei frei gelüfteten Ställen gut anzuwenden.
- Während der Einsatz von Krypton⁸⁵ belastbare Daten über kurze Zeitintervalle liefert, ermöglicht die CO₂-Bilanzmethode bei Beachtung der variablen CO₂-Produktion der Tiere Ergebnisse über längere Messzeiträume.

Literatur

- [1] Krause, K.-H., H.-J. Müller und S. Linke: Gaseous emissions from livestock buildings and the dispersion of these emissions in the surroundings. Indoor Air, Peking, 2005
- [2] Müller, H.-J., und B. Möller: Determination of Air Exchange Rates in an experimental Cattle Housing using Tracer Gas Methods. ROOM-VENT'98. Volume 2, pp. 511 - 516
- [3] • Brehme, G.: Quantifizierung des Luftvolumenstroms in frei gelüfteten Rinderställen mit Hilfe der Kompartimentalisierungsmethode zur Bestimmung umweltrelevanter Emissionsmassenströme. Dissertation, Georg-August-Universität, Göttingen, 2001, (<http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2001/brehme/index.html>)